

原 著

維持力の異なるロケータアタッチメントを用いた
下顎インプラントオーバーデンチャーが及ぼす
顎堤粘膜への影響

佐藤 宏明

岩手医科大学歯学部補綴・インプラント学講座補綴・インプラント学分野

(主任：近藤 尚知 教授)

(受付：2017年12月8日)

(受理：2018年1月6日)

抄 録

2002年に発表された McGill consensus では「下顎無歯顎症例の補綴治療における第一選択肢は2本のインプラント体で支持するインプラントオーバーデンチャー (2-IOD) である」と提言している。それから現在に至るまで、2-IOD におけるインプラント体の生存率やインプラント体にかかる応力解析などに関する研究が進められてきた。しかし、2-IOD の義歯床形態、人工歯の数、咬合様式、アタッチメントの選択など補綴装置の設計指針は確立されていない。本研究では、2-IOD に設置されるロケータアタッチメントに着目し、維持力の違いが顎堤粘膜に及ぼす影響を明らかにすることを目的として、無歯顎模型による実験を行ったので報告する。

下顎無歯顎模型の両側犬歯相当部に、2本のインプラント体 (Φ 3.75 mm × 11.5 mm, Brånemark System® Mk III Groovy RP, Nobel Biocare, Kloten, Switzerland) を埋入後、2-IOD を製作した。圧力測定のために、小型圧力センサを6ヵ所 (両側小白歯部頬側、両側頬棚部、両側大白歯部舌側) に設置した。荷重は、全部床義歯 (CD) 装着者の咀嚼力を参考に 50 N とした。測定は、維持力の異なる3種類のリテンションディスク (0.7 kg, 1.4 kg, 2.3 kg) を用いて行った。対照として実験用 CD を製作し、同様の実験を行った。

両側荷重条件において、全ての測定部位で2-IOD のほうが CD よりも粘膜負担圧が軽減された。片側荷重条件においても、義歯の支持に関与する小白歯部頬側と頬棚部において、2-IOD のほうが CD よりも粘膜負担圧が軽減された。

本研究から、CD と 2-IOD にかかる咬合力が同じ場合は、ロケータアタッチメントが顎堤粘膜への負担を軽減させることが明らかとなった。

Influence on residual ridge by different retention force of mandibular implant overdenture in locator attachment

Hiroaki SATOH

Division of Prosthodontics and Oral Implantology, Department of Prosthodontics and Oral Implantology, School of Dentistry, Iwate Medical University

(Chief : Prof. Hisatomo KONDO)

1-3-27 Chuo-dori, Morioka, Iwate, 020-8505, Japan

岩手県盛岡市中央通 1-3-27 (〒 020-8505)

Dent. J. Iwate Med. Univ. 43 : 24-35, 2018

緒 言

世界規模で急速に高齢化が進展し、高齢化率は2015年の8.3%から2060年には18.1%にまで上昇すると予測されている。我が国においても医療技術の向上に伴う平均寿命の延伸から、今後も高齢者人口の増加が続くと推測されている。そのような状況下、高齢者は生涯にわたり健康な生活を送ることを望み、健康寿命の延伸を期待している。8020達成者（80歳で20本以上の歯を有する者の割合）は年々増加し、厚生労働省が2016年に行った歯科疾患実態調査では、80歳以上で20本以上の残存歯を有している者の割合は51.2%と推計されている。

一方、高齢者が増加する中で無歯顎者数も増加している。厚生労働省が2011年に行った歯科疾患実態調査において、全部床義歯（以下：CD）装着者の割合は、65歳以上で26.0%、75歳以上で37.3%、85歳以上で52.8%であったのに対し、2016年の調査では、65歳以上で19.1%、75歳以上で29.0%、85歳以上では46.3%と割合だけ比較すると減少しているように思われるが、高齢者人口の増加により、無歯顎患者の実数は増加しており、依然として全部床義歯補綴の需要は高い。無歯顎患者は、歯を喪失したとしてもQOLの向上を望み、よく噛めて安定するより高い機能をもつ補綴装置を求めている。しかし、歯周治療の重要性が国民に広がった結果、可能な限り歯の保存を望む患者が増えたことで、歯を喪失する時には歯槽骨の吸収が進行し、高度に骨吸収した無歯顎難症例が増加している現状である。そのため、現在のCD症例は支持、維持、安定を求めることが非常に難しくなっており難易度は高い。

無歯顎患者に対する補綴治療は、歯科インプラント（以下：インプラント）の登場により、従来のCDに加え、固定式のボーンアンカーブリッジ、インプラント体と義歯を併用する可撤式のインプラントオーバーデンチャー（以下：IOD）の選択が可能になった。近年、インプラント補綴における材料および技術は著しく向上

し、インプラント補綴は欠損補綴治療オプションの1つとして不可欠な存在となっている。その中で、下顎無歯顎を対象とした2本のインプラント体を支台としたオーバーデンチャー（以下：2-IOD）は、従来のCDと比較して患者満足度や快適性、咀嚼力、咀嚼能力を含め、QOL向上に優れていることが示されている^{1)~5)}。また、高齢者では固定性ブリッジよりオーバーデンチャーのほうが食品を舌、頬、口唇で咬合面に運びやすく、円滑な食事が可能なため、IODを希望する割合が増加するという報告⁶⁾もある。2002年にはMcGill consensus⁷⁾、2009年York consensusで、固定性のインプラント治療よりも低コストであること、外科的侵襲が少ないことから⁸⁾、2-IODが下顎無歯顎患者の治療法の第一選択であると提言され、IODの有用性が認められている⁹⁾。多くの国でIOD治療の普及¹⁰⁾に伴いIODに関する研究も増加し、インプラント体の生存率やインプラント体にかかる応力解析などがこれまでに進められてきた。しかし、IODの義歯床形態、人工歯の数、咬合様式、アタッチメントの選択など補綴装置の設計指針は、現在確立されていない。アタッチメントに関しては、1978年にGarefisらがパーアタッチメントを用いて行った研究¹¹⁾を皮切りに今日までアタッチメントに関する様々な研究が行われてきた。なかでも、インプラント体と周囲組織にかかる力学に関しては、有限要素解析をもとにシミュレーションを行い、生体組織への為害性を検討した報告が多い。Hongらは、下顎骨オトガイ孔間の2本のインプラント体が連結されずに義歯を装着した場合、インプラント体間の距離が離開するほど、インプラント体周囲の辺縁骨への応力の集中が認められることを報告した¹²⁾。Vafaeiらは、ボールあるいはパーアタッチメントを用いた2-IODにおいて、側方運動および前方運動をした際のインプラント体辺縁骨に生じる応力の分布を検討した結果、ボールアタッチメントを設置したインプラント体において、インプラント体辺縁骨部への応力の増加を認めたことを報告した¹³⁾。Assunção

らは、ボールアタッチメントを用いた2-IODにおいては、軟組織の厚みが厚ければ厚いほど、インプラント体とその上部構造に対する応力が増加することを報告している¹⁴⁾。一方で、インプラント体の上部構造である義歯を介して顎堤粘膜や顎骨にかかる力について測定し、為害性を検討した報告は少ない。Yodaらは、アタッチメントシステムの違いがインプラント体および顎堤に加わる3次元的な荷重の大きさと力の方向について圧力センサを用いた検討を行っている^{15,16)}。Gotoらは、2-IODの床下組織であるインプラント体と粘膜に加わる負担圧および義歯の動揺を圧力センサとモーションセンサを用いて測定することで、アタッチメントの選択基準を報告している¹⁷⁾。IODで使用できるアタッチメントは、インプラント連結型のバーアタッチメント、非連結型のボールアタッチメント、磁性アタッチメント、そして、ロケーターアタッチメントなどがあるが、各症例の条件に応じた選択を行うためには、各アタッチメントの機能時の特性を考慮する必要がある。IODにおけるアタッチメントに関する研究の大半が、インプラント体および周囲組織に及ぼす力学的な検討をしたものであり^{12) ~ 17)} IODが機能時に顎堤粘膜に加わる負担圧の観点から、アタッチメントの選択基準を考察した研究は少ない。

そこで我々は、近年、臨床応用され普及が広がっている新しいタイプのアタッチメントであるロケーターアタッチメントに着目した。本研究ではロケーターアタッチメントの維持力の違いが顎堤粘膜に及ぼす影響を明らかにし、2-IODに必要な義歯床形態について検討することを目的に、無歯顎模型による実験を行ったので報告する。

材料および方法

1. 実験用義歯の製作

基準模型には、厚さ1.5 mmの疑似粘膜を有する実験用下顎無歯顎模型(P9-EP.30-L, NISSIN, 東京, 日本)を使用した。基準模型の両側犬歯相当部に、2本のインプラント体(Φ3.75 mm × 11.5 mm, Brånemark System[®] Mk III Groovy RP, Nobel Biocare, Kloten, Switzerland)を仮想咬合平面に対して、垂直に埋入した(図1)。上部構造は、標準的な咬合床形態に一致させ、仮想咬合平面が基準模型の基底面に平行になるように設計し、アタッチメントに適合する実験用2-IODをアクリルレジン(アクロン, GC, 東京, 日本)を用いて製作した。

実験用義歯床から粘膜部に加わる圧力を測定するために、Φ6.0 mmの小型圧力センサ(PS-

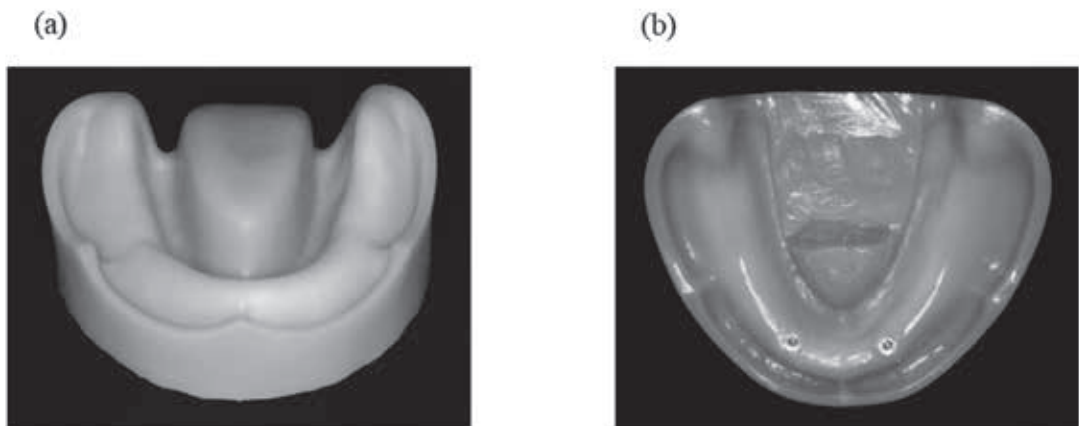
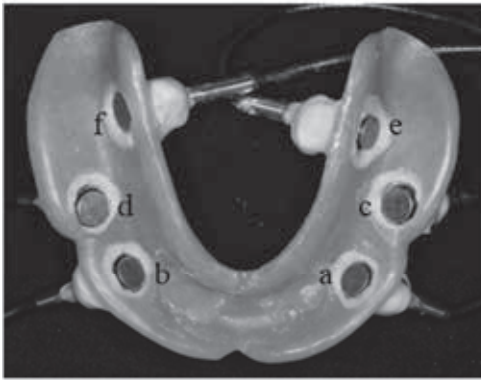


図1：下顎無歯顎模型

(a) 実験用下顎無歯顎模型

(b) 2本のインプラント体を両側犬歯相当部に埋入



- a. 右側小白歯部頬側
- b. 左側小白歯部頬側
- c. 右側頬棚部
- d. 左側頬棚部
- e. 右側大白歯部舌側
- f. 左側大白歯部舌側

図2：実験用義歯

小型圧力センサを6ヵ所（両側小白歯部頬側，両側頬棚部，両側大白歯部舌側）に設置した。

10KD，共和電業，東京，日本）を設置した。設置部位は，義歯の支持領域である両側小白歯部頬側と両側頬棚部，および義歯の把持領域である両側大白歯部舌側の計6ヵ所とした（図2）。各設置部位に関しては，実験用義歯製作時に人工歯を理想的な位置に排列したうえで決定した。また，アタッチメントを装着しない実

験用CDを対照とした。

アタッチメントは，ポリアミド製で維持力の異なる3種類のリテンションディスク（0.7 kg，1.4 kg，2.3 kg）を設置したロケーターアタッチメント（以下：LA，ロケーターアバットメント Bmk RP 2.0 mm，Nobel Biocare，Kloten，Switzerland）を用いた（図3）。実験用義歯へ



図3：2-IODに用いたアタッチメント

(a) ロケーターアタッチメントの装着

(b) リテンションディスク（左から維持力0.7 kg, 1.4 kg, 2.3 kg）を実験用義歯に設置した。

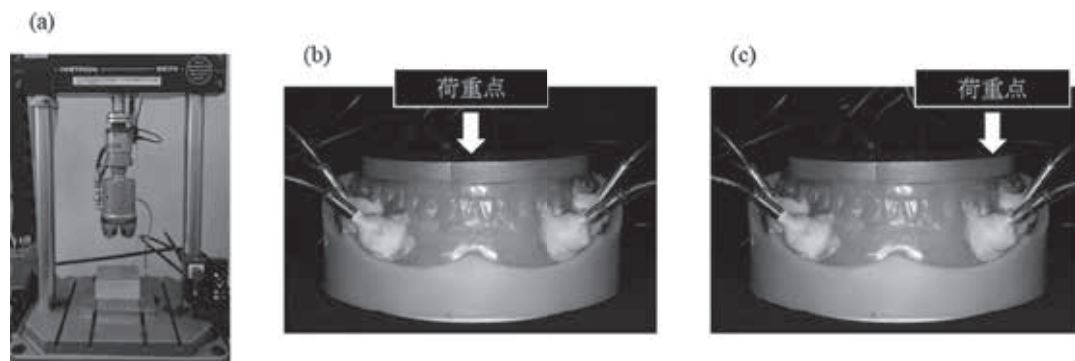


図4：測定システム

(a) 精密万能試験機 (b) 両側荷重 (c) 片側荷重

アタッチメントを設置する前処置として、実験用義歯粘膜面にアタッチメント設置のために必要なスペースを削合して確保した後、余剰レジンが義歯粘膜面に溢れないように、舌側研磨面に通路を製作した。適合試験用のホワイトシリコーン（フィットチェッカー、GC、東京、日本）を用いて義歯床とアタッチメントの接触が無いことを確認し、アバットメントのアンダーカットをブロックアウトした後に、常温重合レジン（プロビナイスファスト、松風、京都、日本）を用いて義歯床にアタッチメントを設置した。この間、実際の臨床で観察される義歯床下粘膜凝集による義歯の沈下（セトリング）を想定し、粘膜面全体に同じ圧力がかかるように実験用義歯の咬合堤上に金属プレートを設置し、プレートの中央に対して1.5 kgfの負荷をかけた状態で設置した。

2. 測定システム

実験用2-IODとCDへの荷重はCD装着者の咀嚼力を参考に50 Nとした^{18,19}。荷重点は、両側での均等な咀嚼を想定して模型中央相当部（以下：両側荷重）および片側での咀嚼を想定して左側第一大臼歯相当部（以下：片側荷重）に設定し、実験用義歯に金属プレートを設置し、精密万能試験機（INSTRON8874, Instron, Norwood, USA）を用いて仮想咬合平面に対して垂直に1 Hzの動的繰り返し荷重を300サイ

クル適用した。荷重時の圧負担分布に関しては、圧力センサ計6chの出力を、サンプリング周期200 Hzでセンサインタフェース（PCD-400A, 共和電業、東京、日本）を介してパーソナルコンピュータに取り込み、記録した（図4）。粘膜負担圧の測定値は、精密万能試験機の荷重量が安定している段階の連続した5サイクル分を切り出し、各サイクルの最大粘膜負担圧の平均値を算出した。測定は、実験用CD（対照）と維持力の異なる3種類のリテンションディスクを設置したロケーターアタッチメントを用いた実験用2-IODにおいて、それぞれ5回ずつ行い、その平均値を求めた。

3. 統計解析

集積した測定値は、IBM SPSS[®] Statistics 24（IBM Corp., New York, USA）を用いて統計解析を行い、分析には、一元配置分散分析を使用した。その後、Bonferroniのpost hoc testを用いた多重比較を行った。有意水準は $p < 0.05$ とした。

結 果

1. CDとLAを用いた2-IODの粘膜負担圧の違い

両側荷重条件において、0.7, 1.4, 2.3 kgのアタッチメントを用いた2-IODはCDと比較し、全測定部位において粘膜負担圧の有意な軽減が

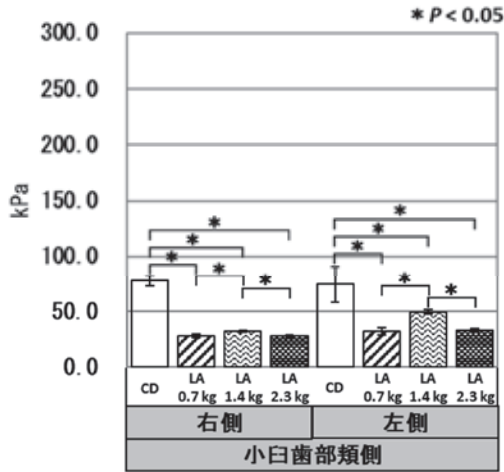


図5：両側荷重条件における小白歯部頰側の各実験用義歯の粘膜負担圧

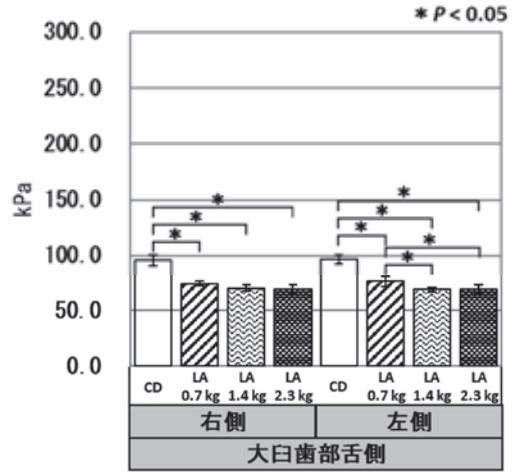


図7：両側荷重条件における大白歯部舌側の各実験用義歯の粘膜負担圧

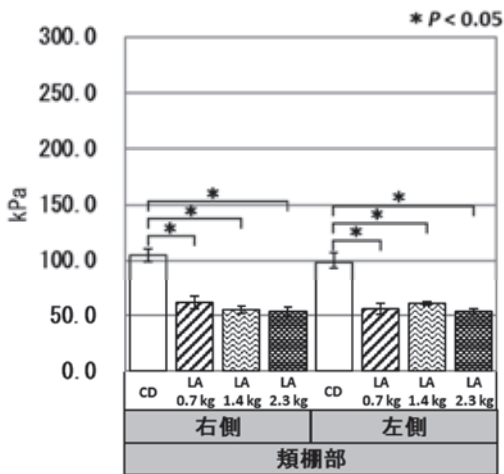


図6：両側荷重条件における頬棚部の各実験用義歯の粘膜負担圧

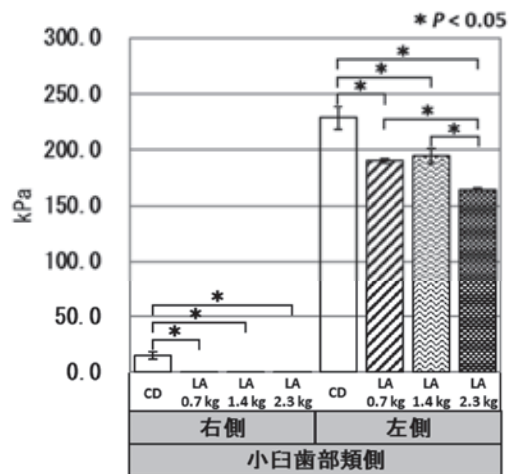


図8：左側荷重条件における小白歯部頰側の各実験用義歯の粘膜負担圧

認められた (図5, 6, 7).

左側荷重条件において、2-IODはCDと比較し、荷重側の左側小白歯部頰側と頬棚部で粘膜負担圧の有意な軽減が認められた (図8, 9). 左側大白歯部舌側で、0.7 kgのリテンションディスクを用いたLAでCDよりも粘膜負担圧の有意な増加が認められた (図10). 非荷重側の支持領域である右側小白歯部頰側ではCDにおいて0.7, 1.4, 2.3 kgのアタッチメントを用いた2-IODよりも粘膜負担圧の有意な増加が認めら

れた (図8). 一方、頬棚部では、1.4, 2.3 kgのアタッチメントを用いた2-IODにおいてCDよりも粘膜負担圧の有意な増加を認めたが、その値は荷重側と比較すると軽微で15 kPaを超える粘膜負担圧は認められなかった (図9). 同様に、右側大白歯部舌側では、CDと比較して0.7, 2.3 kgのアタッチメントを用いた2-IODにおいて粘膜負担圧の有意な増加を認めたが、15 kPaを超える粘膜負担圧は認められなかった (図10).

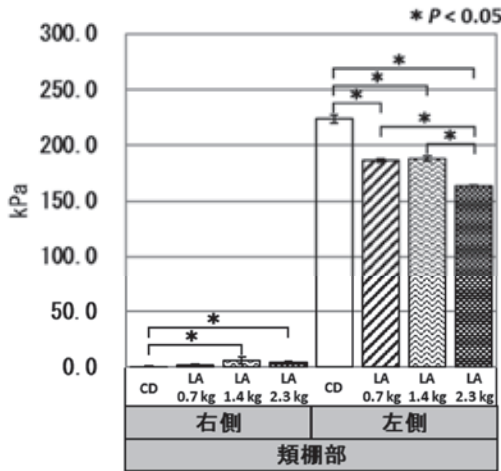


図9：左側荷重条件における頬棚部の各実験用義歯の粘膜負担圧

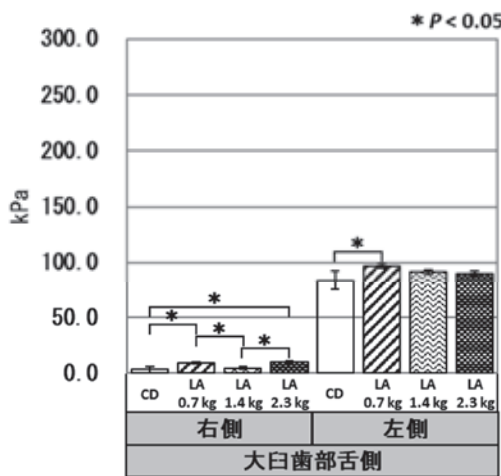


図10：左側荷重条件における大白歯部舌側の各実験用義歯の粘膜負担圧

2. LAのリテンションディスクの維持力の違いによる粘膜負担圧の変化

両側荷重条件において、両側小白歯部頬側で、1.4 kgのリテンションディスクを設置した2-IODは、他の維持力の2-IODよりも粘膜負担圧が有意に大きかった(図5)。両側頬棚部は、リテンションディスクの維持力の違いによる有意差は認めなかった(図6)。左側大白歯部舌側で、0.7 kgのリテンションディスクを設置した2-IODは、他の維持力の2-IODよりも粘膜負

担圧が有意に大きかった(図7)。

左側荷重条件において、荷重側の左側小白歯部頬側と左側頬棚部で、2.3 kgのリテンションディスクを設置した2-IODは、他の維持力の2-IODよりも粘膜負担圧が有意に小さかった(図8, 9)。非荷重側の右側大白歯部舌側で、1.4 kgのリテンションディスクを設置した2-IODは、他の維持力の2-IODよりも粘膜負担圧が有意に小さかった(図10)。その他の部位では、リテンションディスクの維持力の違いによる有意差は認めなかった(図8, 9, 10)。また、非荷重側では15 kPaを超える粘膜負担圧は認められなかった(図8, 9, 10)。

考 察

1. 実験手法について

IODを用いた補綴治療において、良好な予後を得るためには、インプラント体および顎堤粘膜に加わる荷重を考慮して補綴装置を設計することが重要である^{20)~26)}。これまでIODの研究は、有限要素解析^{12)~14)}、歪みゲージ¹⁵⁾、圧力センサ^{16,17)}を用いた検討がなされてきた。その多くは、実験用2-IODモデルを構築し、インプラント体周囲骨の歪みの測定結果から、インプラント体埋入の設計を検討した報告がほとんどである。一方、顎堤粘膜やその支持組織である顎骨に加わる負担圧を測定し、その影響から上部構造である義歯床の設計を検討した研究は少ない。Yodaらは、2-IODの片側荷重条件で、設置するアタッチメントの種類の違いが荷重側臼歯部の粘膜負担圧へ及ぼす影響を報告した¹⁶⁾。Gotoらは、2-IODの片側荷重条件でアタッチメントの種類による固定条件の違いが、両側臼歯部の粘膜負担圧と義歯の動態に及ぼす影響を報告している¹⁷⁾。しかし、これらの報告の測定部位は臼歯部に限局しており、顎堤粘膜全体を対象とした検討は行われていない。2-IODに適した義歯床形態を検討するためには、インプラント体埋入による粘膜負担圧の軽減効果をCDの支持と把持の観点から検討する必要がある。そこで本研究では、CDの支持領域である両側小白歯部頬側と頬棚

部、把持領域である両側大臼歯部舌側の計6カ所に小型圧力センサを設置して検討を行った。

アタッチメントの選択に関して2-IODでは、インプラント体に設置するアタッチメントの選択により、顎堤粘膜や顎骨に加わる圧は変化する^{13), 27) ~ 30)}。上部構造であるIODの設計を行う際にも、アタッチメントの特徴を考慮したうえで設計が必要である。2-IODで使用できるアタッチメントは、バーアタッチメント、ボールアタッチメント、磁性アタッチメント、およびロケーターアタッチメントなどが主に使用される。これまでのインプラント体周囲組織を対象とした研究では、どのアタッチメントを用いてもインプラント体周囲組織に大きな為害性は認められなかったとの報告が多い^{31) ~ 33)}。Krennmairら³⁴⁾、Kleisら³⁵⁾、およびMumcuら³⁶⁾は、患者満足度に関して、アタッチメントの間に有意な差は認めなかったと報告しており、インプラント体周囲組織への影響と患者満足度の観点から、どのアタッチメントを選択しても差は無いと思われる。一方、上部構造の義歯の挙動とロケーターアタッチメントの特性に関して、回転許容性が小さく、義歯は前歯部でインプラント体により強固に固定されるが、逆にインプラント体を中心とした義歯床のたわみが臼歯部での粘膜負担圧を増加させることが報告¹⁶⁾されており、アタッチメントの構造と維持力によって粘膜に加わる圧力が変化することが推察される。近年、アタッチメントに対する患者の異物感の少なさ、術者の操作性のよさ、費用の低さからロケーターアタッチメントが臨床で多く使用されるようになってきた。ロケーターアタッチメントは他のアタッチメントと比較すると、歴史が新しく、その特徴について十分に明らかにされているとは言えない。ロケーターアタッチメントに設置するリテンションディスクの維持力も様々あるが、その維持力の違いが顎堤粘膜に及ぼす影響について検討した報告はない。そこで、本研究ではロケーターアタッチメントに着目し、維持力の違いが顎堤粘膜に及ぼす影響に関して検討を行った。

2. 実験結果について

1) CDと2-IODの粘膜負担圧

両側荷重条件において、2-IODはCDと比較し、全測定部位において粘膜負担圧の有意な軽減を認めた。これは、インプラント体による支持効果とアタッチメントによる把持効果により義歯の挙動が小さくなり、粘膜負担圧が軽減された結果と推察される。インプラント体とアタッチメントが設置されることにより顎堤粘膜との圧負担の分配がされ、粘膜負担圧は支持領域で約45%以上、把持領域で約25%以上軽減されていた。このことより両側荷重条件においてロケーターアタッチメントを用いた2-IODはCDよりも義歯の支持効果、把持効果ともに優れていることが示された。

しかし、食事をする際の咀嚼運動は複雑であり、両側で食物を同時に咬むことは少なく、どちらか片側で咀嚼することにより粘膜にかかる圧力の偏在が予想される。そこで、本研究では、左側第一大臼歯相当部に荷重を加えて、咀嚼時の片側荷重を想定して検討を行った。荷重側の支持領域である左側小臼歯部頰側と頬棚部で、CDと比較し2-IODでは、約35 kPa～約64 kPaの粘膜負担圧の減少が認められ、約15%～約30%の軽減効果がロケーターアタッチメントを用いた2-IODにおいて示された。把持領域である左側大臼歯部舌側では、CDよりも2-IODで約13 kPa(約15%)粘膜負担圧の増加が認められた。ロケーターアタッチメントを用いた2-IODは片側荷重における荷重側の顎堤に対する支持領域に加わる圧力の軽減効果は大きいですが、把持領域に加わる圧力の軽減効果は小さく、逆に大きくなることがわかった。非荷重側においては、支持領域と把持領域ともに両側荷重条件と比較して、約90%以上の粘膜負担圧の軽減が認められた。これらの結果は、片側荷重により埋入したインプラント体を軸として義歯に垂直的、水平的な回転運動が生じたことで顎堤粘膜への圧力の偏在が生じたものと思われる。本研究の結果は、CDにおける片側荷重では、両側荷重と比較して荷重側の頰側領域で粘膜負担圧

が増加し、舌側領域で減少したとする報告³⁷⁾と、非荷重側では義歯の離脱による粘膜負担圧の減少を認めたとする過去の報告^{38,39)}と同様の結果であった。このことより、ロケータアタッチメントを用いた2-IODでは義歯の垂直的、水平的回転を考慮する必要があるが、2-IODの義歯床形態はCDと比較して、支持領域においては約15%～約30%の面積を減少させ、設計次第では異物感の少ない義歯を製作できる可能性が示唆された。把持領域においてはCDと比較して必ずしも負担軽減効果が得られないことから、従来のCDの形態を変えるべきではないことが示唆された。本研究において、圧力センサ設置部位の圧挙動を確認することはできたが、圧力センサが設置されていない部位における圧挙動の詳細は不明であり、義歯の回転により義歯床縁や歯槽頂など粘膜に対し局所的に圧力が増加することも想定される。義歯床の形態を検討する際には粘膜の全領域における圧挙動の観察が必要であり、今後さらなる検討が必要である。

2) リテンションディスクの維持力の違いによる粘膜負担圧の変化

維持力の異なるリテンションディスクを比較すると、2.3 kgのリテンションディスクで、支持と把持領域の粘膜負担圧が小さくなる傾向が認められたが、その変化は約30 kPa以内であった。我々は維持力が向上することにより粘膜負担圧の軽減効果は増加すると予想していたが、リテンションディスクの維持力の増加は、顎堤粘膜の支持領域と把持領域の圧力の負担軽減効果に影響するものではないことが示唆された。これはインプラント体に対するロケータアタッチメントの維持力が向上しても、リテンションディスクの素材が弾性を有していることから上部構造である義歯の垂直、水平的な回転運動までを抑える効果がなかったと推察される。これに関しては、実際に義歯の回転挙動をモーションセンサやモーションキャプチャーを用いた実験系で、荷重時の義歯の動きを3次元的に観察し、本研究と合わせて検討することで

明らかにできると考えている。

本研究結果ではリテンションディスクの維持力の違いにより粘膜負担圧が異なったが、すべての条件の2-IODで200 kPaを超える粘膜負担圧は認められなかった。2-IODでの顎骨の吸収を検討した研究では、200 kPaを超える粘膜負担圧が生じなければ顎骨の微小破壊や骨吸収、および顎堤吸収等の為害作用を生じないとの報告⁴⁰⁾がある。このことから本実験においては、どのリテンションディスクを用いても顎骨への為害作用は生じないことが明らかとなった。また、2-IODを装着することで咬合力が増加するとの報告がある。今回の実験条件ではCDの咬合力と同じ咬合力を想定して荷重負担をかけた結果から為害作用はないと結論づけたが、2-IODを装着することで咬合力が増加した場合の粘膜負担圧も検討しなければ、2-IODでの為害作用がないと言い切ることはできないため、咬合力の変化を想定した粘膜負担圧の検討が必要である。

維持力の異なるアタッチメントの選択基準に関しては、本研究で検討した顎堤粘膜の負担圧以外にも、顎堤の形態、インプラント体の位置や傾き、維持力の特性、メンテナンスの容易さ、患者の清掃能力、患者のライフスタイルとアタッチメントの特性を考慮して選択する必要がある。本研究をもとに、リテンションディスクの維持力の増加は、顎堤粘膜の支持と把持力の向上に効果を及ぼすものではないことが示唆された。

結 論

両側荷重条件において、2-IODはCDと比較し、粘膜負担圧の軽減を認め、支持効果と把持効果が向上する。片側荷重条件において、2-IODは荷重側での支持力向上効果は大きいですが、把持力向上効果は小さいことがわかった。従って、2-IODの義歯床形態はCDと比較して、支持領域で面積を減少できる可能性が示唆された。把持領域においてはCDと比較して必ずしも負担軽減効果が得られないことから、従来のCDの形態を変えるべきではないことが示唆された。また、片側荷重条件において維持力の大きいリ

テンションディスクを用いることにより、荷重側の支持力向上効果が得られることが示唆された。

謝 辞

稿を終えるにあたり、終始ご懇意なるご指導とご校閲を賜りました補綴・インプラント学講座近藤尚知教授に深謝申し上げます。また、種々のご協力を頂きました補綴・インプラント学講座の諸先生方、ならびに地方独立行政法人岩手県工業技術センター素形材技術部の黒須信吾先生に心より御礼申し上げます。

利 益 相 反

本研究に関連し、開示すべき利益相反はない。

文 献

- 1) Kapur, K.K., Garrett, N.R., Hamada, M.O., Roumanas, E.D., Freymiller, E., Han, T., Diener, R.M., Levin, S., Ida, R.: A randomized clinical trial comparing the efficacy of mandibular implant-supported overdentures and conventional dentures in diabetic patients. Part I: Methodology and clinical outcomes. *J. Prosthet. Dent.*, 79: 555-569, 1998.
- 2) Bakke, M., Holm, B., Gotfredsen, K.: Masticatory function and patient satisfaction with implant-supported mandibular overdentures: a prospective 5-year study. *Int. J. Prosthodont.*, 15: 575-581, 2002.
- 3) Thomason, J.M., Kelly, S.A., Bendkowski, A., Ellis, J.S.: Two implant retained overdentures a review of the literature supporting the McGill and York consensus statements. *J. Dent.*, 40: 22-34, 2012.
- 4) Fueki, K., Kimoto, K., Ogawa, T., Garrett, N.R.: Effect of implant-supported or retained dentures on masticatory performance: a systematic review. *J. Prosthet. Dent.*, 98: 470-477, 2007.
- 5) Inomata, C., Ikebe, K., Kagawa, R., Okubo, H., Sasaki, S., Okada, T., Takeshita, H., Tada, S., Matsuda, K., Kurushima, Y., Kitamura, M., Murakami, S., Gondo, Y., Kamide, K., Masui, Y., Takahashi, R., Arai, Y., Maeda, Y.: Significance of occlusal force for dietary fibre and vitamin intakes in independently living 70-year-old Japanese: from SONIC Study. *J. Dent.*, 42: 556-564, 2014.
- 6) Feine, J.S., Maskawi, K., de Grandmont, P., Donohue, W.B., Tanguay, R., Lund, J.P.: Within-subject Comparisons of Implant-supported Mandibular Prostheses: Evaluation of Masticatory Function. *J. Dent. Res.*, 73: 1646-1656, 1994.
- 7) Feine, J.S., Carlsson, G.E., Awad, M.A., Chehade, A., Duncan, W.J., Gizani, S., Head, T., Lund, J.P., MacEntee, M., Mericske-Stern, R., Mojon, P., Morais, J., Naert, I., Payne, A.G., Penrod, J., Stoker, G.T., Tawse-Smith, A., Taylor, T.D., Thomason, J.M., Thomson, W.M., Wismeijer, D.: The McGill consensus statement on overdentures. Mandibular two-implant overdentures as first choice standard of care for edentulous patients. Montreal, Quebec, May 24-25, 2002. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 17: 601-602, 2002.
- 8) Schmitt, A., Zarb, G.A.: The notion of implant-supported overdentures. *J. Prosthet. Dent.*, 79: 60-65, 1998.
- 9) British Society for the Study of Prosthetic Dentistry.: The York consensus statement on implant-supported overdentures. *Eur. J. Prosthodont. Restor. Dent.*, 17: 164-165, 2009.
- 10) Carlsson, G.E., Kronström, M., de Baat, C., Cune, M., Davis, D., Garefis, P., Heo, S.J., Jokstad, A., Matsuura, M., Närhi, T., Ow, R., Pissiotis, A., Sato, H., Zarb, G.A.: A survey of the use of mandibular implant overdentures in 10 countries. *Int. J. Prosthodont.*, 17: 211-217, 2004.
- 11) Garefis, P.N.: Complete mandibular subperiosteal implants for edentulous mandibles. *J. Prosthet. Dent.*, 39: 670-677, 1978.
- 12) Hong, H.R., Pae, A., Kim, Y., Paek, J., Kim, H.S., Kwon, K.R.: Effect of implant position, angulation, and attachment height on peri-implant bone stress associated with mandibular two-implant overdentures: a finite element analysis. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 27: e69-76, 2012.
- 13) Vafaei, F., Khoshhal, M., Bayat-Movahed, S., Ahangary, A.H., Firooz, F., Izady, A., Rakhshan, V.: Comparative stress distribution of implant-retained mandibular ball-supported and bar-supported overlay dentures: a finite element analysis. *J. Oral Implantol.*, 37: 421-429, 2011.
- 14) Assunção, W.G., Barão, V.A., Tabata, L.F., de Sousa, E.A., Gomes, E.A., Delben, J.A.: Comparison between complete denture and implant-retained overdenture: effect of different mucosa thickness and resiliency on stress distribution. *Gerodontology*, 26: 273-281, 2009.
- 15) Yoda, N., Ogawa, T., Gunji, Y., Kawata, T., Kuriyagawa, T., Sasaki, K.: The Analysis of the Load Exerted on the Implants Supporting an Overdenture Based on In Vivo Measurement. *Prosthodontic Research & Practice*, 7: 258-260, 2008.
- 16) Yoda, N., Matsudate, Y., Abue, M., Hong, G., Sasaki, K.: Effect of attachment type on load distribution to implant abutments and the residual ridge in mandibular implant-supported overdentures. *J. Dent. Biomech.*, 6: 1-10, 2015.
- 17) Goto, T., Nagao, K., Ishida, Y., Tomotake, Y., Ichikawa, T.: Influence of matrix attachment installation load on movement and resultant forces

- in implant overdentures. *J. Prosthodont.*, 24: 156-163, 2015.
- 18) De Boever, J.A., McCall, W.D. Jr, Holden, S., Ash M.M., Jr.: Functional occlusal forces: an investigation by telemetry. *J. Prosthet. Dent.*, 40: 326-333, 1978.
 - 19) Fields, H.W., Proffit, W.R., Case, J.C., Vig, K.W.: Variables affecting measurements of vertical occlusal force. *J. Dent. Res.*, 65: 135-138, 1986.
 - 20) Bergendal, T., Engquist, B.: Implant-supported overdentures: a longitudinal prospective study. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 13: 253-262, 1998.
 - 21) Gotfredsen, K., Holm, B.: Implant-supported mandibular overdentures retained with ball or bar attachments: a randomized prospective 5-year study. *Int. J. Prosthodont.*, 13: 125-130, 2000.
 - 22) Meijer, H.J., Raghoobar, G.M., Van 't Hof, M.A., Visser, A., Geertman, M.E., Van Oort, R.P.: A controlled clinical trial of implant-retained mandibular overdentures; five-years' results of clinical aspects and aftercare of IMZ implants and Brånemark implants. *Clin. Oral Implants Res.*, 11: 441-447, 2000.
 - 23) Dudic, A., Mericske-Stern, R.: Retention mechanisms and prosthetic complications of implant-supported mandibular overdentures: long-term results. *Clin. Implant Dent. Relat. Res.*, 4: 212-219, 2002.
 - 24) Naert, I., Alsaadi, G., van Steenberghe, D., Quirynen, M.: A 10-year randomized clinical trial on the influence of splinted and unsplinted oral implants retaining mandibular overdentures: peri-implant outcome. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 19: 695-702, 2004.
 - 25) Nedir, R., Bischof, M., Szmukler-Moncler, S., Belser, U.C., Samson, J.: Prosthetic complications with dental implants: from an up-to-8-year experience in private practice. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 21: 919-928, 2006.
 - 26) Stoker, G.T., Wismeijer, D., van Waas, M.A.: An eight-year follow-up to a randomized clinical trial of aftercare and cost-analysis with three types of mandibular implant-retained overdentures. *J. Dent. Res.*, 86: 276-280, 2007.
 - 27) Assunção, W.G., Tabata, L.F., Barão, V.A., Rocha, E.P.: Comparison of stress distribution between complete denture and implant-retained overdenture-2D FEA. *J. Oral Rehabil.*, 35: 766-774, 2008.
 - 28) Menicucci, G., Lorenzetti, M., Pera, P., Preti, G.: Mandibular Implant-Retained Overdenture: Finite Element Analysis of Two Anchorage Systems. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 13: 369-376, 1998.
 - 29) Daas, M., Dubois, G., Bonnet, A.S., Lipinski, P., Rignon-Bret, C.: A complete finite element model of a mandibular implant-retained overdenture with two implants: comparison between rigid and resilient attachment configurations. *Med. Eng. Phys.*, 30: 218-225, 2008.
 - 30) Spazzin, A.O., Dos Santos, M.B., Sobrinho, L.C., Consani, R.L., Mesquita, M.F.: Effects of Horizontal Misfit and Bar Framework Material on the Stress Distribution of an Overdenture-Retaining Bar System: A 3D Finite Element Analysis. *J. Prosthodont.*, 20: 517-522, 2011.
 - 31) Geckili, O., Mumcu, E., Bilhan, H.: The Effect of Maximum Bite Force, Implant Number, and Attachment Type on Marginal Bone Loss around Implants Supporting Mandibular Overdentures: A Retrospective Study. *Clin. Implant Dent. Relat. Res.*, 14: e91-97, 2012.
 - 32) Cehreli, M.C., Karasoy, D., Kökat, A.M., Akça, K., Eckert, S.: A systematic review of marginal bone loss around implants retaining or supporting overdentures. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 25: 266-277, 2010.
 - 33) Elsyad, M.A., Mahanna, F.F., Elshahat, M.A., Elshoukouki, A.H.: Locators versus magnetic attachment effect on peri-implant tissue health of immediate loaded two implants retaining a mandibular overdenture: a 1-year randomised trial. *J. Oral Rehabil.*, 43: 297-305, 2016.
 - 34) Krennmair, G., Seemann, R., Fazekas, A., Ewers, R., Piehslinger, E.: Patient preference and satisfaction with implant-supported mandibular overdentures retained with ball or locator attachments: a crossover clinical trial. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 27: 1560-1568, 2012.
 - 35) Kleis, W.K., Kämmerer, P.W., Hartmann, S., Al-Nawas, B., Wagner, W.: A comparison of three different attachment systems for mandibular two-implant overdentures: one-year report. *Clin. Implant Dent. Relat. Res.*, 12: 209-218, 2010.
 - 36) Mumcu, E., Bilhan, H., Geckili, O.: The effect of attachment type and implant number on satisfaction and quality of life of mandibular implant-retained overdenture wearers. *Gerodontology*, 29: e618-623, 2012.
 - 37) 永尾 寛, 河野 文昭, 松本 直之: 全部床義歯床下組織の負担圧分布に関する基礎的研究 第2報 咬合器の切歯路指導板の傾斜が負担圧分布に及ぼす影響, 日本補綴歯科学会雑誌, 38: 1025-1035, 1994.
 - 38) 井上 三四郎, 河野 文昭, 永尾 寛, 岡 謙次, 友竹 偉則, 松本 直之: 全部床義歯床下組織の負担圧分布に関する基礎的研究 第3報 臼歯人工歯の咬合面形態の差が負担圧分布に及ぼす影響, 日本補綴歯科学会雑誌, 39: 501-510, 1995.
 - 39) 松本 直之, 永尾 寛, 河野 文昭: 全部床義歯床下組織の負担圧分布に関する基礎的研究 第4報 咬合様式の差が義歯床下組織の負担圧分布に及ぼす影響, 日本補綴歯科学会雑誌, 41: 44-51, 1997.
 - 40) 河野 文昭: 機能時における下顎全部床義歯の負担圧に関する研究-特に人工歯排列位置との関係について-, 日本補綴歯科学会雑誌, 31: 726-739, 1987.

Influence on residual ridge by different retention force of mandibular implant overdenture in locator attachment

Hiroaki SATOH

Division of Prosthodontics and Oral Implantology, Department of Prosthodontics and Oral Implantology, School of Dentistry, Iwate Medical University

(Chief : Prof. Hisatomo KONDO)

[Received : December 8 2017 : Accepted : January 6 2018]

Abstract : The McGill consensus statement determined in 2002 that a two-implant overdenture (2-IOD) should be the first choice of treatment for an edentulous mandible. In recent years, some researchers have reported on the success rate of 2-IOD supported by dental implant and stress analysis in a simulation model. However, there are indefinite factors such as denture base morphology, the number of artificial teeth, occlusal scheme and selection of attachment. We focused on locator attachments installed on 2-IOD and applied the edentulous jaw model. This study aimed to elucidate the influence on the residual ridge of different retention force of the mandibular implant overdenture in locator attachments.

Two implants (Φ 3.75 mm \times 11.5 mm, Brånemark System[®] Mk III Groovy RP, Nobel Biocare, Klotten, Switzerland) were placed at areas equivalent to the bilateral canines of an experimental jaw model and fabricated 2-IOD. Six miniature pressure sensors were embedded in the experimental denture to measure pressure in the bilateral buccal premolar regions, the bilateral buccal shelves, and the bilateral lingual molar regions. The load on the experimental dentures was set at 50 N with reference to the masticatory force of complete denture (CD) wearers. Measurements were performed using retention discs of different retention forces. The experimental CD was fabricated as a control.

Under the bilateral load conditions, the mucosal pressures exerted by 2-IOD were significantly lower in all sites with 2-IOD than with CD. Under the unilateral load conditions, the mucosal pressures exerted by 2-IOD were significantly lower in the buccal premolar regions and the buccal shelves (support regions of the denture) .

The results of this study revealed that when the same occlusal force is exerted in the case of CD or 2-IOD, locator attachments should reduce the impacts on residual ridge.

Key words : implant overdenture, attachment, retention force, mucosal pressure, residual ridge