

依頼論文

## インプラント咬合にエビデンスはあるか？

松下 恭之 佐々木健一 郡 英寛  
江崎 大輔 春田明日香 古谷野 潔

### Does the Evidence of Implant Occlusion Exist?

Matsushita Yasuyuki, Sasaki Kenichi, Koori Hidehiro,  
Esaki Daisuke, Haruta Asuka and Koyano Kiyoshi

#### 歯科補綴学的意義

インプラント咬合がインプラント治療の偶発症の発生に及ぼす影響に関する文献レビューに基づき、現状でのインプラント咬合についての臨床的留意点を議論した。これらはインプラント咬合を考える上で有用な臨床的示唆を与えるものである。

#### 抄録

オッセオインテグレーションインプラントは、表面性状の改善や埋入システムの確立により、5年程度の中期経過では100%に近い生存率も報告されている。しかし一方で長期の使用に伴い、破折などの機械的偶発症と支持骨の吸収などの生物学的偶発症が増加することが報告されている。この原因は多様だが、インプラントに付与した咬合から生じたオーバーロードが偶発症の主な因子のひとつとして上げられている。

インプラントの咬合において、オーバーロードを引き起こすと考えられるリスクファクターについて疫学研究と基礎的研究のレビューを通して、現状を整理した。

天然歯とインプラントが混在する場合の咬合については、当初被圧変位量の差を考慮すべきとされたが、現在これを積極的に肯定する研究は少なく、むしろ被圧変位量の分だけ低くした咬合を付与した場合に、顎関節や隣在歯などへの影響を危惧する報告も散見される。現状では、天然歯と同様の接触を与えても臨床的な問題は少ないと考えられる。

側方ガイドや咬合力の側方成分、カンチレバー、広すぎる咬合面幅によるオフセットローディングなどの非軸方向荷重については、曲げモーメントとして作用するため、軸方向荷重よりもその影響は強いと思われる。しかしながら生物学的に影響ありとした疫学データは見られない。

天然歯とインプラントの連結については、メタ解析の結果により骨吸収へのリスクが示唆されている。

#### 和文キーワード

オーバーロード, メカニカルリスクファクター, インプラント咬合, 非軸方向荷重, インプラント-天然歯連結

## I. 緒 言

インプラントに咬合力が負荷されたときから、力の問題が発生する。Espositoら(1999)<sup>1)</sup>は咬合から生じたオーバーロードをインプラント偶発症の主な病的因子の一つとしてあげている。最善のインプラント咬合とはインプラントコンポーネント、上部構造、骨-インプラント界面、インプラント周囲骨に生じる応力を生物学的また補綴学的に許容されるものにし、インプラントと上部構造の長期安定を得るシステムである。オーバーロードにつながると考えられる種々のバイオメカニカルリスクファクターが報告されてきた<sup>2,3)</sup>が、未だにエビデンスに基づいたコンセンサスは得られたとは言い難い。そこで本論文では現在までに報告された、これらに関するエビデンスを整理し、考察することを目的とした。

## II. 負担過重(オーバーロード)

咬合における負担過重の影響には、1)補綴装置への影響、および2)生体への影響とに大別される。

### 1. 補綴装置への影響

Goodacreら(1999)<sup>4)</sup>はスクリューの緩みや破折、インプラント体の破折、フレームワークの破折、前装材の破損などを機械的偶発症として報告している。なかでも単独インプラントではアバットメントスクリューの緩みが多くみられ、Jemtら<sup>5)</sup>によれば、3年間の観察期間中に全補綴装置の45%で少なくとも1回の緩みを生じたと報告されている。歯科インプラントはスクリュー締結体であり、スクリューの締め付けによってボルト軸部に発生する予張力により、被締結体との一体化が図られる。締結体にオーバーロードが加わると、予張力の低下、すなわち“スクリューの緩み”が発生する<sup>6)</sup>。緩みの原因には1)スクリューの回転によらないもの、2)スクリューの回転によるものの2つに大別できる。1)では、初期ゆるみ(Settling)がよく知られている。これはスクリューの接触面の小さな凹凸が塑性変形し、予張力が低下するもので、スクリューの回転は見られない。これは増し締め、すなわち所定の強さのトルクで締めなおしてやることで、

以後の緩みを防止できる。2)については、スクリュー軸への垂直力、側方力などの直接荷重などが挙げられる<sup>6)</sup>。Binonら(1996)<sup>7)</sup>はインプラントコンポーネントに対してオーバーロードが加わると、コンポーネント間の微小動揺やスクリューの戻りが惹起され、結果としてスクリューの緩みを発生させることをin vitroの実験で確認している。またGoodacreら(1999)<sup>4)</sup>はインプラントの臨床的偶発症をレビューし、フレームワークの不適合がスクリューの緩みを増加させているとしている。

金属の部材に疲労強度以上のオーバーロードが繰り返し負荷されると、金属が破折することはよく知られている<sup>8)</sup>。金属疲労と呼ばれる現象であるが、カンチレバーなどの形態的因子にブラキシズムなどの患者側の因子が加わることで、フレームワークの破折やインプラント体の破折が発生しやすいことが報告されている<sup>9)</sup>。

### 2. 生体への影響

オーバーロードがインプラント周囲骨の吸収の原因の一つであるとする臨床的報告はAdellら(1981)<sup>10)</sup>をはじめとし、多数見られる。臨床での観察結果をもとに辺縁骨部への応力集中により同部での骨の吸収を生じるとしている。しかしLang(2000)<sup>11)</sup>らは辺縁骨の吸収は感染などの生物学的合併症に関連したものであり、オーバーロードとインプラント周囲骨吸収の因果関係について十分なエビデンスがないと疑問視している。Quirynenら(1993)<sup>12)</sup>は、オーバーロードにより骨吸収が生じ、ポケットが深化し、嫌気性の環境へと変化すると、そこに増殖した細菌による感染が生じて、辺縁骨の吸収を進行させる。そのため、あるインプラント周囲に生じた骨吸収がオーバーロードによるものか感染によるものかを鑑別することは出来にくくなると推察している。

オーバーロードが生体に及ぼす影響についての動物実験の結果を表1にまとめた。Isidor(1996)<sup>13)</sup>はサルの下顎骨にスクリュー型のチタニウム製インプラントを埋入し、十分にインテグレーションが得られたインプラントに対して、過高な上部構造を付与し、側方荷重を負荷したところ、荷重負荷開始から4.5 - 15.5ヶ月でインテグレーションの喪失がおきたと報告している。しかしながら人為的にブラークを付着させただけ

表1 Summary of animal experiment concerning the biological effect of overload  
オーバーロードが生体に及ぼす影響についての動物実験結果

著者名 (年)	実験動物	荷重負荷様式	骨吸収、インテグレーションの喪失	免荷期間	負荷期間	インプラントの種類
Isidor (1996) <sup>13)</sup>	サル下顎	過高咬合, 側方荷重	あり	6 m	4~15 m	Astra
Hoshaw et al. (1997) <sup>14)</sup>	イヌ脛骨	10~300 N 330 N/s, 500 cycles, 5 day	あり	12 m	6 w, 12 w	Brånemark
Miyata et al. (2000) <sup>15)</sup>	サル下顎	過高咬合: 180, 250 $\mu$ m	あり	3.5 m	4 w	IMZ
Duyck et al. (2001) <sup>17)</sup>	ラット脛骨	静的荷重: 29.4 N 動的荷重: 14.7 N, 1 Hz 2520 cycles	あり(動的荷重) なし(静的荷重)	6 w	2 w	Brånemark
Ogiso et al. (1994) <sup>18)</sup>	サル上下顎	過高咬合	なし	4 m	3 m	HA
Miyata et al. (1998) <sup>16)</sup>	サル下顎	過高咬合: 100 $\mu$ m	なし	3.5 m	4 w	IMZ
Heitz-Mayfield et al. (2004) <sup>19)</sup>	犬下顎	過高咬合	なし	6 m	8 m	ITI

の場合には、インプラント周囲の頸部歯肉に炎症は起きるが、インプラントの脱落までには至らなかったと報告しており、オーバーロードがインテグレーション喪失に強く関与していることを示唆している。

Hoshaw ら (1994)<sup>14)</sup> は、イヌを使ってインプラントへの負荷実験を行っている。20頭の犬の脛骨にインプラントを埋入し、1年間の治癒期間を経た後、最小10Nから最大300Nまでの軸方向への引張力を5日間にわたり、330N/sで500回繰り返し負荷したところ、負荷しないグループよりも歯槽頂部の骨が有意に吸収したと報告している。

Miyata ら (2000)<sup>15)</sup> はサルの下顎骨にインプラントを埋入し、14週の治癒期間を待った後、過高な上部構造を付与し、4週にわたって咬合力を負荷している。180  $\mu$ m以上の過高な咬合を付与した場合には、インプラント周囲に骨吸収が見られたと報告している。しかし100  $\mu$ mの過高な咬合では骨吸収は認められなかったため<sup>16)</sup>、インプラント周囲組織が傷害される閾値を180  $\mu$ mと推定している。

Duyck ら (2001)<sup>17)</sup> はウサギの脛骨にインプラントを埋入し、6週間の治癒期間を待った後、14日間にわたって、2種類の荷重を負荷して、周囲骨の反応を比較している。静的荷重では骨吸収は認められなかったが、動的荷重では骨吸収が認められたとして、荷重の負荷様式によって応答が異なることを示唆している。

一方、オーバーロードと骨吸収に関連は見られないとする報告がある。Ogiso ら (1994)<sup>18)</sup> は、サルを使った実験で、インテグレーション獲得後に意図的に過高に作った上部構造を装着し、3ヵ月のオーバーロード

負荷の後にもインテグレーションが維持されていたとしている。

また Heitz-Mayfield ら (2004)<sup>19)</sup> は6頭のラブラドル犬の下顎臼歯部にインプラントを埋入し、6か月の治癒期間を経た後、少なくとも3mm過高な上部構造を装着し、8ヶ月の観察を行ったが、コントロール群と比べて、骨吸収に有意な差は認められなかったとしている。

以上のように、インテグレーションが獲得された後のオーバーロードの骨吸収への影響については、相反する研究結果が報告されており、十分に解明されているとはいえない。しかしながら、咬合が全く辺縁骨の吸収につながらないとは断言できないことは明確であり、インプラントの長期安定のためにはオーバーロードを引き起こす可能性のあるリスクは回避すべきであると考ええる。

### III. 天然歯とインプラントの被圧変位量の差に基づくリスクファクター

被圧変位量の異なるインプラントと天然歯が混在する場合、ライトタッピングで均等接触するようにすると、強く噛んだ際にはインプラント周囲には天然歯周囲よりも大きなストレスが生じることが危惧される。これを回避するため、Misch (1994)<sup>20)</sup> は 'Implant-protected occlusion' といい咬合概念を紹介している。これはライトフォースでの噛みしめ時にはインプラント部の咬合を歯根膜分、すなわち25  $\mu$ m程度低

くすることで、インプラント周囲の骨に生じる応力を緩和させることを目的とした咬合理論である。

しかし現在この概念による咬合付与の臨床的有効性を示唆する報告は見られない。Miyataら(1998, 2000)<sup>15, 16)</sup>は、サルを用いた研究により、180  $\mu\text{m}$  過高な上部構造により骨吸収が生じたが、100  $\mu\text{m}$  過高な上部構造では骨吸収は生じなかったとしている。インテグレーションへの信頼性が高まった現在では、天然歯と同程度の接触はインテグレーションにとってリスクではないことを裏付けているように思われる。

土井ら(2006)<sup>21)</sup>は、プレスケールを用いたインプラント補綴の咬合力分布の計測の結果、インプラント部の初期咬合接触がない場合には、最大咬みしめ時のインプラント部の咬合力は低く、最大噛みしめ時の咬合バランスが保てないことを報告している。また稲井ら(1998)<sup>22)</sup>は‘Implant-protected occlusion’により、顎関節症を惹起したと考えられる症例を報告しており、顎口腔系全体への影響を考慮すると、むしろインプラントと天然歯の同時接触が好ましい結果をもたらすかもしれない。いずれにしても、インプラントの咬合が顎口腔系へどのような影響を及ぼすかについては今後更なる研究を待つ必要があると考えられる。

#### IV. 非軸方向荷重

Rangertら(1989)<sup>2)</sup>は上部構造に関連した幾何学的リスクファクターとして、側方力、カンチレバー、オフセット荷重などを挙げている。いずれも非軸方向荷重で、インプラントに大きな曲げモーメントを発生させる点で共通している。曲げモーメントは力点から作用点までの距離に比例して大きくなるため、理論上はインプラントの軸から離れたところに力点があるほど、その影響は大きくなる。

Barbier & Schepers<sup>23)</sup>(1997)はイヌに埋入したインプラントに非軸方向荷重をかけて、インプラント周囲の組織反応を観察している。軸方向荷重では、リモデリングは見られず、安定した組織像であったが、非軸方向荷重では破骨細胞が見られるなど、ダイナミックなリモデリングが観察されたとしており、動物実験では非軸方向荷重による骨吸収への影響が示唆されている。

これらの非軸方向荷重が臨床ではどのような影響を及ぼしているかを臨床研究から検証する。

#### 1. 側方荷重

Sethiら(2000)<sup>24)</sup>は傾斜埋入インプラント(15~45度)と正常埋入インプラント(0~15度)に角度付きアバットメントを使用した場合の臨床成績に関する前向き研究を行っている。傾斜埋入インプラント(20~45度:n=248)と正常埋入(0~15度:n=219)とで角度付きアバットメントを使用して補綴を行ったグループに対して、平均28.8ヶ月の観察を行っている。両群のカプランマイヤー生存分析についてログランク検定を行ったところ、インプラント生存率に差は見られなかったと報告している。傾斜埋入インプラントでは通常の咬合荷重が側方荷重として働くため、この研究の結果は側方荷重がインプラントにとって許容されると解釈することができる。しかしながら、この研究では補綴装置によるインプラントの連結が行われており、単独インプラントへの側方荷重の影響については不明である。今後更なる研究が必要であろう。

#### 2. カンチレバー

Lindquistら(1996, 1997)<sup>25, 26)</sup>は無歯顎症例でのインプラント補綴において、15年の観察結果から、カンチレバー長さや骨吸収とは顕著な関連は認められないとしており、むしろ喫煙と不十分な口腔清掃とが骨吸収のリスク因子であったとしている。

Romeoら(2003)<sup>27)</sup>は部分欠損症例において、カンチレバーがインプラントの生存率に及ぼす影響を長期にわたって観察を行っている。カンチレバーの平均長さは、遠心で6.77mm、近心で5.33mmであった。インプラントの累積生存率は7年で97%であった。また上部構造の生存率は、近心側カンチレバーで97.7%、遠心側へのカンチレバーで100%と、臨床的には近心への延長も遠心への延長も問題はみられなかったとしており、1歯分程度のカンチレバーは臨床的許容範囲であることを示唆している。

#### 3. 咬合面幅

インプラント径よりも大きな咬合面ではインプラント軸から外れた位置に荷重がかかることにより曲げモーメントが発生するため、咬合面幅を狭くすることが推奨されている(Rangert 1997)<sup>28)</sup>。理論的には妥当であり、筆者らもインプラント軸から外れたところに咬合接触点を付与せざるを得なかった症例で、頻回

表2 Clinical evaluation for the tooth-implant connection  
天然歯とインプラントの連結に関する臨床的評価

著者名	researchの種類	天然歯とインプラントの連結の生体への影響	天然歯とインプラントの連結の補綴装置への影響	観察期間(年)	インプラントの種類
Lang NP et al. (2004) <sup>40)</sup> Pjetursson et al. (2004) <sup>41)</sup>	systematic review	10年後のインプラントの生存率(82.1%)はインプラント単独補綴の場合(92.8%)よりも低い	10年後の補綴装置の生存率(77.8%)はインプラント単独補綴の場合(86.7%)よりも低い 天然歯の沈下(5%) とりわけ半固定性の連結	>5	various
Tangerud T et al. (2002) <sup>36)</sup>	Prospective	インプラントの生存率は従来の報告に類似 辺縁骨レベルの変化は許容範囲	補綴的偶発症は少ない。ポーセレンの破折のみ	3	Brånemark
Brägger U et al. (2005) <sup>39)</sup>	Cohort	インプラント周囲炎の発生頻度が有意に高い	スクリュー緩みや破折, フレームワークの破折の発生頻度が有意に高い	10	ITI
Naert IE et al. (2001) <sup>37,38)</sup>	Prospective	インプラントの生存率はインプラント単独補綴と有意差は認められず 天然歯の破折(0.6%), 支台歯の沈下(3.4%) リジッドな連結では辺縁骨レベルの低下	補綴的偶発症の発生頻度が高い セメントの脱離(8%), アバットメントスクリュー破折, フレームワークの破折	6.5	Brånemark
Hosny M et al. (2000) <sup>34)</sup>	Prospective	辺縁骨レベルの変化無し	補綴的偶発症無し	6.5	Brånemark
Gunne J et al. (1999) <sup>35)</sup>	Prospective	インプラントの成功率はインプラント単独補綴と同程度 骨吸収量は同程度	補綴装置の生存率はインプラント連結群で80%, インプラント-天然歯連結群で85% スクリューの緩みは見られず	10	Brånemark

のスクリーアの緩みを経験した<sup>29)</sup>。

Tawilら(2006)<sup>30)</sup>はショートインプラント262本を対象に、咬合面幅を6mm未満, 6~7mm, 7~8mm, 8mm以上に分類し、インプラント近遠心部での辺縁骨の吸収をエックス線写真上で計測している。その結果咬合面幅と骨吸収に有意な相関は認められなかったとしている。ただし、ほとんどは2本のインプラントが連結されている点に注意を払う必要がある。

Taylor(2005)ら<sup>31)</sup>はインプラントの非軸方向荷重に関する文献レビューを行っている。咀嚼自体が側方成分の力を含んでいるため、インプラントには非軸方向の力が負荷されるにもかかわらず、咀嚼機能を営むインプラントで高い予知性が得られている。また、Cellettiら<sup>32)</sup>はサルに埋入したインプラントにストレートアバットメントと角度付きアバットメントを用いて、非軸方向荷重と軸方向荷重が周囲骨の吸収に及ぼす影響を比較しているが、どちらも影響は見られなかったと報告している。これらのことからTaylorらは現状のエビデンスでは、非軸方向荷重がオッセオインテグレーションに致命的であるかどうかは明確ではないとしている。

以上のように、多くの報告で非軸方向荷重の生体への影響は大きくないとされている。しかし、それらの報告で、インプラントの連結によってバイオメカニカルリスクが減じられているケースが多く、この点については結果の解釈に注意を要する。一方補綴装置への影響はスクリーアの緩み、スクリーアやフレームの破折、さらにはインプラント体の破折など多くの報告が見られる。したがって、インプラントの成功と長期安定のためにはオーバーロードを引き起こす可能性のある非軸方向荷重はできるだけ回避すべきであると考えられる。

## V. 天然歯との連結

天然歯とインプラントを連結した場合には、インプラントの破折、スクリーアの緩み、フレームワークの破折、インプラント周囲骨の吸収、天然歯の沈下などの様々な偶発症の発生が報告されている(表2)。

Ericssonら(1986)<sup>33)</sup>は天然歯とインプラントを強固に連結した患者(6人)と半固定性の連結を用いた患者(4人)を平均18ヶ月間観察したところ、半固定性連結の1つに天然歯の沈下が認められたが、ポケットの深さ、歯肉の状態は天然歯とインプラントで差は

見られなかった。また骨吸収はほとんどのケースで1 mm未満で、差は見られず、短期的には天然歯とインプラントの連結は満足できる結果であったと報告している。

Hosnyら(2000)<sup>34)</sup>は、18名の患者で平均6.5年にわたり観察したところ、天然歯—インプラント連結群と非連結群とで辺縁骨レベルに差は見られず、補綴的偶発症も見られなかったとしている。またGunneら(1999)<sup>35)</sup>は、同様に23名の患者を10年間比較観察を行った結果、インプラントの成功率に差は見られず、インプラントと天然歯の連結は予知性の高い方法であると報告している。さらにTangerudら(2002)<sup>36)</sup>は天然歯とインプラントを連結した30症例を3年間観察したところ、インプラントの生存率は上顎で91%、下顎で95.5%と従来報告に類似しており、生物学的影響についても問題はなく、適切な治療であろうと結論している。

一方、Naertら(2001)<sup>37,38)</sup>はインプラント単独の補綴装置とインプラント—天然歯連結補綴の成績について平均6.5年にわたって観察を行っている。インプラントの累積生存率には有意な差は見られなかったが、辺縁骨の吸収は天然歯とインプラントをリジッドに連結した群で有意に高く、曲げモーメントの増加によるものと考察している。またアバットメントスクリュウの破折やフレームワークの破折などの補綴的偶発症の発生が連結群に多く認められたため、原則として天然歯との連結をしないことを推奨している。

Bräggerら(2005)<sup>39)</sup>はインプラント単独補綴、インプラント—インプラント連結補綴、インプラント—天然歯連結補綴群を対象に、10年間の前向き試験を行ない、生物学的失敗と補綴的失敗の発生頻度に関して調査をおこなっている。その結果インプラント—天然歯連結群では他の2群に比べ、インプラント周囲炎などの生物学的失敗とスクリュウの緩みなどの補綴的失敗とが有意に高かったとしている。

Langら(2004)<sup>40)</sup>、Pjeturssonら(2004)<sup>41)</sup>は少なくとも5年以上の観察期間を有するインプラント—天然歯連結に関連した論文とインプラントのみの連結に関連した論文とを対象にシステマティックレビューをおこなっている。メタ解析の結果、インプラントと天然歯とを連結した場合のインプラントの推定生存率は5年で90.1%、10年では82.1%であった。これに対

し、インプラントのみで支持した場合のインプラントの推定生存率は5年で95%、10年で86.7%であり、インプラント—天然歯の連結はインプラントの生存率を減少させることを示唆している。さらにLangら(2004)<sup>40)</sup>は、天然歯とインプラントを連結した場合には天然歯の沈下が5%程度起きると推定している。とりわけ半固定性の連結とした場合には、ほとんどの場合に天然歯の沈下が見られると述べている。

以上より、天然歯とインプラントの連結は、短期的には問題はないが、長期的には補綴装置やインプラントの生存に影響すると考えられ、原則としては連結を回避するが、どうしても避けられない場合には、リジッドな固定とすることが望ましいと考えられる。

## VI. 結 論

インプラント咬合が生体および機械的偶発症の発生に及ぼす影響に関する文献レビューに基づき、現状でのインプラント咬合についての臨床的留意点を整理、検討した。

天然歯とインプラントが混在する場合の咬合については、被圧変位量の差を考慮する必要はなく、天然歯と同様の接触を与えてもインプラントにとってのオーバーロードとなることはないと考えられる。

非軸方向荷重については、生物学的に影響ありとした疫学データは見られない。非軸方向荷重は生体にとって真に偶発症を招かないのか、それともインプラント間の連結やインプラントの増員などによってリスクが回避されているのかは十分に明らかにされていない。

天然歯とインプラントの連結については、メタ解析の結果により生物学的リスクが示唆されている。

今後さらに多くの臨床データを元に、長期安定に寄与するインプラント咬合に関するエビデンスを蓄積していく必要がある。

## 文 献

- 1) Esposito M, Hirsch J, Lekholm U. Differential diagnosis and treatment strategies for biologic complications and failing oral implants : A review of the literature. Int J Oral Maxillofac Implants 14 : 473-490, 1999.

- 2) Rangert B, Jemt T, Jorneus L. Forces and moments on Brånemark Implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 4 : 241-248, 1989.
- 3) Renouard F, Rangert B. Risk Factors in Implant Dentistry 39-66, Paris : Quintessence, 1999.
- 4) Goodacre CJ, Kan JYK, Rungcharassaenget K. Clinical complications of osseointegrated implants. *J Prosthet Dent* 81 : 537-552, 1999.
- 5) Jemt T, Petterson P. A 3-year follow-up study on single implant treatment. *J Dent* 21 : 203-208, 1993.
- 6) 山本 晃. ねじのおはなし 73-84, 東京 : 日本規格協会, 1995.
- 7) Binon P, McHugh MJ. The effect of eliminating implant/abutment rotational misfit on screw joint stability. *Int J Prosthodont* 9 : 511-519, 1996.
- 8) 黒木剛司郎, 大森宮次郎. 金属の強度と破壊 46-68, 東京 : 森北出版, 1996.
- 9) Tosun T, Karabuda C, Cuhadaroglu C. Evaluation of sleep bruxism by polysomnographic analysis in patients with dental implant. *Int J Oral Maxillofac Implants* 18 : 286-292, 2003.
- 10) Adell R, Lekholm U, Rockler B et al. 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of edentulous jaw. *Int J Oral Surg* 10 : 387-416, 1981.
- 11) Lang NP, Wilson TG, Corbet EF. Biological complications with dental implants : their prevention, diagnosis and treatment. *Clin Oral Implants Res* 11 (Suppl.) : 146-155, 2000.
- 12) Quirynen M, Naert I, Steenberghe D. Fixture design and overload influence marginal bone loss and implant success in the Brånemark system. *Clin Oral Implants Res* 3 : 104-111, 1992.
- 13) Isidor F. Loss of Osseointegration caused by occlusal load of oral implants. *Clin Oral Implants Res* 7 : 143-152, 1996.
- 14) Hoshaw SJ, Brunski JB, Cochran GVB. Mechanical loading of Branemark implants affects interfacial bone modelling and remodelling. *Int J Oral Maxillofac Implants* 9 : 345-360, 1994.
- 15) Miyata T, Kobayashi Y, Araki H et al. The influence of controlled occlusal overload on peri-implant tissue. Part 3 : A histologic study in monkeys. *Int J Oral Maxillofac Implants* 15 : 425-431, 2000.
- 16) Miyata T, Kobayashi Y, Araki H et al. The Influence of controlled overload on peri-implant tissue : A histologic study in monkeys. *Int J Oral Maxillofac Implants* 13 : 677-683, 1998.
- 17) Duyck J, Ronold HJ, Oosterwyck HV et al. The influence of static and dynamic loading on marginal bone reactions around osseointegrated implants : an animal experimental study. *Clin Oral Implants Res* 12 : 207-218, 2001.
- 18) Ogiso M, Tabata T, Kuo PT et al. A histologic comparison of the functional loading capacity of an occlusal dense apatite implant and the natural dentition. *J Prosthet Dent* 71 : 581-588, 1994.
- 19) Heitz-Mayfield LJ, Schmid B, Weigel C et al. Does excessive occlusal load affect osseointegration? An experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res* 15 : 259-268, 2004.
- 20) Misch CE. Implant-protected occlusion : A biomechanical rationale. *Compendium* 15 : 1330-1343, 1994.
- 21) 土井直洋, 井上美香, 稲井哲司ほか. 臼歯部遊離端欠損インプラント補綴症例の歯列上咬合力. *日口腔インプラント誌* 19 : 466-477, 2006.
- 22) 稲井哲司, 許 重人, 坪井明人ほか. インプラント患者の顎関節症症例. *補綴誌* 42・99 回特別号 : 178, 1998.
- 23) Barbier L, Schepers E. Adaptive bone remodeling around oral implants under axial and nonaxial loading conditions in the dog mandible. *Int J Oral Maxillofac Implant* 12 : 215-223, 1997.
- 24) Sethi A, Kaus T, Sochor P. The Use of angulated abutments in implant dentistry : five-year clinical results of an ongoing prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 15 : 801-810, 2000.
- 25) Lindquist LW, Carlsson GE, Jemt T. A prospective 15-year follow-up study of mandibular fixed prostheses supported by osseointegrated implants. Clinical results and marginal bone loss. *Clin Oral Implants Res* 7 : 329-336, 1996.
- 26) Lindquist LW, Carlsson GE, Jemt T. Association between bone loss around osseointegrated mandibular implants and smoking habit : a 10-year follow-up study. *J Dent Res* 76 : 1667-1674, 1997.
- 27) Romeo E, Lops D, Marquetti E et al. Implant-supported fixed cantilever prostheses in partially edentulous arches. A seven-year prospective study. *Clin Oral Implants Res* 14 : 303-311, 2003.
- 28) Rangert BR, Sullivan RM, Jemt TM. Load factor control for implants in the posterior partially edentulous segment. *Int J Oral Maxillofac Implants* 12 : 360-370, 1997.
- 29) 保志美砂子, 松下恭之, 木原優文ほか. インプラント破折に関する生体力学的検討. *日口腔インプラント誌* 15 : 192-198, 2002.
- 30) Tawil G, Aboujaoude N, Younan R. Influence of prosthetic parameters on the survival and complication rates of short implants. *Int J Oral Maxillofac Implant* 21 : 275-282, 2006.
- 31) Taylor TD, Wiens J, Carr A. Evidence-based consideration for removable prosthodontic and dental implant occlusion : A literature review. *J Prosthet Dent* 94 : 555-560, 2005.
- 32) Celletti R, Pameijer CH, Bracchetti G et al. Histologic

- evaluation of osseointegrated implants restored in nonaxial functional occlusion with preangled abutments. *Int J Periodont Rest Dent* 15 : 563-573, 1995.
- 33) Ericsson I, Lekholm U, Branemark PI et al. A clinical evaluation of fixed bridge restorations supported by the combination of teeth and osseointegrated titanium implants. *J Clin Periodontol* 13 : 307-12, 1986.
- 34) Hosny MMF, Duyck J, Steenberghe DV et al. Within-subject comparison between connected and nonconnected tooth-to-implant fixed partial prostheses : up to 14-year follow-up study. *Int J Prosthodont* 13 : 340-346, 2000.
- 35) Gunne J, Astrand P, Lindh T et al. Tooth-implant and implant supported fixed partial dentures : a 10-year report. *Int J Prosthodont* 12 : 216-221, 1999.
- 36) Tangerud T, Gronningsater AG, Taylor A. Fixed partial dentures supported by natural teeth and Branemark system implants : A 3-year report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 17 : 212-219, 2002.
- 37) Naert IE, Duyck JAJ, Hosny MMF et al. Freestanding and tooth-implant connected prostheses in the treatment of partially edentulous patients. Part I : An up to 15-years clinical evaluation. *Clin Oral Implants Res* 12 : 237-244, 2001.
- 38) Naert IE, Duyck JAJ, Hosny MMF et al. Freestanding and tooth-implant connected prostheses in the treatment of partially edentulous patients Part II : An up to 15-years radiograph evaluation. *Clin Oral Implants Res* 12 : 245-251, 2001.
- 39) Bragger U, Karoussis I, Persson R et al. Technical and biological complications/failures with single crowns and fixed partial dentures on implants : a 10-year prospective cohort study. *Clin Oral Implants Res* 16 : 326-334, 2005.
- 40) Lang NP, Pjetursson BE, Tan K et al. A systematic review of the survival and complications rates of fixed partial dentures (FPDs) after an observation period of at least 5 years II. Combined tooth-implant-supported FPDs. *Clin Oral Implants Res* 15 : 643-653, 2004.
- 41) Pjetursson BE, Tan K, Lang NP et al. A systematic review of the survival and complication rates of fixed partial dentures (FPDs) after an observation period of at least 5 years I. Implant-supported FPDs. *Clin Oral Implants Res* 15 : 625-642, 2004.

---

著者連絡先 : 松下 恭之

〒 812-8582 福岡市東区馬出 3-1-1

TEL : 092-642-6417

FAX : 092-642-6380

E-mail : matsushi@dent.kyushu-u.ac.jp

## Does the Evidence of Implant Occlusion Exist?

Matsushita Yasuyuki, Sasaki Kenichi, Koori Hidehiro,  
Esaki Daisuke, Haruta Asuka and Koyano Kiyoshi

Section of Removable Prosthodontics, Division of Oral Rehabilitation,  
Faculty of Dental Science, Kyushu University

J Jpn Prosthodont Soc 52 : 1-9, 2008

### **ABSTRACT**

This article reviews epidemiologic studies and basic researches concerning the mechanical risk factors that cause overload in implant occlusion.

When natural teeth are adjacent to an implant, occlusal contact on the implant prosthesis requires a reduced initial mechanical load on the implant. This is called the implant-protected occlusion concept. However, few studies support this concept, and several researchers are concerned about the influence on the temporomandibular joint and the adjacent teeth when using this occlusal concept. It is thought that the same initial mechanical load on the implant and adjacent teeth does not result in an overload on the implant itself.

The influence of a non-axial load, large cantilevers, and offset loading with a large occlusal table is greater than that of the axial load because of the bending moment. However, no epidemiologic study supports the biological influences of overloading. Meta-analysis of the connection of natural teeth and implants shows the biological and prosthetical risks.

### **Key words**

overload, mechanical risk factor, implant occlusion, non-axial loading, implant-tooth connection