

天然歯とインプラントの共存を研究から考える

松下 恭之, 江崎 大輔, 古谷野 潔

Biomechanical consideration for coexistence of implant and natural teeth

Yasuyuki Matsushita, DDS, PhD, Daisuke Esaki, DDS, PhD and Kiyoshi Koyano, DDS, PhD

抄録

インプラント治療を始めた30年前にはインプラント部の咬合はやや低めで、また天然歯と連結することでインプラントを守るといった戦略が主流であった。近年ではインプラント自体のオッセオインテグレーションは得られているが、上部構造に関する問題で転医してくる患者が増加しているように感じている。一方、インプラント上部構造に問題はみられないが、残存天然歯を喪失していき、一口腔単位としては、治療介入が引き続き必要な状況にある症例も散見される。インプラントの信頼性が向上した現在、インプラントと天然歯の双方を守っていく共存の時代へと変化してきたように感じる。

和文キーワード

補綴的偶発症, バスタブ曲線, スクリューの緩み, インプラント破折

I. 緒言

近年ではインプラントのオッセオインテグレーションは得られているが、上部構造が受け入れられない、壊れた、残存天然歯のトラブル等を訴える患者が増加してきたように感じている。これからはインプラントと天然歯の双方を守りながら、咀嚼機能を回復していく必要がある。インプラントと天然歯の共存を考えるにあたり、1) 補綴装置の損傷、2) 天然歯の保護といった2つの要素について、研究の観点から考察する。

II. 補綴装置の損傷

信頼性工学 (Reliability engineering) では、工業製品は使用期間によってその故障率に変化が見られるとされる。初期は製作工程に含まれる欠陥等により故障率が高く、使用開始とともに劣化、故障してしまう時期である。不良品はこの時期に除外されてしまうため、故障は減少していき、安定した時期を迎える。しかし、その時期を過ぎると、部品の摩耗や劣化が蓄積

してきて故障が増加する。使用期間を横軸に、故障率を縦軸にプロットした曲線の形状がバスタブのように見えることから、バスタブ曲線と呼ばれる¹⁾(図1)。Goodacre CJら²⁾はインプラントの偶発症に関するレビュー論文でインプラント補綴の機械的偶発症を紹介しているが、この曲線にそれらをあてはめるとすれば、初期故障にあたるものには、スクリューの緩み、スクリューの破折、前装材のチッピングなどがあげられる。晩期のもものでは、上部構造の破折、インプラント破折、摩耗などがあげられる。

1. スクリューの緩み・破折

Papaspyridakos Pら³⁾はインプラント治療の偶発症に関するシステマティックレビューを行い、最も多い補綴的偶発症はスクリューの破折で、発生頻度は5年で10.4%、10年で20.8%と報告している。スクリューが緩む原因には、1) 締結力不足、2) 初期緩み、3) 曲げモーメントの繰り返し負荷、4) スクリューの強度不足、5) 連結上部構造の適合不良などが挙げられる。破折に関しては、過剰締結力の負荷や過大応力の発生など多くの状況要因が考えられ、詳細な検討は別の機

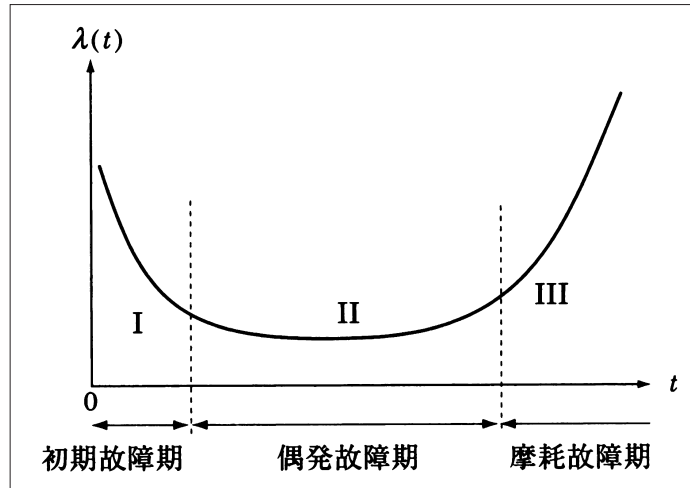


図1 バスタブ曲線 文献1より改変引用

会にゆずり、ここでは2つの臨床的疑問を検討する。

インプラントシステム、上部構造の固定様式はスクリーアの緩みに影響を与えるのか？

Gracis ら⁴⁾のメタアナリシスでは、外部連結は内部連結の5倍ほどスクリーア緩みが発生しやすかったと報告している。Brånemark タイプに代表される外部連結機構での外部ヘックス高さは0.7 mm しかなく、内部連結型のものに比べ、その連結強度がかなり小さく、曲げに弱いという構造に起因すると考えられる。

Vigolo ら⁵⁾は外部連結型のインプラントを用いた前向き臨床研究を行い、セメント固定とスクリーア固定とで、4年の中期的観察を行った結果、緩みを含む機械的偶発症の発生については違いがみられなかったとしている。Nissan ら⁶⁾は長期経過した症例221本のインプラントへの後ろ向き研究を行い、セメント固定とスクリーア固定でアバットメントスクリーアの緩みの頻度、歯肉の炎症、辺縁骨吸収を統計的に観察した結果、いずれも有意にセメントのほうが有利であったと報告している。一方 Sailer ら⁷⁾のシステマティックレビューでは、単独だとスクリーア固定に機械的偶発症が発生しやすいが、複数本数の連結では、セメント固定での機械的偶発症の発生が増加する傾向が見られたとしている。

スクリーアの緩みには上部構造の製作方法、咬合調整、インプラントの配置など数多くの因子が関わっていると考えられるため、単純に固定様式のみだけでなく、多因子的に捉える必要がある。

長期に使用したスクリーアは交換すべきか？

緩んだアバットメントスクリーアをSEMで観察した Jabbari ら⁸⁾は装着から31カ月機能したスクリーアでは、固着による粗面化がスクリーアヘッド部で認められたものの、スクリーア先端には変化は見られなかったとしている。では長期に機能した場合はどうであろうか？ 機能期間10年のアバットメントスクリーアを観察したところでは、力学的なリスクのない症例では表面の変化はほとんどみられなかったが、傾斜埋入されたインプラントに用いられていたスクリーアの表面には、一部粗造な表面が認められた⁹⁾。生体力学的リスクがあるものでは定期的な交換も視野にいれるべきかもしれない。いずれにしても、サンプル数の少ない観察結果しかないので、この分野での研究が望まれる。

2. 上部構造のチッピング・破損

アクセスホールが存在によりスクリーア固定性上部構造には脆弱性があることが予想されてきた。Torrado ら¹⁰⁾はスクリーア固定とセメント固定とで陶材の破折強度を実験的に計測した結果、スクリーア固定のほうが破折しやすいと結論づけている。しかし同様の実験を行った Zarone ら¹¹⁾は、両者に違いがみられなかったとしている。一方5ユニットの連結冠に対して動的負荷試験を行った Karl ら¹²⁾は、スクリーア固定ではセメント固定よりも有意に陶材の破折が生じたとしており、補綴デザインの影響を受ける可能性を示唆している。臨床的にインプラント支持陶材焼付製造冠(PFM冠)の長期予後を調査した Kinsel ら¹³⁾は、対合歯がインプラント支持 PFM 冠ではオッズ比が7倍、

ブラキサーでナイトガードを使用しない症例ではオッズ比2倍であったと患者側の要素について言及している。

ジルコニアではどうだろうか？ Schwartzら¹⁴⁾、Larssonら¹⁵⁾はチッピング発生率をそれぞれ25%、34%(3年経過時)程度と報告している。Papaspri-dakosら³⁾は前装材の破折発生を5年で33.3%、10年では66.6%と見込んでおり、ジルコニアではやや多い。フレームが何であるにせよ長期経過してくると、多くの補綴装置が何らかの問題を起こしていることになる。インプラントは天然歯に比べ、上部構造の支持面積が小さいため、バックアップするフレーム自体が小さくなりやすい。そのため隣接面や頬側面での破折が多いものと考えられる。Marchack¹⁶⁾はジルコニアフレームでの陶材破折例を検討し、フレームデザインの修正を提唱しているが、これはメタルフレームにも当てはまるものと考えられる。

3. インプラントの破折

インプラント体の破折の発生頻度はGoodacresら²⁾で0.1%、Jungら¹⁷⁾は0.14%と少ないが、患者にとっても主治医にとってもダメージが大きい偶発症と言える。Albiolら¹⁸⁾は破折症例について、女性より男性に多い、76%は固定性補綴でカンチレバーを伴っている、80.9%は臼歯部で発生したと報告している。Kimら¹⁹⁾は臼歯部、とりわけ第二大臼歯部に埋入されたシングルインプラントでカンチレバーの状態にあるものでは、スクリューの緩みやインプラント体の破折が多く見られるため、カンチレバーが大きくなる正確な位置に注意深く埋入することを提唱している。以上より、インプラント破折ケースではやはり生体力学的共通点が多い。

また近年の傾向として、内部連結型インプラントの縦割れが散見されるが、Jimboら²⁰⁾はこの原因をミスフィットによるものと予想し、有限要素法による解析を試みている。Jangら²¹⁾は内部連結型のインプラントの相互傾斜が大きくなると、インプラントレベルで印象したスクリュー固定性連結冠のミスフィットが大きくなることをin vitroの実験から提示しており、インプラントシステムごとの補綴的手法のコンセンサスを確立すべきである。またMatonoら²²⁾はフッ素がチタン表面へ及ぼす影響をin vitroで調査し、破折のリスクとなることを提示しており、インプラント体破折という偶発症はブラキシズム、過大な咬合力などの生体側の要因、応力を拡大させるカンチレバーなどの幾何学的要因、インプラント体への化学的影響などのい

くつかの要素が重なりあい、その量が大きくなるほど、破折発生までの期間が短縮されると考えられる。

4. 上部構造の摩耗

Janyavulaら²³⁾は上部構造材にジルコニア、陶材、金属を用いた場合の対合エナメル質の摩耗に関してin vitroでの摩耗試験を行っている。ジルコニアでは対顎のエナメル質を著しく摩耗させるイメージがあるが、実際のところ十分に研磨したジルコニアよりグレーズしたジルコニアのほうが対合の摩耗量は大きい、グレーズした陶材ほど大きくはなかったという結果を得ており、対合歯の摩耗については、問題は大きく無いことを示唆している。

III. インプラントによる天然歯の保護

1. 固定性：天然歯との連結

歯周病罹患によって動揺をきたした歯もインプラントと連結することで、動揺が止まり、天然歯の予後を上げることができる。しかしながら、Langら²⁴⁾によれば、インプラントと天然歯の連結はインプラント自体の長期成功率を10%下げるばかりでなく、天然歯自体を沈下させるリスクの有ることを示しており、インプラントによる、あるいは残存天然歯による独立した咬合支持とすることが望ましいと考えられる。

2. 可撤性義歯における天然支台歯の保護

天然歯が残存する部分欠損は、部分床義歯として補綴される。とりわけ遊離端義歯における支台歯は、補綴設計によっては、支台歯に過大な負担を強いるため、支台歯の破折や周囲歯槽骨の吸収を引き起こし、欠損を拡大しうる。木原ら²⁵⁾は、インプラントとパーシャルデンチャーを組み合わせたImplant supported partial overdentureが従来の補綴デザインを変えうることを模型実験により提示している。骨質が良好であれば、ショートインプラントでも同様の効果が得られることは理論的には示されており²⁶⁾、多くの症例に適用されるようになれば、今後臨床での成績が期待される。

IV. 結 論

天然歯とインプラントが共存する口腔内で発生する偶発症について、基礎的研究と臨床疫学的文献レビューとから現状での臨床的留意事項を整理、検討した。

信頼性工学の観点からは、術者やシステムが強く関与していると考えられる偶発症に関しては、それらの要素を排除する、あるいは要素を検出し、その影響に早期に対応することが口腔内におけるインプラントと天然歯の共存への信頼を高めるものとする。

文 献

- 1) 真壁 肇. 新版信頼性工学入門. 東京：日本企画協会；2012, 60-63.
- 2) Goodacre CJ, Kan JYK, Rungcharassaenget K. Clinical complications of osseointegrated implants. *J Prosthet Dent* 1999; 81: 537-552.
- 3) Papaspyridakos P, Chen CJ, Chuang SK, Weber HP, Gallucci GO. A systematic review of biologic and technical complications with fixed implant rehabilitations for edentulous patients. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2012; 27: 102-110.
- 4) Gracis S, Michalakis K, Vigolo P, Vult von Steyern P, Zwahlen M, Sailer I. Internal vs. external connections for abutments/reconstructions: a systematic review. *Clin Oral Implant Res* 2012; 23(Suppl 6): 202-216.
- 5) Vigolo P, Givani A, Majzoub Z, Cordioli G. Cemented versus Screw-retained implant-supported single-tooth crowns: A 4year prospective clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implant* 2004; 19: 260-265.
- 6) Sailer I, Mühlemann S, Zwahlen M, Hämmerle CH, Schneider D. Cemented and screw-retained implant reconstructions: A systematic review of the survival and complication rates. *Clin Oral Implant Research* 2012; 23: 163-201.
- 7) Nissan J, Narobai D, Gross O, Ghelfan O, Chaushu G. Long-term outcome of cemented versus screw-retained implant-supported partial restorations. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2011; 26: 1102-1107.
- 8) Al Jabbari YS, Fournelle RA, Zinelis S, Iacopino AM. Biotribological behavior of two retrieved implant abutment screws after long-term use in vivo. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2012; 27: 1474-1480.
- 9) 松下恭之, 的野良就, 鳥谷浩平, 國竹活代, 江崎大輔, 古谷野 潔. 長期使用したアバットメントスクリーンのSEM観察 平成25年度九州支部学術大会抄録集 2013: 26.
- 10) Torrado E, Ercoli C, Al Mardini M, Graser GN, Tallents RH, Cordaro L. A comparison of the porcelain fracture resistance of screw-retained and cement-retained implant-supported metal-ceramic crowns. *J Prosthet Dent* 2004; 91: 532-537.
- 11) Zarone F, Sorrentino R, Traini T, Di Iorio D, Caputi S. Fracture resistance of implant-supported screw-versus cement-retained porcelain fused to metal single crowns: SEM fractographic analysis. *Dental Materials* 2007; 23: 296-301.
- 12) Karl M, Graef F, Taylor TD, Heckmann SM. In vitro effect of load cycling on metal-ceramic cement- and screw-retained implant restorations. *J Prosthet Dent* 2007; 97: 137-140.
- 13) Kinsel RP, Lin D. Retrospective analysis of porcelain failures of metal ceramic crowns and fixed partial dentures supported by 729 implants in 152 patients: Patient-specific and implant-specific predictors of ceramic failure. *J Prosthet Dent* 2009; 101: 388-394.
- 14) Schwarz S, Schröder C, Hassel A, Bömicke W, Rammelsberg P. Survival and chipping of Zirconia-based and metal-ceramic implant-supported single crowns. *Clin Implant Dentistry and Rel Res* 2012; 14(suppl1): e119-125.
- 15) Larsson C, Vult von Steyern P, Nilner K. A prospective study of implant-supported full-arch Yttria-stabilized tetragonal zirconia polycrystal mandibular fixed dental prostheses: Three-year results. *Int J Prosthodont* 2010; 23: 364-369.
- 16) Marchack BW, Futatsuki Y, Marchack CB, White SN. Customization of milled zirconia copings for all-ceramic crowns: a clinical report. *J Prosthet Dent* 2008; 99: 169-173.
- 17) Jung RE, Pjetursson BE, Glauser R, Zembic A, Zwahlen M, Lang NP. A systematic review of the 5-year survival and complication rates of implant-supported single crowns. *Clin Oral Impl Res* 2008; 19: 119-130.
- 18) Gargallo Albiol J, Satorres-Nieto M, Puyuelo Capablo JL, Sánchez Garcés MA, Pi Urgell J, Gay Escoda C. Endosseous dental implant fractures an analysis of 21 cases. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2008; 13: e124-128.
- 19) Kim YK, Kim SG, Yun PY, Hwang JW, Son MK. Prognosis of single molar implants: a retrospective study. *Int J Perio restorative Dent* 2010; 30(4): 401-407.
- 20) Jimbo R, Halldin A, Janda M, Wennerberg A, Vandeweghe S. Vertical fracture and marginal bone loss of internal-connection implants: a finite element analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2013; 28: e171-176.
- 21) Jang HK, Kim S, Shim JS, Lee KW, Moon HS. Accuracy of Impressions for Internal-Connection Implant Prostheses with Various Divergent Angles. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2011; 26: 1011-1015.
- 22) Matono Y, Nakagawa M, Ishikawa K, Terada Y. Effect of corrosion behavior of pure titanium and titanium alloy on fluoride addition in acidic environment by streptococcus mutans. *Prosthodontic Research*

- and Practice 2008; 7: 34-39.
- 23) Janyavula S, Lawson N, Cakir D, Beck P, Ramp LC, Burgess JO. The wear of polished and glazed zirconia against enamel. J Prosthet Dent 2013; 109: 22-29.
- 24) Lang NP, Pjetursson BE, Tan K, Brägger U, Egger M, Zwahlen M. A systematic review of the survival and complication rates of fixed partial dentures (FPDs) after at least 5 years. II. Combined tooth-implant-supported FPDs. Clin Oral Implants Res 2004; 15: 643-653.
- 25) 木原優文, 松下恭之, 徳久雅弘, 保志美砂子, 古谷野潔. 遊離端義歯の後方支持として用いたインプラントの効果. 日口インプラント誌 2003; 16: 214-225.
- 26) Tada S, Stegaroiu R, Kitamura E, Miyakawa O,

Kusakari H. Influence of implant design and bone quality on stress/strain distribution in bone around implants: a 3-dimensional finite element analysis. Int J Oral Maxillofac Implants 2003; 18: 357-368.

著者連絡先：松下 恭之

〒 812-8582 福岡市東区馬出 3-1-1

九州大学大学院歯学研究院口腔機能修復学講座

Tel: 092-642-6361

Fax: 092-642-6380

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