

Fig. 1

© 26kot/Shutterstock.com

Er:YAGライトタッチ レーザーを用いたインプラント周囲炎治療

Author: Dr Fabrice Baudot, France

Fig. 1: レーザーの光音響効果と光アブレーション効果の図解「落石」

歯科インプラント治療の普及に伴い、インプラント周囲炎の有病率は世界的に増加を続けている。2008年、Espositoらは「適切な器具を用いた最適な治療プロトコルは未だ確立されていない」と認めている¹。この指摘は、インプラント周囲炎が現在、そして将来さらに深刻化する歯科医療界が直面すべき重大な課題であるという世界的な見解を反映している。本稿では、インプラント周囲炎の生物学的側面に着目し、Er:YAGレーザーの微小切削効果と光音響効果が本疾患の治療に極めて有用である理由を強調したい。(Fig. 1)

インプラント周囲炎

2015年、DerksとTomasiはインプラント周囲疾患の有病率を評価する最良のメタ分析の一つを発表した。²

このテーマに関する3,840件の論文の中から、11件の研究を記述した15件の論文が選択された。100本以上のインプラントについて報告した縦断研究のみが対象となった。これらの研究では、全症例の43%にインプラント周囲粘膜炎、22%にインプラント周囲炎が発生した。これは統計的に、埋入されたインプラントの60%以上が問題となる可能性があることを意味する。したがって、レンヴェールとポリゾイスが2015年に指摘したように、「あらゆる疾患と同様に、予防が最良の治療法であり、インプラント周囲炎も例外ではない」という認識が急務である。³

インプラント周囲粘膜炎はインプラント周囲組織の炎症であるのに対し、インプラント周囲炎はインプラント周囲の骨吸収を引き起こす。これらの病態はいずれも歯周炎と類似点を持つ。

周囲インプラント組織の完全性の喪失が、こうした問題発生の主因である。インプラント周囲炎の増加傾向は、単なる生物学的問題ではなく、世界的な概念である。

- インプラント周囲炎の発症に関連する最も一般的な危険因子は以下の通りである：
 - - インプラント表面の設計と品質；
 - - 埋入トルク；
 - - 骨量と骨質；
 - - インプラント周囲軟組織の解剖学的構造と生理機能；
 - - 組織張力：インプラント周囲軟組織の管理；
 - - 補綴的負荷の種類と修復物の品質；および
 - - インプラント周囲ケア

この生物学的問題は、主にこれらの危険因子に起因して生じる。インプラント周囲組織の完全性が損なわれると、口腔環境において微生物の侵入と、極めて狭い空間における成熟した石灰化バイオフィルムの形成が急速に進行する。(Figs. 2-5).

治療方法

モンベリとラングが1998年にインプラント周囲炎の管理に関する研究⁴を発表して以来、この増大する問題の治療法はほとんど変化していない。

モンベリとラングは、インプラントと周囲組織の清掃を含む、インプラント周囲炎の予防に関する基礎を確立し概要を示した。今日、我々はインプラント周囲炎の治療に決定的な解決策が未だ存在しないことを認識せねばならない。レンバートとポリゾイスが2015年に記した内容³を考慮に入れるべきである。具体的には、インプラント治療患者を扱う際には全ての危険因子を考慮に入れなければならないことを意味する。

生物学的側面においては、患者に対しインプラントの定期的な経過観察の重要性を説明し、インプラント周囲ケアプログラムを設定する必要があります。インプラント周囲組織の健全性とインプラント周囲の生物学的安定性は、さらなる問題を防ぐために極めて重要です。問題が発生した場合、インプラントおよびインプラント周囲組織、特に骨の清掃能力が基本となります。

インプラント周囲の損傷レベルに対応する治療戦略には3つの段階がある：

1. 前述の通り、予防はあらゆる問題を回避するための重要な要素である。したがって、インプラント埋入直後から、すべてのインプラントに対してインプラント周囲ケアプログラムを設定すべきである。このプログラムは、インプラント本体およびインプラント周囲組織の健全性の確認、そして何

Figs. 2-5: この症例はインプラント学のフランス人オピニオンリーダーによって施術され、現在の品質基準を満たす補綴再建が施されたにもかかわらず、患者はインプラント治療から10年後に下顎の5本のインプラントのうち3本でインプラント周囲炎を発症した。特定された原因は、不十分な経過観察と、おそらくインプラント埋入時の骨加熱であった。



Fig. 2



Fig. 3

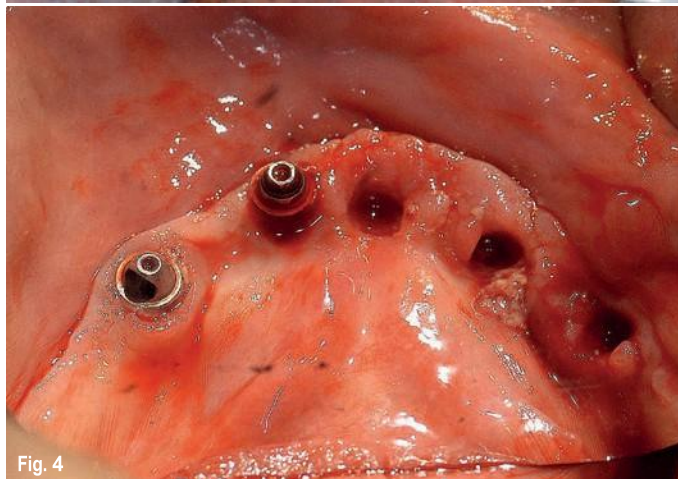


Fig. 4



Fig. 5

Figs. 6 & 7: Er:YAGレーザーは低侵襲な治療装置であり、施術者が抗炎症・殺菌治療を実施することを可能にします。



Fig. 6 Er:YAG ライトタッチレーザー

よりも口腔内バイオフィームに曝露された表面の清掃から構成されるべきである。清掃に使用する器具は、脆弱なインプラント周囲組織の付着組織を損傷しないよう、効率的かつ穏やかなものである必要がある。

2. 初期のインプラント周囲炎またはインプラント周囲粘膜炎は、非外科的アプローチで治療可能である。炎症過程の制御における成功の鍵は、清掃能力にあると考えられる。損傷を防ぎ、治癒過程、特に血管新生における潜在能力をすべて維持するためには、非常に狭い空間でも効率的に使用できる器具を用い、組織の完全性を尊重する必要がある。
3. 重度なインプラント周囲炎の場合、予後が骨質に関連している判断された場合、外科的アプローチが推奨される。インプラント周囲の肉芽組織および場合によっては歯石を損傷なく除去しなければならない。

さらに、血管新生を保護しつつ、欠損した骨を深く清掃する必要があり、これにより誘導骨再生が可能となる。

Er:YAG レーザーと従来型器具の比較

インプラント周囲炎に関しては、主な問題はインプラント表面におけるバイオフィームの形成である。バイオフィームは、インプラント表面の微細構造およびマクロ構造の種類、インプラントの設計、病変へのアクセス可能性によって、除去が非常に困難となる場合がある。

インプラント周囲炎治療における解決すべき問題はインプラント表面の清掃だけではない。インプラント周囲炎は、実際には口腔内微生物叢に開かれた創傷である。この創傷の治癒を達成するためには、組織学的レベルで清掃されなければならない。創傷周囲の炎症組織全体には、インプラント周囲組織の破壊に関与する大量の酵素と微生物が浸潤している。治癒を促進するためには、インプラント周囲のこの肉芽組織を除去しなければならない。

従来の機械的アプローチによるインプラント表面の清掃ツール（超音波装置、ポリッシャー、エアースケラーなど）には一定の有効性が認められている。エアアブレーションは、粗面インプラント表面からのプラーク除去に最適なツールであり、Sahmらが無作為化比較臨床試験で示したように、非外科的アプローチによるインプラント周囲炎の治療に使用できる。⁵しかし、インプラント周囲空間に大量の粉末粒子を残すため、慢性炎症を誘発する可能性があるという点では、汚れたツールとも言える。

レンバートらは無作為化臨床試験において、Er:YAGレーザーがインプラント周囲炎の治療においてエアアブレーション装置と同等の効果を持つことを示した。⁶当院では複数の動画で、Er:YAGレーザーがエアアブレーションよりも優れた方法でインプラント表面のバイオフィームを除去できるだけでなく、その過程で一切の残渣を残さないことを実証している。

Er:YAGレーザーが従来の器具と比較してインプラント周囲炎治療において持つ主な利点は、インプラント表面を清掃できる能力ではなく、インプラント周囲病変から肉芽組織をすべて選択的に除去する精密な能力にある。

その物理的特性により、Er:YAGレーザーは他に類を見ないものであり、我々の知る限り、このレーザー装置以上に肉芽組織を除去できる機器は存在しない。(Figs. 6 & 7)。

Er:YAG レーザーの波長と他のレーザー波長の比較

医療分野で使用される他のレーザー波長と比較した際の重要な点は、Er:YAGレーザーがエネルギー吸収スペクトル曲線において水とハイドロキシアパタイトでピーク吸収を示すことである。この物理的特性により、Er:YAGレーザーは歯科治療において唯一無二のツールであり、最も汎用性の高いレーザーとなっている。

簡単に言えば、このレーザーが生体組織に作用する仕組みを理解するには、レーザービームが供給するエネルギーが組織に吸収され、生物学的効果を生み出すと言える。生体組織、特にヒト組織は、軟組織の場合は主に水で構成され、硬組織（歯や骨）の場合は大量のハイドロキシアパタイトで構成されている。

Er:YAG波長は組織内で強力に吸収され、標的組織においてエネルギーが極めて急激かつ強度に増加する。その結果、水分子とハイドロキシアパタイト分子が微小爆発を起こし、この現象が繰り返されることで微小切除効果としてマクロ的に現れる。高崎らはこの効果が30μ/s以内に発生することを確認した。⁷

Er:YAG レーザーは吸収ピークを持つため、表面レーザーである。エネルギーが大量に吸収されるため、それに伴う温度上昇は急速に拡散する。熱影響層は20~50μmの範囲であり、これは数ミリメートル深さに達するネオジウム:ヤグ (Nd:YAG) レーザーやダイオードレーザーなどの深部作用型レーザーと比較される。

他のレーザーの波長は吸収率が低いため、エネルギーが組織のより深部まで浸透し、Er:YAGレーザーよりもはるかに多くの層で温度上昇を引き起こします。これがEr:YAGレーザーが極めて精密なツールであり、顕微手術に適している主な理由です。このレーザーを用いれば、光学補助装置を使用し視覚的制御下で、50μmを超える熱的影響を一切生じさせることなく、組織を微小次元で切削することが可能です。

インプラント周囲のEr:YAG マイクロサージャリー

組織は、Er:YAGレーザーの効果に関して、水和電荷の量によって分類することができる。

最も水分量の多い組織が、水分量の少ない組織に先立って切除される。口腔外科および歯科処置は、生体組織の中で最も脱水状態の組織（エナメル質）から最も水和状態の高い組織（炎症組織）まで、あらゆる組織範囲を扱う点で独特である。歯科の特殊性は、これら全ての組織が極めて狭い空間に存在することにある：わずか数ミリメートルの範囲内に、あらゆる組織状態が存在する。水分含有量の勾配に沿って、Er:YAGレーザーは最も水分含有量の高い組織から低い組織へと選択的に作用します。歯科治療、特にインプラント周囲において、標的組織の表面で極めて精密かつ選択的に作用し、熱的影響を最小限に抑えるこのようなツールの使用は極めて重要です。

Er:YAG レーザーは従来の器具とは一線を画す独自のツールである。これにより外科医は、インプラント周囲ポケットの軟組織、歯槽骨、インプラント本体から同等の精度で肉芽組織を除去できる。さらに非接触で歯石除去も可能である。

残存組織の血管新生は、レーザーの生体刺激効果によって維持され、むしろ促進される。また、インプラント表面および周囲骨は過熱や損傷を受けない。インプラント周囲など狭隘な空間においても、Er:YAGレーザーは遠隔から肉芽組織を除去することが可能である。

Er:YAG レーザーの抗菌効果

標的組織へのレーザー照射は主に二つの効果を生じる：前述の通り物質を除去する光アブレーション効果と、第一の効果から生じる衝撃波である光音響効果である。これらの現象をより理解するために、組織上のレーザービームを水に落ちる石に例えることができる。水への衝撃は一連の波を生み出し、これが光音響効果を表すと見なせる。



Fig. 7 レーザーインハンドピース方式



Fig. 8



Fig. 9



Fig. 10

Fig. 8: この臨床状況は、人工歯根の良好な組織統合を示している。

Fig. 9: Er:YAGレーザーは、インプラント修復物の歯肉縁下部分に対して適応された補完手段であり、特にUCLA型修復物（ピリエUCLA）においてセラミックまたは金合金が使用され、インプラント周囲にポケットが存在する場合に有効である。

Fig. 10: 溝入口へのレーザー照射をスウィーピングモーションで行う。

レーザーの抗菌特性はこれら二つの効果に由来する。微小切除効果は肉芽組織とバイオフィーム（高度に水和した構造）を選択的に除去できる一方、光音響効果は残留物や孤立した微生物を振動させ、治療部位を清浄化する。

バイオフィームは細菌にとって保護的な生息環境である。免疫系は基本的にこのバイオフィームに対して作用するが、効果がない。なぜなら免疫細胞は、インプラント表面や周囲組織に形成されるこの構造体内部の細菌やその他の微生物に到達できないからである。レーザー照射はバイオフィームを破壊し微生物を分離できる。これにより免疫系が微生物に到達可能となる。これは、ページとコーンマンが歯周感染症における免疫応答のメカニズムを説明した著名な論文で述べたように、我々が事実上「プレイヤーを集結させている」状態である。⁸ これにより、健康な歯周組織およびインプラント周囲環境の均衡が回復される。

Er:YAG レーザー照射によるインプラント表面への影響

Galliらの研究で述べられているように、Er:YAGレーザーは機械加工またはサンドブラスト処理されたインプラントの微細構造に変化を与えないか、あるいは最小限の変化しか与えない。⁹ このレーザーは、新しいインプラント表面の微細粗さを除去するために実次元で作用する。衝撃波と微細アブレーション効果により、インプラント表面の微細な凹凸を非常に深く洗浄することが可能である。適切に使用すれば、Er:YAGレーザーは熱効果を生じず、チタン製インプラント表面を損傷しない。

Schwarzらによれば、Er:YAGレーザー照射されたインプラント表面では、骨芽細胞や線維芽細胞などの生細胞が成長することが観察されており、チタンやその他多くの材料に対して抗菌効果を持つことが判明している。¹⁰ Er:YAGレーザーで処理したインプラント表面では、エアアブレイブ装置使用時よりも線維芽細胞の増殖が良好であることがKreislerらによって示された。¹¹ Friedmanらは、サンドブラストおよび酸エッチング処理したインプラント表面にEr:YAG照射後、骨芽細胞の新たな付着を観察した。¹²

高崎らは、開窓手術においてキュレット法と比較し、Er:YAG照射後のサンドブラスト処理および酸エッチング処理を施したインプラント表面において、より良好な骨-インプラント接触を確認した。⁷ この知見は、Schwarzらの観察結果を裏付けるものである。同らは、従来の機械的・化学的処理と比較し、Er:YAGレーザー照射を施した汚染チタン表面において、より良好な再骨結合結果が得られることを報告している。¹⁰

これらの研究から、Er:YAGレーザーはチタン表面への照射において安全であると言える。バイオフィーム除去能力による抗菌効果と殺菌効果がある。さらに、インプラント周囲の治癒促進のために細胞増殖を刺激するようだ。

臨床プロトコル

前述の通り、Er:YAGレーザーはインプラント周囲炎治療の主要なツールとなる複数の特性を有する。治療の主目的は、インプラント周囲の炎症性・感染性病変を制御し、軟組織の創傷治癒を誘導するとともに骨吸収を停止させることである。

角状病変やクレーター状病変などの特定の状況では、インプラント表面を極めて深く清掃することで骨再生が可能となる。

インプラント周囲炎の管理における重要な要素は、周囲組織の気密性を確保し維持することである。これは外科的処置から補綴処置に至る包括的な概念であるが、何よりもインプラント周囲炎におけるインプラント修復の予後は、インプラント周囲の感染制御能力に依存する。Er:YAGレーザーの微小切除効果と光音響効果を適切に活用し、レーザーを正しく操作することで、インプラント周囲炎の予防・治療に向けた臨床戦略を効果的に適用できる。

インプラント周囲炎の予防

外科的処置およびインプラント補綴処置においては最先端技術を遵守する必要があるが、それだけでは修復物の生物学的安定性を保証するには不十分である。組織を損傷することなく、インプラント修復物周囲のバイオフィーム形成を制御しなければならない。良好な口腔衛生は前提条件であるが、インプラント修復物を清掃するための定期的な再診も同様に重要である。(Fig. 8)。

エアアブレーションは歯肉縁上部の清掃には有効であるが、歯肉縁下部への使用には組織が過度に脆弱である。グリセリン粉末や適応したチップを使用しても同様である。インプラント周囲溝に粉末が残留し、インプラントと結合する極めて脆弱な軟組織を損傷する可能性がある。エアアブレーション装置の機械的作用が届かない深部領域も存在する。

インプラント修復物の歯肉下部分に対してEr:YAGレーザーを使用することは、適応された補完法であると考えられる。特にUCLA型修復物においてセラミックまたは金合金が使用され、インプラント周囲にポケットが存在する場合に有効である (Fig. 9)。手術時にチタンおよびジルコニアアバットメントを装着した場合、インプラント周囲にポケットは存在しないようであり、そのようなケースでは予防が容易である。¹³

インプラント周囲の歯肉縁下にバイオフィームが形成されるのを防ぐためには、繊細かつ効率的な処置が必要である。Er:YAGレーザーは遠隔からバイオフィーム構造に到達し、細菌を破壊・乳化することが可能である。歯肉溝入口にレーザー先端を当てるだけでこの処置が行える。インプラント周囲を深く探る必要はない。

低出力で十分な効率が得られるのは、Er:YAGレーザーのエネルギーがバイオフィーム構造に大量に吸収されるためである。

例えば、Er:YAGレーザーを1W未満に設定することを推奨する (例: 50mJ、17Hz、水冷70%)。施術はインプラント1本あたり約1分間、先端を歯肉溝内でスウィーピングモーションさせる (Fig. 10)。施術頻度は極めて重要であり、推定リスク要因に応じて調整する必要があります。Er:YAGレーザー予防プロトコルは、平均して年2回実施すべきです。

非外科的アプローチ

インプラント周囲粘膜炎や軽度の骨吸収を伴う早期インプラント周囲炎などの炎症性問題が生じた場合、低侵襲的アプローチが適用可能である。中等度の粘膜炎に対しては、インプラント周囲メンテナンス時と同様の設定で、週2回のEr:YAGレーザーによる軽度の照射を反復することが推奨される。

肉芽組織が大量に存在する場合は、ポケット内側のマイクロアブレーションにより事前に除去する。Er:YAGレーザーの設定は以下の通り: 100~200 mJ、20 Hz、50% 水冷。この初回マイクロ外科的処置後、問題が解消するまで週2回の集中的なインプラント周囲維持管理プロトコル (中等度粘膜炎と同様) を実施する。

いずれの場合も、患者には抗菌プロトコルを補助するため、赤色複合体細菌を回避する目的で、数週間にわたり1日1回クルクミン精油を塗布するよう指導する。解剖学的要因 (歯肉の緊張や厚み) が存在する場合は、結果の安定性を高めるためにこれを修正する必要がある。¹⁴

外科的アプローチ

進行した病変の場合、予後を評価し、保存的治療法のリスクとベネフィットの比率を考慮しなければならない。進行したインプラント周囲病変は常に問題であり、長期予後が不良で、保存的治療法が困難な症例では維持が極めて難しい。審美面および維持管理の困難さに関する結果について患者に説明しなければならない。

インプラント表面および周囲の骨病変を視認下で深く洗浄するには外科的アプローチが必要である。骨およびインプラント表面から肉芽組織を全て除去する。推奨設定は、焦点距離10mmのデフォーカスモードで、300mJ、20Hz、70%水冷である。

インプラント表面には歯石や異物 (セメント) が付着していることが多く、Er:YAGレーザーの微小切除効果により損傷なく容易に除去できる。骨梁内部に至る骨病変も、光音響効果により深く洗浄される。我々の知る限り、これほど深くかつ完全に安全に病変を洗浄できる優れた器具は他に存在しない。

拡大鏡下で全層フラップを挙上した後、介入を行う。病変部の骨充填後にフラップを閉鎖するため、部分層剝離により組織張力を除去する。術後には厳格なインプラント周囲維持管理プロトコルを実施し、早期発症インプラント周囲炎の症例で言及したようにレーザー補助療法を併用する。

結論

前述の通り、Er:YAGレーザーは従来の器具と比較して独自の臨床効果を発揮する。その抗菌特性により、インプラント周囲のバイオフィルム形成抑制に有用である。インプラント周囲を遠隔操作することで到達困難な部位にも作用可能。インプラント表面及び周囲組織を深く洗浄し、肉芽組織を選択的に除去する。

Er:YAGレーザーは、インプラント周囲に破片を残さないクリーンなツールである。さらに、適切な設定を使用すれば安全なツールであり、熱的影響なしに効率的に作業が可能である。外科的アプローチと非外科的アプローチの両方において、顕微外科ツールとして有用である。さらに、生体均衡を維持しインプラント周囲組織の健全性を保つという包括的な概念に基づき、インプラント周囲へのレーザー照射を非常に穏やかに繰り返し行うことで、予防的ツールとしての役割も果たします。

Er:YAGレーザーは、インプラント周囲炎治療におけるその有効性を検証し、我々が推奨するプロトコルと設定を確認するため、多施設共同二重盲検対照試験の対象となるに値する。この増大する問題に対する治療戦略において、本レーザーは重要なツールとなるべきである。

contact

Dr Fabrice Baudot

65 impasse des 3 points
34980 Saint-Gély-du-Fesc, France
Tel.: +33 4 99060060
dr.baudot34@orange.fr
www.dr-baudot-fabrice-chirurgiens-dentistes.fr

Author details



Literature



Kurz & bündig

Mit der zunehmenden Beliebtheit von Zahnimplantatbehandlungen ist die Prävalenz von Periimplantitis weltweit weiter angestiegen. Im Jahr 2008 bekannten Esposito et al., dass „ein optimales Behandlungsprotokoll mit geeigneten Instrumenten noch nicht etabliert wurde.“¹ Diese Beobachtung spiegelt die aktuelle globale Meinung wider, dass Periimplantitis immer noch ein großes Problem ist, mit dem die zahnärztliche Gemeinschaft jetzt und noch mehr in der Zukunft umgehen muss. In Anlehnung an die biologischen Aspekte der Periimplantitis hebt der Autor im Artikel hervor, warum die mikroablativen und photoakustischen Effekte des Er:YAG-Lasers eine große Hilfe bei der Behandlung dieser Krankheit sein können.

Der Er:YAG-Laser erzeugt einige klinische Effekte, die im Vergleich zu herkömmlichen Geräten einzigartig sind. Aufgrund seiner antibakteriellen Eigenschaften könnte er bei der Kontrolle der Biofilmentwicklung um Implantate von Interesse sein. Mittels Laser ist es dem Behandler möglich, unzugängliche Bereiche zu erreichen, Implantatoberflächen und das umgebende Gewebe sehr tief zu reinigen und selektiv Granulationsgewebe zu entfernen ohne Rückstände zu hinterlassen. Als mikrochirurgisches Werkzeug eignet er sich sowohl für chirurgische als auch für nichtchirurgische Verfahren.

Nach Meinung des Autors sollte der Er:YAG-Laser verstärkt Gegenstand von multizentrischen, doppelblinden und kontrollierten Studien werden, um seine Wirksamkeit bei der Periimplantitisbehandlung zu validieren. Er sollte ein Schlüsselinstrument in der therapeutischen Strategie für das wachsende Problem „Periimplantitis“ werden.