

Erbium YAG Laser を用いた 保険診療を行うにあたって

大阪府開業 医療法人成仁会 理事長 山本 敦彦

はじめに

平成30年4月の保険改正で「口腔粘膜処置」および「各種外科手術に関するレーザー機器加算」において、従来から記載されている「う蝕歯無痛の高洞形成加算」「手術時歯根面レーザー応用加算」に加えレーザーの応用の保険記載が拡大された。これは長年レーザー歯科治療を行っている歯科医師にとって大変喜ばしいことである。しかし、これは正しいレーザー応用の知識と技術を使う側の歯科医師が理解し、身に付ける必要があることをも意味する。

前号掲載の篠木毅先生の文章より引

き継いだこの稿では「保険記載項目における Erbium YAG Laser」を臨床において安全で有効に使いこなすために必要な事柄について書き示す。

Erbium YAG Laserを使い こなすために必要な基礎知識

まず最初に、各種レーザーには固有の波長があり、その波長エネルギーがいずれかに吸収される「波長吸収特性」があることを理解する必要がある。

図1に示すのは、水に対する吸収特性である。Erbium YAG Laserは、現在認可を受け市販されている歯科用

レーザーの中で、最も水に対する吸収特性が高く（CO₂ Laserの約10倍、Nd YAG Laserや半導体レーザーの数千倍から数万倍の差）、水に特異的に吸収する特性があるレーザーであるということがわかる。ではなぜErbium YAG Laserが歯を蒸散（削る）したり、軟組織を蒸散（切除）したりできるのかを以下に説明する。

Erbium YAG Laser のエネルギーが水に吸収されると、水成分は瞬時に蒸散（液体から気化）される。その際における体積膨張は約1000倍といわれており、その物理的变化は「Water Micro Explosion」と呼ばれている。

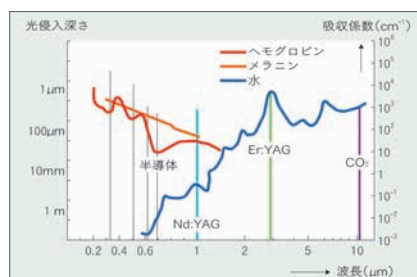


図1 各種レーザーにおける水、ヘモグロビン、メラニンに対する吸収係数を表した。Erbium YAG Laserは他の波長のレーザーに比べて特異的に水に対して吸収特性が高い。



図2 感熱紙による練習。感熱紙表面が薄く黒く変色する程度にチップ先を2cmほど離し、直径5mmほどの円を描くように動かしながら照射する。



図3 術前。



図4 術中。



図5 コツとしては全体の表面が真っ白になりすぎないようにすることである。



図6 処置後4日後。完全に口内炎は治癒している。

例えば水を入れたヤカンをガスコンロの火の上に乗せたとしよう。ガスの炎のエネルギーが水に吸収されていき、地上1気圧においては100℃で沸騰する。その時ヤカンの蓋がカタカタ持ち上がる。それが水が液体から気体になる時に起こる体積膨張である。

Erbium YAG Laserのエネルギーが水に吸収される際に、この現象は瞬時に起こり水の分子を超音速のスピードで膨張させ、その物理的な作用を用いることによって弱熱的な蒸散が行われるわけである。

・保険収載されているレーザー応用を行うためのコツ

この項においては、Erbium YAG Laser「Erwin Adverl EVO (モリタ製作所)」を用いた際の各種応用について詳しく説明する。

(1) 『口腔粘膜処置』に関する応用

口腔粘膜処置において、Erbium YAG Laserの応用は口内炎への応用である。

使用チップ：C800F

出力：30mJ 25PPS Water無し、Air無し

他の応用に比べて特徴的なことは、Erbium YAG Laserの他の歯科応用には水を噴霧しながら使用することが基本なのに対して、口内炎の処置は水を噴霧せず応用する。

最も大切なことは口内炎を起こしている組織表面にタンパク変性膜を形成することであり、過剰な照射は口内炎を治すどころか熱症を起こしてしまうことになる(他波長のレーザーで口内炎治療を行う際でも同じことが言える)。

・Erbium YAG Laserを口内炎の表層凝固処置に応用する際の特徴

- ① 従来法に比べて即効性がある。
- ② 術後に貼薬材などを併用する必要がない場合が多い。
- ③ 他波長のレーザーに比べて変成層の形成のコントロールが容易である。

チップには主にC800Fを用いる。C800Fは単位面積あたりのパワーが他の細径のチップに対して低いため、表面凝固を目的とする口内炎への応用には最適である。

表面タンパク凝固は例えるならば、温めた豆乳の上に行える湯葉のような

もので焦げていないことが大切で、練習法としては図2のように感熱紙(熱が加わった部分が黒く変色するタイプの)のFAX用紙を用意し、感熱紙表面が薄く黒く変色する程度にチップ先を2cmほど離し、直径5mmほどの円を描くように動かしながら照射する。その際、白い煙が出ないようにコントロールする。

図3~6にErbium YAG Laserを口内炎の表層凝固処置の臨床応用を示す。

(2) 『各種外科手術に関するレーザー機器加算』に関する応用

今回の保険改正で収載された各種外科手術に関するレーザー機器加算にはその応用範囲によりレーザー機器加算1(50点)、2(100点)、3(200点)の3種類があるが、実質我々開業医が応用できるのはレーザー機器加算1(50点)、2(100点)であると筆者は考えている。

本項では、そのなかでレーザー機器加算1(50点)に相当する小帯切除術について解説する。

・Erbium YAG Laserを小帯切除に応用する際の特徴

- ① 麻酔の必要性が少ない



図7 S600TおよびPS600TSの形態と照射パターン。

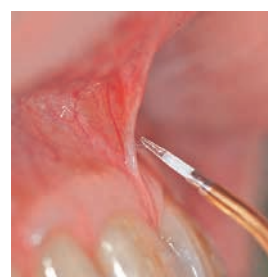


図8 小帯をピンと張り、チップ先を軽く触れる程度の接触で蒸散切除を行う。



図9 術前。

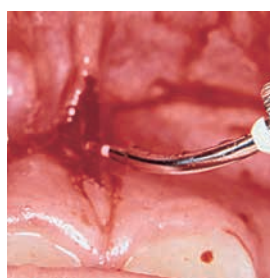


図10 Erbium YAG Laserは注水しながら蒸散することによって他の波長のレーザーのように積極的に熱止血はしないが、その分、熱的治癒の阻害も少ない。



図11 術後翌日、蒸散面は蛋白変性層があるので後戻りは起こりにくい。



図12 レーザーハンドピースの正しい保持方法(a)と間違った保持方法(b)。チップ先を安定かつ自由に動かすためにもっとも大切なことは保持の仕方であり、人差し指と親指で軽く持ち、それに中指を添えるようにすれば、指先の動かしだけで繊細にチップをコントロールできる。



Clinical Report

従来のメスや鋏で行う場合、麻酔は必須であるが、Erbium YAG Laserではほとんどの場合麻酔は不要である。

② 熱的影響が少ない

Erbium YAG Laserにおいても数μmのタンパク変成層が生じるので切除面の後戻りなどが起こりにくい(熱的変成を受けた組織同士はつかないため)

③ オペ後の麻酔による咬傷などの回避

麻酔を行う必要が少ないので術後の麻酔による咬傷などの発生を予防することができる。

使用チップ：S600TまたはPS600TS (図7)

出力：30～50mJ、25pps、注水あり (注水量は約5cc/秒)

図8～11にErbium YAG Laserによる小帯切除術の臨床応用を示す。口唇をガーゼなどでつまみ小帯をピンと張り、歯に近い部分からチップ先を触れる程度の接触で切っていく(図8)。

蒸散後は、Erbium YAG Laserには積極的な止血能力はないので通法に則りガーゼなどで圧迫止血を行う。

以上、本年4月から掲載された項目

について解説したが、従来から記載されている項目について解説する。

(3) 『う蝕歯無痛的高洞形成加算』に関する応用

① 出力の調整によりう蝕歯質の選択的除去が可能である。

② 照射方法によりう蝕を無痛的に蒸散することができる。

③ 蒸散面は滅菌やLPSの無毒化が図られている可能性がある(このことは従来のタービンなどによる除去では成し得ない最大のメリットと考えられる)。

使用チップ：C400F、C600F、C800F、CS600F

出力：30～100mJ (使用するチップによって出力を選択)、注水あり

動かし方：NCOIT (Near Contact oblique Irradiation Technique) ニアークンタクト斜め照射法にて象牙細管に対して垂直にならないように斜めに照射する。

・う蝕歯無痛蒸散の練習法

一見簡単のように見えるが、その方法を習得するにはレーザーハンドピースの保持方法やチップ先の動かし方、

照射角度など基本的かつ重要な作法を学び、それを実行する必要がある。

図12に正しい保持方法(a)と間違った保持方法(b)を示す。ここで大切なことは、必要以上に力を入れないペングリップが基本であり、さらにチップ先を安定させるために中指か薬指でフィンガーレストをすることがもっとも大切で、そこがフリーハンドが基本である他のレーザーと大きく異なる(図13)。

Erbium YAG Laserの照射の精度はチップ先の動かし方にあり、剣道や空手に“構え”の姿勢があるように、照射前には歯面から0.5～1mm離してチップ先を45～70°に傾けることが習得のコツである。

練習法として、筆者らは“卵練習法”を推奨している。用意するものは赤玉の生卵で、図14aは歯面にたとえた卵面とレーザーチップの角度、蒸散しようとする卵の断面図である。

レーザーハンドピースを保持しフィンガーレストを卵面にあて卵殻だけを蒸散し、その直下にある卵殻膜を蒸散して破らないようにチップを進めてい



図13 Erbium YAG Laserの照射においてはフィンガーレスト(矢印)が必須であり、他のレーザーのようにフリーハンドで照射するのと大きく異なる。



図14b 卵実習をする際、「卵に地図などを作る」というふうな目的を作って取り組むと、それができたときには、チップさばきの達人になることができる。

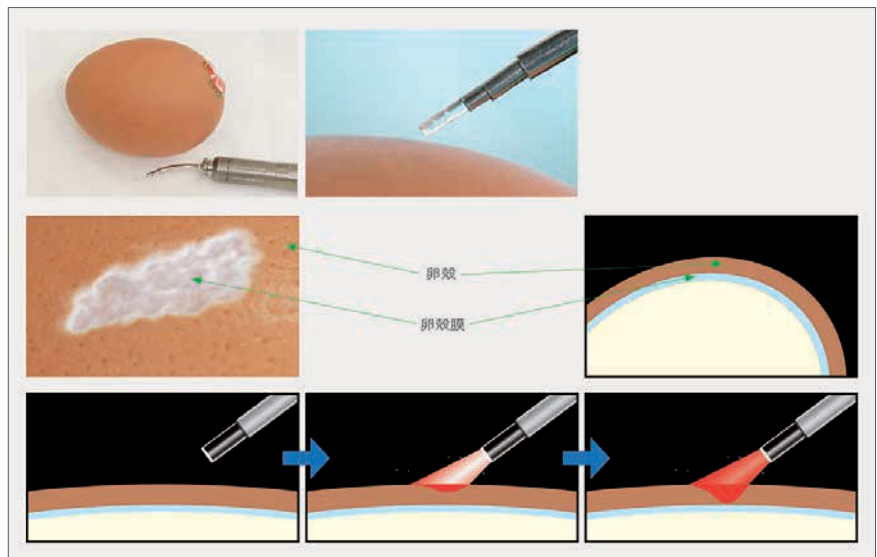


図14a “卵練習法”は、チップのコントロール法の習得はもちろん、卵殻膜を破った時に発生する音の変化、手に伝わる振動から、チップの角度や距離を変えることで正しい照射に戻す練習になり、痛みのコントロール法を腕に覚えさせることができる。

く。このとき、卵殻だけをうまく蒸散できている間は「パンパンパン」というマイクロエクスプロージョンの音だけがし、保持している手には振動などは伝わってこない。しかし、卵殻膜まで蒸散してしまうと卵を保持している手に瞬時に振動が伝わり、音も「ボンボンパン」と変化する。これは閉鎖された卵のなかの空間に水爆発エネルギーが伝わることで起こるもので、このような場合は実際に患者に痛みを与えていると考えられる。この音と振動が正しい状態に戻るにはチップ先の傾きや距離をどのようにすればよいのか、自分の触覚・視覚・聴覚を用いて頭だけでなく指先に覚えさせることが大切であり、図14bのように、卵に地図などを蒸散してみるとチップ先の動かし方がより身につく。

・う蝕歯無痛蒸散におけるチップの選択と照射のコツ

図15は、太さの異なるチップに同じエネルギーを入れた時の象牙質の蒸散状態を観察したものである。細いチップはチップ先の面積が小さく、太い

チップは面積が大きいいため、すなわち同じエネルギーを入れた場合、単位面積あたりのエネルギーが異なる(太:小、細:大)。蒸散された欠損部の形態は、細いチップは狭くシャープに深く、太いチップは広く浅い蒸散像になる。つまり、単位面積あたりのエネルギーが大きくなる細いチップは深くシャープに蒸散できるが痛みが出やすく、単位面積あたりのエネルギーが小さくなる太いチップは浅くワイドにしか蒸散できないが痛みは出にくいといえる。それらを理解することによって、どのような状態においてどの太さのチップを選択すべきかがわかる。

図16はう蝕歯無痛蒸散法の際のチップの動かし方である。コツは、視点の焦点はチップ先ではなく、マイクロエクスプロージョンが起こっているチップ先から0.5~1mm先をピンポイントで注視することである。それにより、蒸散深さなどが把握でき、チップを動かすスピードや角度、距離をコントロールする情報を視覚から得られるようになる。

そのためには拡大鏡やマイクロスコープが必要なのである。この感覚を身につけることで、Erbium YAG Laserによるう蝕歯無痛蒸散法を極めることができるのである。

(4)「手術時歯根面レーザー応用加算」に関する応用

Erbium YAG Laserを根面のデブライドメントに用いた場合の特徴

- ① デブライド面にスメア層ができない。
- ② デブライド面が滅菌できている可能性がある。
- ③ デブライド面のLPSが不活化している可能性がある。
- ④ 一過性の菌血症を起こしにくい。
- ⑤ 健全セメント質の温存できる可能性がある。

使用チップ：PS600TS、PSM600T
出力：50mJ、注水あり

動かし方：PSシリーズのチップのテーパー部を根面に平行に擦るように接触。側方へ動かし幅は約5mm(チップ先端を歯石にコツコツ突くようなことはしない)。

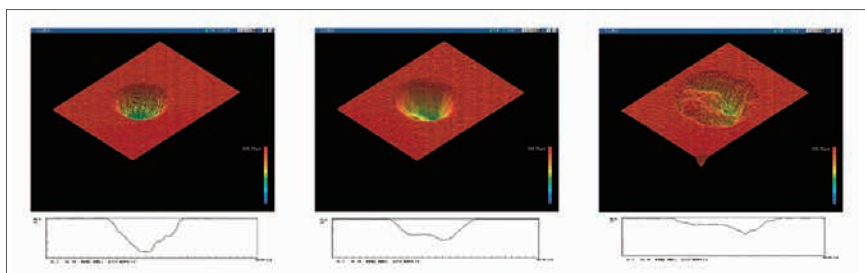


図15 レーザー顕微鏡で撮影したチップ太さの違いによる蒸散像の違い。同じエネルギーを入れた場合、チップの太さが大きくなるにつれてチップ先端の面積が大きくなり、単位面積あたりのエネルギー量が変化し、その結果、照射跡が変化する。

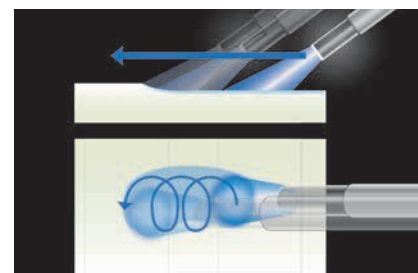


図16 蒸散量を確認しながら、チップを微振動させ前進することがコツ。その動きは肉眼でほとんど動いていないような微振動で、決して大きく円を描くような動きではない。



図17 PS600TS、PSM600Tは歯周治療処置に特化した特殊な形状をしている。

Clinical Report

・チップの選択と照射方法

根面のデブライドメントには、PS600TもしくはPSM600Tを用いる。このチップは図17に示すように先端径形状がフラットの直径600 μ mのチップに11°の角度をつけて削合形成されたもので、実際にレーザーが出ている先端の直径は400 μ mである。11°は、基礎照射実験からこの角度でセメント質に照射すると、約15~20 μ mの深さで蒸散されるというデータに基づいている。

セメント質の厚さは歯頸部から歯根部にかけ図18に示すような値であり、このことからErbium YAG Laserで根面のデブライドメントをすれば、セメント質を除去しすぎて象牙質を露出することが少なく(ハンドスケーリングのようにオーバーインスツルメーションすることなく)、図19のように先端のテーパ部分を根面に平行にすりあわせて照射することによって、歯石の蒸散とともにセメント質の一層除去が可能になる。換言すれば、健全セメント質を一層残した状態で根面をデブライ

ドメントできることにより、新付着の可能性の向上が期待できると考える。

図20~図23にErbium YAG Laserを根面のデブライドメント法を用いた症例を示す。

おわりに

本稿はErbium YAG Laserの歯科応用のBasicな部分である。

歯周再生治療やインプラント周囲炎の応用を確実にを行うには、レーザーの正しい知識や技術を身につけた後にBasicなことからAdvanceなことへと着実にステップを上げてゆくという真摯な気持ちが大切である。

そのために日本レーザー歯学会のような専門分科会レベルのハイレベルな学会に積極的に所属し、安全講習会の受講や、学会が認定した専門医、指導医の行う講習会で正しい知識や技術を身につけた上で臨床応用を着実に行うことが大切であると提唱して稿を終えることにする。

参考文献

- 1) Aoki A, Ando Y, Watanabe H, Ishikawa I. In vitro studies on laser scaling of subgingival calculus with an erbium:YAG laser. J Periodontol 65(12): 1097-1106, 1994.
- 2) Folwaczny M, Thiele L, Mehl A, Hickel R. The effect of working tip angulation on root substance removal using Er:YAG laser radiation: an in vitro study. J Clin Periodontol 28(3): 220-226, 2001.
- 3) Eberhard J, Ehlers H, Falk W, Acil Y, Albers HK, Jepsen S. Efficacy of subgingival calculus removal with Er:YAG laser compared to mechanical debridement: an in situ study. J Clin Periodontol 3(06): 511-518, 2003.
- 4) Ando Y, Aoki A, Watanabe H, Ishikawa I. Bactericidal effect of erbium YAG laser on periodontopathic bacteria. Lasers Surg Med 1(9 2): 190-200, 1996.
- 5) Yamaguchi H, Kobayashi K, Osada R, Sakuraba E, Nomura T, Arai T, Nakamura J. Effects of irradiation of an erbium:YAG laser on root surfaces. J Periodontol 6(8 12): 1151-1155, 1997.
- 6) 杉 大介, 福田光男, 箕浦伸吾, 山田泰生, 多湖 準, 三輪 晃寛, 野口 隆, 中島一総, 祖父江尊範, 野口俊英. Er:YAG レーザー照射による歯石除去後のセメント質内エンドキシン量および表面硬度に関する研究. 日歯保存誌 41(6): 1009-1017, 1998.
- 7) Aoki A, Miura M, Akiyama F, Nakagawa N, Tanaka J, Oda S, Watanabe H, Ishikawa I. In vitro evaluation of Er:YAG laser scaling of subgingival calculus in comparison with ultrasonic scaling. J Periodont Res 3(5 5): 266-277, 2000.
- 8) Akiyama F, Aoki A, Miura-Uchiyama M, Sasaki KM, Ichinose S, Umeda M, Ishikawa I, Izumi Y. In vitro studies on the ablation mechanism of periodontopathic bacteria and decontamination effect on periodontally-diseased root surfaces by Er:YAG laser. Lasers Med Sci 25: 2010.
- 9) Schwarz F, Aoki A, Sculean A, Georg T, Scherbaum W, Becker J. In vivo effects of an Er:YAG laser, an ultrasonic system and scaling and root planing on the biocompatibility of periodontally diseased root surfaces in cultures of human PDL fibroblasts. Lasers Surg Med 33(2): 140-147, 2003.
- 10) Feist IS, De Micheli G, Carneiro SR, Eduardo CP, Miyagi S, Marques MM. Adhesion and growth of cultured human gingival fibroblasts on periodontally involved root surfaces treated by Er:YAG laser. J Periodontol 74(9): 1368-1375, 2003.

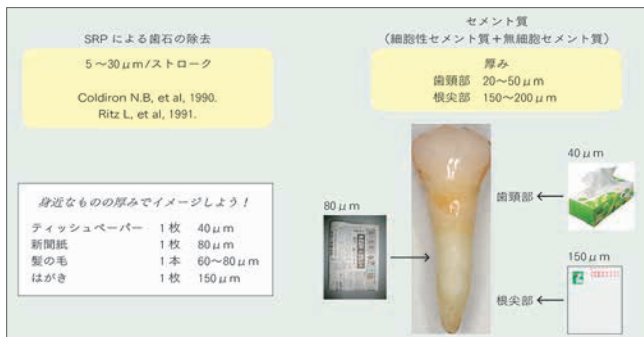


図18 歯のセメント質の厚さの平均とハンドスケーリングでの削除量。

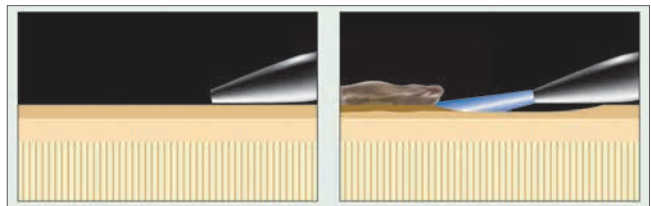


図19 PS600TS、PSM600Tの先端の構造は根面のデブライドメントに最適になるように設計されており、先端のカット部を根面に平行に合わせることで理想的な深さで蒸散することが容易になる。



図20 PS600TSを用いて歯周外科を行う場合、炎症性肉芽の除去からチップを用いて蒸散除去していく。
 図21 PS600TSを用いて根面デブライドメントを行うことことで、デブライド面にスマア層ができないというメリットもある。
 図22 Erbium YAG LaserのWater Micro Explosionを用いたデブライドメントを行うと、本来なら出血で目視できないような部分の除去も目視下で行えるので炎症起因物質の取り残しが防げる。

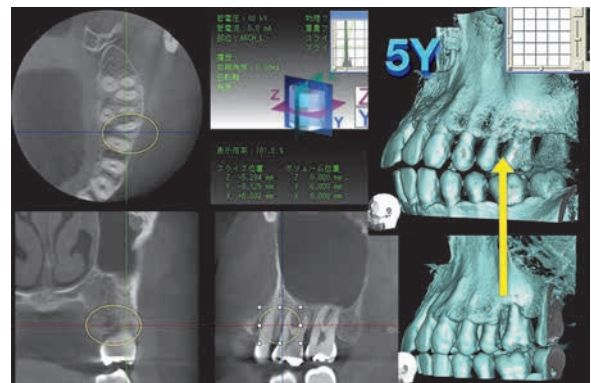


図23 Erbium YAG Laserを用いた歯周外科の処置後5年の状態。処置部は安定している。