

歯科用レーザーを安全に使用するための指針

吉田 憲 司¹⁾ 嶋 倉 道 郎²⁾ 安 孫 子 宜 光²⁾
 大 槻 昌 幸²⁾ 木 村 裕 一²⁾ 田 中 秀 生²⁾
 都 賀 谷 紀 宏²⁾ 永 井 茂 之²⁾

¹⁾ 日本レーザー歯学会理事長

²⁾ 日本レーザー歯学会学術委員会 (委員長: 嶋倉道郎理事)

(作成: 2012年10月)

1. はじめに

近年歯科領域においてレーザーを応用した治療が急速に普及しつつある。平成20年度からは、Er:YAGレーザーを使用した窩洞形成が保険診療に導入され、平成22年度からは、歯周外科処置に伴うEr:YAGレーザーを用いた歯石除去も保険診療に導入されたことにより、この傾向は益々強まっている。しかしながら、レーザー機器の不適切な使用による医療事故の発生が報告されており、このまま放置すると、レーザー歯科治療は危険なものであるといった誤った考えが広がる恐れがある。日本レーザー歯学会では毎年、の学術大会開催時に認定医講習会を行って、主にレーザーを安全に使用するための注意を促している。ただこの認定医講習会は学会参加者が対象であり、既に歯科医院の3~4施設に1台の割合で普及していると言われるレーザー機器の台数から考えると、レーザー使用者のごく一部しか受講していないことになる。そこで歯科用レーザーによる医療事故を根絶して、更なる普及を推進するためには、レーザー機器を安全に使用するための指針が不可欠であると考えて作成することにした。

この指針は歯科治療の中でレーザーを使用する場合、医療事故を起こさないためにはどんなことに注意しなければならないかを目的としたものである。したがって一般的なレーザー機種使用にあたって注意しなければならない点のみを解説した。個々の症例や術式における細かなテクニックなどについては、今後順次ガイドラインを作成していく予定である。

レーザーを使用する歯科医がこの指針に目を通し、正しい使用法を熟知することにより、医療事故が起きないようになることを期待したい。

2. レーザー安全についての考え方

1) レーザーが生体に及ぼす作用

レーザーを生体に照射した場合、生体に及ぼす作用には

大きく分けて熱的作用と非熱的作用(光化学作用)があり、非熱的作用は細かく見るとさらに光刺激作用、光化学作用、光解離作用、光衝撃波作用に分類される。どのような作用を及ぼすかは主に照射されるレーザーのエネルギーや波長の違いによるが、一つのレーザーが単一の作用だけを現すわけではない。

CO₂レーザー、Er:YAGレーザー、Nd:YAGレーザーなどの波長が赤外線領域のレーザーは生体に対し熱的作用を及ぼし、急激に照射部位の温度を上昇させることによって、組織を蒸散させたり、凝固させたりといった効果を現す。ただ光の水への吸収係数は波長によって大きく異なる。生体の主な構成成分は水であるから、組織表面から内部への到達深度もレーザーの種類によって差があり、作用も異なってくるため、対象とする組織や処置内容によって使い分けられる。

一方波長が紫外線領域であるエキシマレーザーは、生体に対して非熱的作用(光化学作用)を及ぼすことから、疼痛緩和などに応用されているがその作用機序については詳細は不明である。可視光線領域のHe-Neレーザー、半導体レーザーなどは両方の作用を及ぼし、疼痛緩和やPDT療法(Photo Dynamic Therapy)などに応用されているが、半導体レーザーは大出力が可能のため、組織の切開や凝固などにも応用されている。

歯科治療で対象とすることが多い歯に対して作用するレーザーとしては、代表的なものとしてEr:YAGレーザーとCO₂レーザーが挙げられる。これはエナメル質や象牙質を構成するハイドロキシアパタイトの光吸収特性を見ると、吸収ピークが波長3μm前後と10μm前後にあることから、この波長に近いEr:YAGレーザー(2.94μm)とCO₂レーザー(10.6μm)が歯質に作用しやすいためである。しかしながら、厳密に見るとEr:YAGレーザーとCO₂レーザーでは歯質に対する作用機序は異なり、Er:YAGレーザーでは熱作用による水の蒸散とパルス波による光衝撃波作用により、アパタイトの結合が崩壊する

表 1 JIS によるレーザーのクラス分け

クラス	区分の概要	使用例
クラス 1	通常の条件下で安全なレーザーで、顕微鏡やルーペなどでビーム内観察をしても安全	光学式マウス
クラス 1M	波長 302.5 ~ 4000nm のレーザーで、通常の条件下で安全なレーザーであるが、顕微鏡やルーペなどによるビーム内観察は危険	
クラス 2	波長 400 ~ 700nm の可視光レーザーで、まばたき反応で目を保護できる	レーザーポインター
クラス 2M	波長 400 ~ 700nm の可視光レーザーで、まばたき反応で目を保護できるレーザーであるが、顕微鏡やルーペなどによるビーム内観察は危険	
クラス 3R	302.5 ~ 10 ⁶ nm の波長範囲のレーザーで、直接ビームを見ると危険を伴う	建築用測量機器
クラス 3B	直接ビームを見ることが通常危険となるレーザーであるが、拡散反射光の観察は通常安全	書き込み可能な CD, DVD ドライブ
クラス 4	危険な拡散反射光を発生するレーザーで、皮膚障害や火災発生の危険がある	レーザー加工機 レーザー治療装置

ことで、結果として歯質が削除される。一方CO₂レーザーでは同じ熱作用でもアパタイト自身がレーザー光を吸収し、急激に発熱して蒸散することによって歯質が削除される。

生体にレーザーを照射する場合に注意しなければならないのは、皮膚に対する影響と目に対する影響である。特に目に対しては、可視光線から近赤外線領域に相当する0.4 ~ 1.4 μ mの波長の光は網膜にまで到達する。ただでさえ指向性が強いレーザー光が、水晶体で集光されて網膜に焦点を結ぶわけであるから、エネルギー密度の非常に高い光となって網膜を破壊し、場合によっては失明に至る。これ以外の波長の光は網膜までは到達しないが、角膜や水晶体などに障害を起こす可能性がある。2005年の国際レーザー安全会議で報告された統計によっても、目に対する事故が圧倒的多数を占めている。したがって術者、介補者および患者は防護めがねを着用することが必須である。ここで注意しなければならないのは、防護めがねならばどれでもよいわけではなく、レーザーの防護めがねは特定の波長の光だけを遮断するようになってきている。したがって使用するレーザーの波長に合わせた防護めがねを着用しなければ効果はない。

一方皮膚に対しては、レーザーが集光されてエネルギーが高くなるということはない。したがって眼に対する安全基準と皮膚に対する安全基準とは別に定められているが、一般的には眼に対する安全が確保されれば、皮膚に対しても安全と考えることができる。しかしながらレーザー安全については、直射光だけでなく反射光や散乱光の影響も考慮する必要がある。したがってレーザー治療を行うにあたっては、術者、患者、介補者ともできるだけ皮膚は露出させないように、レーザーを透過させない材質の防護衣を着用することが望ましい。また使用する器具もできるだけ

レーザーを反射しないような材質のものを選択し、金属製の器具であれば、必要以外の部分は光が反射しないようコーティングするなどの工夫をする。

3. 歯科用レーザーの一般的注意事項

1) 安全基準

レーザー機器使用の安全基準については、日本工業規格のJISC6802によって規定されている。2005年1月に改定された規格によれば、レーザーは出力や波長などにより7つのクラスに分けられている(表1)。歯科で使用されているレーザーの多くは、その中でも最も危険度が高いクラス4に属する。またレーザー使用上の注意事項は労働安全衛生法によっても定められている(表2)。しかしJISC6802や労働安全衛生法は、工業界を含め一般的に使用されているレーザーを対象としたものであり、医療用レーザーは適用範囲外とされている。これは遵守する必要がないということではなく、医療用レーザーは工業用レーザーなどよりも高度な安全基準が求められるということを意味する。そもそも工業用レーザーの安全基準は、できるだけ人体にレーザーを照射しないという考え方に基づいている。一方医療用レーザーは、積極的に人体に照射することで治療効果を上げようというのであるから、相反するような考え方もいえる。しかしながら医療用レーザーの使用にあたっては、必要以外の部分にはできるだけレーザーを照射しないという点では一致する。したがってJISC6802と労働安全衛生法を遵守した上で、さらに厳格な安全管理を行う必要がある。医療用レーザー機器を使用する場合には、医師免許または歯科医師免許を持つ者が操作することが義務付けられており、それ以外の者が使用することは法律で禁止されている。

表2 労働安全衛生法においてクラス1, 2以外のレーザーを対象に定められているレーザー使用時の障害防止対策

障害防止対策内容	対象となるクラス
レーザー機器管理者の選任	クラス3R以上
レーザー管理区域を設け、管理区域表示および警告標識の掲示を行い、関係者以外は立入禁止とする	クラス3B以上
レーザーの種類に応じた保護めがねの着用	クラス3R以上
皮膚の露出が少ない作業衣の着用	クラス3B以上
難燃性素材の衣服の着用	クラス4
始業点検, 一定期間ごとの点検・調整	クラス1M以上
労働者の雇い入れ時, 作業内容変更時, レーザー機器変更時の安全衛生教育	クラス1M以上
労働者の雇い入れ時, 配置換え時の視力検査および角膜・水晶体検査	クラス3R以上
労働者の雇い入れ時, 配置換え時の眼底検査	クラス4
レーザー管理区域内への爆発物, 引火性物質の持込禁止	クラス4
レーザー光路付近への爆発物, 引火性物質の持込禁止	クラス3B以上
レーザー光による障害が疑われる者には速やかに医師による診察・処置を実施する	クラス1M以上

2) レーザー機器管理者および使用者

労働安全衛生法では、クラス3R以上のレーザーを使用する場合には、レーザー機器管理者を置くことが定められている。レーザー機器管理者は装置の保管、管理について責任を持ち、キースイッチを保管、管理する。またレーザー機器管理者とレーザー機器使用者は、レーザー光の危険性について教育を受け、十分な知識を持っていなければならない。加えて歯科治療用レーザーは医療用レーザー機器に該当するので、医師免許または歯科医師免許を持っていることが必須条件である。

3) レーザー管理区域

クラス3B以上のレーザーを使用する際には、レーザー管理区域を設け、入口に管理区域の表示および警告標識の掲示を行うことが義務付けられている。歯科診療所におけるレーザー管理区域としては、レーザー治療専用の部屋を設けることが望ましいが、それが困難な場合には、パーティションやカーテン（材質はレーザーを透過させず、難燃製のもの）を設置して外部と遮断し、レーザー管理区域とする。

レーザー管理区域には消毒用エタノールなど引火・爆発の可能性のある揮発性薬品や物品を置かない。また電磁波の影響によりレーザー機器が誤動作を起こす可能性があるため、使用時には携帯電話、PHS、トランシーバーなどの電気機器類の電源は必ず切るように管理指導を徹底する。

4) 使用前の点検

ハンドピースを使用する前にアタッチメントおよびチップが滅菌済みであり、かつ折れ、ひび等がないことを確認する。

ハンドピース部のレンズ表面やチップ内部にゴミやほこりが付着していないことを確認する。

始業点検項目を確認し、電源ケーブルが正しく接続されていること、フットスイッチケーブルが正しく接続されていることを確かめる。

5) レーザー防護めがね

クラス3B以上のレーザーを使用する際には、レーザー管理区域内にいる者すべてが、レーザー防護めがねを着用しなければならない。レーザー防護めがねは対応する波長が決まっており、使用するレーザーに適合したものを着用しなければ効果は得られない。通常はレーザー機器を購入すると適合する防護めがねが付いてくるが、紛失や破損などにより別途購入しなければならない場合もあり、レーザーの使用者は防護めがねの特性について知っておく必要がある。

防護めがねを考える上で重要なのは最大許容露光量（Maximum Permissible Exposure : MPE）と光学濃度（Optical Density : OD）の2つである。MPEとは照射によって50%のヒトが障害を受けるレーザー強度の1/10の強度を表し、JISC6802では、レーザーの波長と露光時間に応じて、皮膚と目のそれぞれに対して数値が定められている。ただこの値も非常に限られたデータを基にして定められたものであり、この強度以下ならば絶対安全というわけではなく、露光量を管理する目安と考えるべきである。

ODはめがねに入る光をどの程度減衰できるかを表す時に用いる値であり、入射する光強度を I_0 、透過する光強度を I とすると、

$$OD = -\log (I/I_0)$$

と定義される。すなわち $OD = 3$ であればレーザー強度を $1/10^3$ に減衰させる防護めがねであるということの意味している。したがってレーザー防護めがねを選ぶに当たっては、まずそのレーザーに対する「目のMPE」を求め、

めがねを透過するレーザー強度がその MPE を超えないような OD のものを選択する。

6) 気腫の危険性

歯科用レーザーでは、使用時にチップ先端からレーザーと共に冷却用エアが放出されていることが多い。したがって出血部位に使用すると、このエアが血管内に入りガス塞栓症を惹き起こす可能性がある。また口腔領域での膿瘍切開などにレーザーを使用した後に、皮下気腫を生じた症例が少なからず報告され、中には縦隔にまで気腫が発生した例もあった。したがって口腔内においても体管や体腔内など内圧が高くなるような部位にレーザーを使用する場合には、十分注意しなければならない。

7) レーザー機器のメンテナンス

2007 年施行の改正医療法では、病院、診療所は医療機器安全管理責任者を配置し、すべての医療機器の保守点検を適切に行うことが義務付けられた。レーザー機器は直射日光、高温、多湿を避けた風通しの良い場所ではこりのない、清潔な場所に保管する。

レーザーは医療機器の中でも非常に精密な装置であり、共振器やマニピュレーターの関節部などにミラーやレンズなどのガラス製部品が多く使用されている。したがって衝撃には非常に弱いので、移動する際など振動を与えないよう注意しなければならない。また導光に光ファイバーが使用されるレーザーもあるが、これは無理に曲げると折れやすいので注意する。このファイバーやレンズなどが汚れたり曇ったりするとレーザーの出力低下につながる。また照射チップの汚れも出力の低下につながる。メーカー指示に従って定期的な清掃、点検が必要である。ただ非常に精密な機器であるので、素人では分からないところもあり、メーカーに点検してもらうことも必要である。

8) 禁忌症

組織透過型レーザー (Nd:YAG レーザー、半導体レー

ザーなど) を生体を使用する場合は、たとえ低出力であっても、以下のような患者や部位への照射は禁忌とされる。

- ・ 目、甲状腺部、性腺部への照射
- ・ 妊娠しているか、妊娠している可能性がある人
- ・ 悪性腫瘍がある人
- ・ 心臓疾患がある人 (特に心臓ペースメーカーを使用している人)
- ・ 出血要因の高い人
- ・ 新生児、乳幼児
- ・ 高齢者および体力が低下している人

これに対し、表面吸収型レーザー (Er:YAG レーザー、CO₂ レーザーなど) には、低出力で使用する場合明確な禁忌事項はないが、注意事項は機種によって異なるので、使用説明書を十分確認しておく必要がある。

参考文献

- 1) 石渡裕政：レーザー安全の考え方、歯科用レーザー機器カタログ集、日本レーザー歯学会監修、2002。
- 2) 加藤純二、他：そこが知りたい！歯科用レーザー 1, 2. 歯界展望, 102:27-52, 257-285, 2003.
- 3) Plccione PJ: Dental laser safety. Dent Clin North Am, 48:795-807, 2004.
- 4) 財団法人光産業技術振興協会編、レーザー安全ガイドブック、第4版、東京、2006、新技術コミュニケーションズ。
- 5) 石渡裕政：レーザーの生体作用とレーザーの安全性の考え方 —レーザー歯科の発展に向けて—。Er:YAG レーザー臨床研究会, 9:2006.
- 6) 石川 憲：レーザーブレイジング、レーザー学会編、レーザープロセッシング応用便覧、東京、524-531, 2006、エヌデータイー。
- 7) Parker S: Laser regulation and safety in general dental practice. Br Dent J, 202:523-532, 2007.
- 8) 熊崎 護：レーザー光の特性と作用の基礎、症例で見る歯科用レーザーの有効活用 日本歯科評論増刊:186-187, 2008.
- 9) 熊崎 護：レーザーの硬組織への作用機序、症例で見る歯科用レーザーの有効活用 日本歯科評論増刊:188-191, 2008.
- 10) 間 久直、粟津邦男：安全管理の基本—レーザー使用上の注意点・禁忌症について、症例でみる歯科用レーザーの有効活用、日本歯科評論増刊:205-209, 2008.
- 11) 間 久直、粟津邦男：安全に使用するためのレーザー機器のメンテナンス法、日レ歯誌, 19:30-33, 2008.
- 12) Sweeney C: Laser safety in dentistry. Gen Dent, 56:653-659, 2008.