Osaka University Knowledge Archive

Title	Qスイッチ Er:YAGレーザー照射が象牙質に与える影響
Author(s)	笠川, あや
Citation	大阪大学, 2020, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/76306
rights	© 2022 The Japanese Society for Dental Materials and Devices
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　笠川　あや　）	
論文題名	*Q*スイッチEr:YAGレーザー照射が象牙質に与える影響

【緒言】

歯科用レーザーであるEr:YAGレーザーは水に対して非常に強く吸収される2.94 μmの波長を有し，歯表面の水分を蒸散することで歯を切削する．Er:YAGレーザーによるう蝕治療では切削時の不快音および振動が小さい反面，切削効率が低く，熱影響によるレジン接着強度の低下が指摘されている．本研究ではマイクロ秒パルスレーザーである従来型Er:YAGレーザーに代わる新たなレーザーとして，パルス幅が短く，熱影響の軽減が期待できるナノ秒パルスレーザーである*Q*スイッチEr:YAGレーザーに着目した．*Q*スイッチEr:YAGレーザーを歯科分野に応用した報告は少ないため，*Q*スイッチEr:YAGレーザーの歯科分野での特性を検討し従来型Er:YAGレーザーとの比較を行った．

【方法と結果】

1：切削特性の評価

ウシ切歯より健全象牙質および脱灰象牙質を用意した．2種類のレーザー（*Q*スイッチEr:YAGレーザー，従来型Er:YAGレーザー）を用いた．照射条件は平均パワー密度60，100および140 W/cm^{2}とし，非注水，繰り返し周波数10 Hz，照射時間2秒で照射を行った．その後，照射痕表面の形態観察および切削体積測定を行った．脱灰象牙質に平均パワー密度60 W/cm^{2}で照射後の形態観察において，従来型Er:YAGレーザーでは象牙質の溶化と思われる像が観察されたのに対し，*Q*スイッチEr:YAGレーザーでは観察されなかった．切削体積測定では両装置ともほとんどの条件で脱灰象牙質は健全象牙質と比較し切削量が多く，*Q*スイッチEr:YAGレーザーは従来型Er:YAGレーザーより切削量が多いことが示された．さらに両装置を平均パワー密度20，40，60，80および100 W/cm^{2}で照射し，同様に切削体積を測定した．その結果，*Q*スイッチEr:YAGレーザーにおいて平均パワー密度80 W/cm^{2}以下照射では脱灰象牙質の切削量が健全象牙質と比較し大きかったのに対し，平均パワー密度100 W/cm^{2}照射では差を認めなかった．また，*Q*スイッチEr:YAGレーザー照射時の温度上昇を測定するため，1 mm厚の健全象牙質にレーザー照射し裏面の温度変化を測定・記録した．照射条件は*Q*スイッチEr:YAGレーザー，平均パワー密度60 W/cm^2，繰り返し周波数10 Hzを非注水下で照射した．照射時間は2秒および30秒とした．その結果，照射時間2秒および30秒ではそれぞれ約1.3℃および約11.3℃の温度上昇を認めた．

2：レーザー照射象牙質表面の評価

ウシ健全象牙質に対して2種類のレーザーを用いた．照射条件は，（1）*Q*スイッチEr:YAGレーザー，非注水，照射パルスエネルギー7.2 mJ（平均パワー密度20 W/cm^2：Q-20群），（2）*Q*スイッチEr:YAGレーザー，非注水，照射パルスエネルギー14.4 mJ（平均パワー密度40 W/cm^2：Q-40群），（3）*Q*スイッチEr:YAGレーザー，非注水，照射パルスエネルギー21.6 mJ（平均パワー密度60 W/cm^2：Q-60群），（4）従来型Er:YAGレーザー，注水（2 ml/min），照射パルスエネルギー100 mJ（従来群），（5）非照射群の5群とした．自動ステージを用いて各点の照射時間が1秒となる速さで走査し，10×10 mm^{2}の領域に繰り返し周波数10 Hzで照射を行った．単照射の時間は電気シャッターにより2秒に調節した．照射後の形態観察，表面粗さ測定，表面硬さ測定および元素分析を行った．Q-20群では象牙細管の開口を認め，Q-40群，Q-60群および従来群では象牙質表面の構造変化を認めた．また*Q*スイッ

チEr:YAGレーザーでは平均パワー密度の変化により表面粗さおよび表面硬さの変化を認めた．一方炭素，リンおよびカルシウムの存在比において*Q*スイッチEr:YAGレーザーは非照射群と比較し差を認めなかった．

3：レーザー照射象牙質へのレジン接着の評価

ウシ健全象牙質に対して2種類のレーザーを用いた．照射条件は2：レーザー照射象牙質表面の評価と同様にQ-20，Q-40，Q-60，従来および非照射群の5群とした．次いで，歯科用2ステップセルフエッチング型ボンディング材（クリアフィル®メガボンド®2，クラレノリタケデンタル）およびコンポジットレジン（クリアフィル®マジェスティ®ESフローLOW，クラレノリタケデンタル）を用いてレジン築盛を行った．作製した試料は24時間，37℃の水中に保存後，クロスヘッドスピード1.0 mm/minで微小引張接着試験を行い，接着強さの評価を行った．さらに破断面観察および接着面観察を行った．その結果，Q-60群では微小引張試験のための試料作製時に破断し，測定不可であった．さらに破断面の走査型電子顕微鏡像において，Q-60群は象牙質凝集破壊を示した．微小引張試験を行った残りの4群において，Q-20群は他群と比較し接着強さが高く有意な差を認めた．一方，Q-40群では非照射群と比較し接着強さが低かった．接着強さは高いものからQ-20群，非照射群，Q-40群，従来群の順番であった．破断様式は混合破壊が最多を占めた．接着面観察において従来群，Q-40群およびQ-60群では象牙質層に縦方向のクラックを認めた．非照射群とQ-20群ではクラックを認めなかった．

【考察】

本研究よりナノ秒パルスレーザーである*Q*スイッチEr:YAGレーザーは，従来のEr:YAGレーザーに比較して切削効率に優れ，熱影響が少なく，非注水下でのう蝕治療の可能性を示した． *Q*スイッチEr:YAGレーザー低パワー密度（20 W/cm^2）照射では，照射痕および接着面観察より象牙細管の開口以外の大きな変化を認めず，コンポジットレジン接着では微小引張強さの向上を認めた．照射面にスミヤー層が形成されないことが接着力向上の一助である可能性は高いが，まだ明らかでない表面性状の変化があると考えられる．一方，*Q*スイッチEr:YAGレーザーの平均パワー密度増加（40および60 W/cm^2）により象牙質表面にはクラックおよび構造変化が認められた．平均パワー密度60 W/cm^{2}照射では非照射群と比較し，表面粗さが高くおよび表面硬さが低いことが示された．さらに平均パワー密度60 W/cm^{2}照射後のコンポジットレジンとの接着は試料作製時に破断するほど脆弱であった．つまり平均パワー密度の増加によるレーザー照射象牙質表面のクラックの発生，構造変化および物性の低下がコンポジットレジン接着強度の低下を導くことが示唆された．しかし現時点ではパワー密度の増加に伴う象牙質表面へのクラックおよび物性の低下などの悪影響を緩和する方法がなく，今後の課題である．

【結論】

*Q*スイッチEr:YAGレーザーをウシ象牙質に照射し，その切削特性とコンポジットレジンの接着性を検討した．その結果，*Q*スイッチEr:YAGレーザーは，従来型Er:YAGレーザーと比較して切削効率に優れ，非注水下でのう蝕治療も可能となること，また平均パワー密度の違いにより，象牙質表面の構造および物性の変化を及ぼし，コンポジットレジン接着の強度に影響を与えることが示された．

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　笠川あや　）		
論文審査担当者	（職）	氏　名
	主 査　准教授	秋山　茂久
	副 査　教授	林　美加子
	副 査　教授	池邉　一典
	副 査　講師	大川　玲奈

論文審査の結果の要旨

本研究では，*Q* スイッチ Er:YAG レーザーをウシ象牙質に照射し，その切削特性とコンポジットレジンの接着性を検討した．

その結果，*Q* スイッチ Er:YAG レーザーは，従来型 Er:YAG レーザーと比較して切削効率に優れ，非注水下でのう蝕治療も可能となること，また平均パワー密度の違いにより，象牙質表面の構造および物性の変化をもたらし，コンポジットレジン接着の強度に影響を与えることを明確にした．

本研究は，*Q* スイッチ Er:YAG レーザーの歯科分野での特性を明らかにしたものであり，その臨床的意義は大きいと考える．よって，本論文は，博士（歯学）の学位論文として価値のあるものと認める．