

平成 22 年 5 月 29 日現在

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2008 ～ 2010

課題番号：20791405

研究課題名（和文） アパタイトとレーザー照射を併用した歯質強化方法の開発

研究課題名（英文） A contrivance of the tooth treatment by laser irradiation with application of apatite

研究代表者

山田 三良 (YAMADA MITSUYOSHI)

愛知学院大学・歯学部・講師

研究者番号：20350936

研究成果の概要（和文）：各種アパタイトとレーザー照射を併用してより強固で化学的に安定した歯質強化層の広範囲な獲得を目標に研究を行った。その結果、ナノサイズの粒径をもつアパタイトを塗布した後にレーザーを照射することで、象牙質表面ならびに象牙細管内にアパタイトを比較的強固かつ広範囲に熔着することが出来ることを確認し、レーザー照射のみの試料と比較して結晶性の向上が認められた。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to investigate the effect of laser irradiation with nano-particle hydroxyapatite (N-Hap) crystal on tooth surface. The results of the present study suggests that laser irradiation with application of N-Hap crystal occludes dentin surface with N-Hap which is converted from the crystal, and increases the crystallinities of lased dentin surface.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2009 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,700,000	810,000	3,510,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・保存治療系歯学

キーワード：レーザー、歯質強化、アパタイト

1. 研究開始当初の背景

歯科治療の技術、材料の進歩により、抜去される歯は確実に減少し、より多くの歯が長期間口腔内に存在できるようになった。これは国民の QOL の向上に強く貢献しているものであるが、一方では高齢化社会をむかえ、歯肉退縮後に発生する歯根面のう蝕や知覚過敏症に対する処置が、その困難さもあり問

題視されている。現在はこの露出根面に対してプラークコントロールやフッ素の塗布を行い、歯質の強化しう蝕、知覚過敏の予防を行っているが、十分な結果は得られておらず、歯根面のう蝕は増加傾向にある。

2. 研究の目的

報告者はすでにレーザー照射を行うことで

歯質に耐酸性が得られるなどの、歯質強化に関する有益な結果を得ている。さらに一定条件下でアパタイトのペーストを象牙質に塗布後もしくはアパタイトの粉末を噴射させた後にレーザーを照射することで、象牙質表面ならびに象牙細管内にアパタイトを熔着することが出来ることを確認している。しかし、この方法および使用したアパタイトでは熔着する範囲が限局されており、またその強度も比較的弱い。そこで本研究では、生体硬組織に類似した組成の種々のリン酸カルシウム塩（アパタイト）の塗布もしくは噴射と併せてレーザー照射を行うことで象牙質およびアパタイトの転化反応を利用し、歯面に対して広範囲かつ強固にアパタイトを熔着させ、健全な歯質の強化ならびに修復後に発生する二次う蝕や根面う蝕を予防することである。

現在臨床応用されている歯質の強化方法としてはフッ素塗布が行われている。しかし強化されるのはごく表層に限られ、強化されるのは耐酸性のみである。また、歯科領域においてレーザーを予防処置に対して応用している研究は少ない。本研究ではレーザー照射による歯質の改質に止まらず、アパタイトで処理した歯面に対しレーザー照射を行うことで、未成熟なアパタイトはレーザーとの熱的相互作用により転化反応を起こし、歯質と一体化し耐酸性の向上のみならず歯質を機械的に強化し、新たな層を歯面上に獲得させようとするものである。また使用する材料が生体硬組織の主成分に類似したアパタイトを用いた場合、歯面処理後に歯質表層にこれらが残留しても特に問題にはならず再石灰化の一因となりえると考えられる。このようにして得られた強化層は、その後起こる歯質への感染、脱灰を防ぎ、歯質の削除等の治療を回避しうる可能性を有している。この手技が確立すれば、再治療を行うことも劇的に減少することが予想され、う蝕治療の予後にも極めて有効であると考えられる。

3. 研究の方法

(1) アパタイトの反応性、処理条件、レーザー照射条件の検討

アパタイトの種類、レーザー照射時間などについて検討し、至適条件の検索を行った。これは歯科用レーザー照射装置を用いて、出力、パルス数、照射モードを組合せることで多数の照射条件での反応を観察し、さらに歯質表層に付着したアパタイトの状態観察を走査型電子顕微鏡(SEM)にて行った。

(2) 歯面上におけるアパタイトの機械的、形態学的、結晶学的変化の観察

把握した至適照射条件をもとに炭酸ガスレーザー照射による反応の検討を行った。ア

パタイトで処理を行った歯質表層へ炭酸ガスレーザー照射を行い、表層で起こる変化について微小X線回折装置および顕微赤外分光分析装置を用いて観察した。

(3) 歯質強化後に行う修復処置への対応

本実験方法を修復前処置として行い、二次う蝕を予防する場合を想定して、獲得層に対する修復治療の可能性を検討した。各種合着（接着）用セメントを用いて試料を作製後、接着試験を行い、その可能性についても検討した。

4. 研究成果

(1) レーザー照射後の象牙質への各種セメントの接着性能

平成20年度は当初の計画では21年度を行う予定であったレーザー照射後の象牙質に対する接着性に注目し、照射後の歯面に対する接着性セメントの接着性能に対する検討を行った。その結果、従来型のレジンセメントおよびグラスアイオノマーセメント(GL群)は照射面表層より0.4mm削除した歯面に対して本来の接着性を回復するのに対し、セルフアドヒージョンタイプのセメント(GM群)は照射歯面表層より、比較的安定した接着性能を示した(図1)。これは従来より言われているレーザー照射において生じた変性層の除去を必要とせず修復できる可能性を含んでおり、生成された歯質強化層を除去することなく修復する場合に有効であると考えられる。また現在臨床において行われている、う蝕罹患歯質のレーザーを用いた除去において、その後の接着性修復処置に対する専用の歯質接着システムの開発においても有益であると考えられる。

図1 GM群とGL群における接着試験の結果

GM群の接着強さは、コントロールと比較して、レーザー照射面は有意に低下したが、約100 μ mより深い部分では非照射面とほぼ同等であった。しかし、GL群では、約200 μ mまで接着強さは有意に低下したが、約300 μ mより深い部分は非照射面とほぼ同等の結果が得られた

(2) 試作ナノサイズアパタイト (N-Hap) の形態学および結晶学的観察と N-Hap 塗布とレーザー照射を併用した歯質強化方法の研究

N-Hap の形態学的観察は、SEM および透過型電子顕微鏡 (TEM) にて行った。その結果、通常のハイドロキシアパタイトが平均粒径 500nm の針状構造であるのに対して、その粒径は小さく、平均粒径約 100nm の針状結晶がクラスター様構造となり、直径約 500nm の球状構造物として観察された (図 2, 3)。

各種アパタイトとレーザー照射を併用してより強固で化学的に安定した歯質強化層の広範囲な獲得を目標に研究を行った。その結果、試作のナノサイズの粒径をもつアパタイト (PENTAX) を塗布した後にレーザーを照射することで、象牙質表層ならびに象牙細管内にアパタイトを比較的強固かつ広範囲に熔着することが出来ることを確認した。また同部を X 線回折および赤外分光分析にて結晶性の観察を行ったところ、レーザー照射のみの試料と比較して結晶性の向上が認められた。

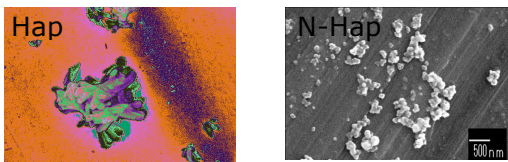


図 2 通常のハイドロキシアパタイト (Hap) と試作ナノハイドロキシアパタイト (N-Hap) の SEM 像

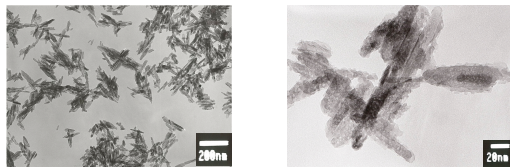


図 3 N-Hap の TEM 像

SEM では観察できなかった平均粒径約 100nm の針状結晶がクラスター様の構造を呈していることが観察された

これまでの研究では、一定条件下でアパタイトのペーストを象牙質に塗布後もしくはアパタイトの粉末を噴射させた後にレーザーを照射することで、象牙質表層ならびに象牙細管内にアパタイトを熔着することが出来ることを確認した。しかし、これまでに使用したアパタイトでは熔着する範囲が限局されており、その熔着強度も弱かった。またレーザーの出力が 3W 以上の比較的高い出力が必要であり、これにより照射される歯質に与える炭化等のダメージが比較的大きいと

いう欠点も認められたが、これらを改善する方法となりうるであろう。

今回用いた N-Hap は、従来のアパタイトと比較してより低出力のレーザー照射条件 (2W) で象牙質面に熔着したと思われる像が観察された。また 10 分間の超音波洗浄後の観察においても、レーザー照射面に比較的広範囲に N-Hap が残存していることが観察された (図 4)。これは従来の方法と比較してより安全で積極的な歯質の強化が可能であることが示唆された。

今後はさらに低出力のレーザー照射でより強固かつ広範囲にアパタイトの熔着を目指し、N-Hap を中心に、その結晶形態の変化 (針状、球状結晶) による反応の違い、アパタイト塗布方法の違いによる歯質との反応性の変化および側視断面観察によるアパタイト結晶の象牙質内への浸入の深さの研究が必要であると思われる。

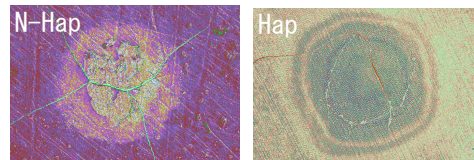


図 4 アパタイト塗布後にレーザー照射 (2W) を行い、10 分間超音波洗浄を行った象牙質表面の SEM 像

Hap 群では試料表面にアパタイトは認められなかったが、N-Hap 群では照射面の一部にアパタイトの結晶が熔融、付着したと思われる像が認められた

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

山田三良, 千田 彰 他2名
MI の理念に基づいた歯の硬組織に対するレーザー治療の発展的展開
日本レーザー歯学会誌(20), 165-175, 2009.

[学会発表] (計2件)

成橋昌剛、山田三良 他6名
炭酸ガスレーザー照射された象牙質における接着性セメントの接着性能について
第129回 日本歯科保存学会・学術大会
2008年11月7日

成橋昌剛、山田三良 他3名
炭酸ガスレーザー照射された象牙質における各種レジシン系セメントの接着性能について
日本レーザー歯学会
2009年11月22日

[図書] (計1件)

山田三良、千田 彰
症例でみる歯科用レーザーの有効活用 (臨床編の一部を執筆)
ヒョーロンパブリッシャーズ, 178-179, 2008.

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況 (計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者
山田 三良 (YAMADA MITSUYOSHI)
愛知学院大学・歯学部・講師
研究者番号: 20350936

(2) 研究分担者
なし

(3) 連携研究者
なし