

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 4 月 29 日現在

機関番号：32622

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24592882

研究課題名(和文) 励起蛍光によるう蝕罹患歯質識別機能を装備した切削システムの開発

研究課題名(英文) Development of some elimination systems which are equipped with caries dentin identification function by light induced fluorescent

研究代表者

長谷川 篤司 (HASEGAWA, TOKUJI)

昭和大学・歯学部・教授

研究者番号：10180861

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、波長405nmの青色励起光がう蝕象牙質から赤色励起蛍光を誘発する現象に基づいて、う蝕罹患歯質の識別機能が装備されている3種試作う蝕象牙質除去システムを開発した。これら3種試作システムのう蝕象牙質認識・除去の精度は、う蝕染色液と回転切削器具を併用した従来の方法とほぼ同様であった。しかしながら、詳細な観察によって、青色励起光は染色液とは異なる領域から赤色励起蛍光を誘発させていることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：Based on the phenomenon which blue light with a wavelength of 405nm induce the red induced fluorescence from carious dentin, three experimental elimination systems which are equipped with caries dentin identification function were developed in this study. Accuracy of carious dentin identification and elimination of the three systems was almost similar with the conventional method in which a caries detection dye and a rotating cutting instrument was combined. However, detail observation revealed that the blue light induces red fluorescence at different area from caries detection dye.

研究分野：保存修復学

キーワード：う蝕罹患歯質 励起蛍光 LD光源 LED光源 超音波発振機 回転切削器具

1. 研究開始当初の背景

(1) MIと罹患歯質認識の重要性

近年、う窩の修復治療は Minimal Intervention(MI:最小限の侵襲処置)が主流となっている。接着歯学の発展により、接着性レジン材料は、過不足なくう蝕罹患歯質を除去できた後の残存歯質と機械的、化学的に一体化し、歯および歯髄の長期保存に寄与する。

従来、う蝕歯の修復処置において除去すべき罹患歯質の識別には、染色液で罹患歯質を染色する手法が用いられているが、繰り返し染色と水洗、乾燥を行う手法は臨床的には大変に煩雑であるだけでなく、その染色された範囲は必ずしもう蝕原因菌の拡大と一致しない。

このような背景から、除去すべきう蝕罹患歯質を信頼高く識別し、かつ、臨床的に簡便なシステムが望まれている。

(2) 健全歯質とう蝕歯質の励起蛍光の違いの原理

初期う蝕を定量的に認識・管理するための非接触型う蝕診断システムでは、光源から照射された波長約 400nm の青色光線が健全な象牙質から緑色の励起蛍光を発現させることを基本とし、

エナメル小柱の構造が脱灰によって変化すると光透過性が減少し、健全部より暗く観察される。

う窩内に存在するう蝕歯質は赤色の励起蛍光を発現する。ことが知られている。

2. 研究の目的

本研究では、波長約 400nm の光線がう蝕罹患歯質を赤く蛍光させる性質を利用し、ハンドピース先端から波長約 400nm の光線を照出し、赤色の励起蛍光を発現するう蝕歯質部分と緑色の励起蛍光を発現する健全歯質とを識別しながら除去できる切削システムを試作、開発する。

3. 研究の方法

(1) 至適励起光波長を決定し、次いで光源およびその出力を決定した。

(2) 切削動力として超音波発信機を使用する際の、切削用球形ダイヤモンドポイントの大きさを検討した。

(3) LD光源を採用し、切削動力としてマイクロエンジンモーターを装備する試作機を作成し、う蝕認識・切削精度を評価した。

(4) LED光源を採用し、超音波発振器を動力とする試作機を試作し、評価した。

(5) 405nm の青色励起光が赤色励起蛍光を発現させる歯質について評価、考察する。以上(1)～(5)の順に研究を進めた。

4. 研究成果

研究成果(1)～(5)は、研究の方法(1)～(5)に対応させて記載した。

(1)う蝕罹患象牙質と健全象牙質を判別する至適な励起光波長は予備実験を基に 405nm と決定した。

次に、試作う蝕象牙質除去装置を製作するために、光源および出力を様々な組み合わせで検討した。

まず、LED光源を装備する試作う蝕象牙質除去装置プロトタイプ機を製作し、励起蛍光を最も視認しやすい光源出力であるかを検討した。結果として、現状入手できる範囲では十分な出力を得られるLED光源が見つからないことが明らかとなった。

次いで、LD(レーザーダイオード)光源を用いて同様の検討を行った。すると、波長



405nm のLDを 80mW 付近の出力で照出すると、実用的なう蝕罹患歯質認識効果が得られることが確認できた。(上：LD光源と切削動力装置を組み合わせたプロトタイプ)



下：LD光源と切削動力装置が一体化した完成した第1号機)

(2)超音波発振器に取り付ける切削用球形ダイヤモンドポイントとして直径 1.95mm、1.33mmの2種類を試作し、切削感および切削安定性を検討したところ、直径



1.33mmの試作ポイント(上段右)の方が必要最小限の切削に適していることが明らかとなった。

(3)(1)で試作した1号機は動力が超音波発振装置であるため、う蝕象牙質除去時に口

腔内軟組織を傷害する危険性が低く安全である反面、切削能率が低く、う窩開拓時のエナメル質切削が困難であること、さらに手指の感覚による浅層う蝕と深層う蝕の判断ができないため、診察で深部まで達



していることが明らかなう蝕の除去時にも施術時間が長くなるのが危惧される。そこで、第1号機と同様のLED光源を採用し、マイクロエンジンモーターを切削動力とする第2号機を試作した(写真)。この第2号機は市販ハンドピースを利用できるため、等速のコントラエンジンだけでなく、5倍速ハンドピースにエアタービン用バー、ポイント類を装着して使用することが可能であり、エナメル質を効率よく切削できるだけでなく、術者の手指感覚も活かした能率的なう蝕歯質除去が可能となった。

(4)第2号機はLED光源で術野も明瞭で、マイクロエンジンモーターを切削動力とするために、診療室内でう蝕治療を正確かつ能率的に行うためには最良と考えられた。一方、これらの試作う蝕象牙質認識・除去システムは、環境の整った診療室内で正確、適切にう蝕を除去する目的だけでなく、地域医療、特に在宅診療において不十分なライティングの中で安全にう蝕罹患歯質の除去または歯石除去をも施術できる可能性があると考えた。しかしながらLEDを管理区域以外の一般家庭で使用できるかどうか危惧され、2年目末頃に小型のLEDの存在を知るに至っていたため、超

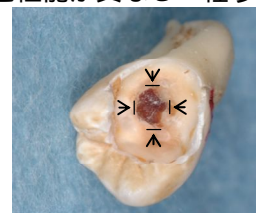


音波発振装置のハンドピース先端に小型LEDを埋め込んだ試作第3号機を製作するに至った。(写真)

(5)試作システムのう蝕象牙質認識・除去精度の評価として前2年は、う蝕除去を試片内でピンポイントに実施し、その切削精



度(切削深さ)を染色性能が異なる2種う蝕検知染色液(カリエステクタールとカリエスチェック)との比較によって評価してきたが、一定のう蝕範囲全体をどのよ



うに処理できるか判定することが重要と考え、穴あけパンチで直径3mmのう蝕範囲を規定し(上図)、この範囲内のう蝕象牙質をどのように除去できるかを計測して、3種試作システムを比較した。

この結果、これら3種試作システムのう蝕象牙質認識・除去の精度は、う蝕染色液と回転切削器具を併用した従来の方法とほぼ同様であった。しかしながら、詳細な観察によって、青色励起光は染色液とは異なる領域から赤色励起蛍光を誘発させていることが明らかとなった。

#### (6)今後の展開

本研究のうち、予定されていた光学フィルターの開発は、術者の目の保護だけでなく、赤色励起光の周囲歯質とのコントラストを増強できれば、光源の出力低減に発展できる可能性もあり、重要な課題として引き続き研究していきたいと考えている。

う蝕染色液により染色される歯質と青色励起光によって認識される歯質の違いは、その部分の組成の詳細な検査が必要と考えられ、既にこの部位の細菌侵入を免疫染色で確認するなどの新規研究を開始している。

(4)で試作した第3号機はLED搭載のため、在宅医療において安全かつ有効な治療効果を得られるものと期待している。新規医療機器としての適切な申請の後、臨床試験に発展させたいと考えている。

#### 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 2件)

Oikawa M, Itoh K, Kusunoki M, Kitahara N, Hasegawa T.

Comparison of rotary and ultrasonic caries removal determined by two fluorescent caries detection devices. Jpn J Conserv Dent. 56(1), 78-84, 2013.

長谷川篤司

励起蛍光のう蝕象牙質診断と治療への応用

Dental Medicine Research 33(3): 259-264,

2013

〔学会発表〕(計 5件)

長谷川篤司、伊佐津克彦、池田哲、高島英利、藤森朋奈

励起蛍光を応用した試作う蝕象牙質認識・除去システムについて

第 137 回日本歯科保存学会秋季学術大会

2012 年 11 月 広島国際会議場

長谷川篤司

励起蛍光のう蝕象牙質診断と治療への応用

第 33 回昭和歯学会総会

2013 年 7 月 昭和大学

伊佐津克彦、高島英利、長田将治、長谷川篤司

励起蛍光を応用したプラーク認識除去システム

第 138 回日本歯科保存学会春季学術大会

2013 年 6 月 福岡国際会議場

山田理、伊佐津克彦、長谷川篤司

LD光源およびLED光源を応用した試作蛍光齲蝕象牙質認識・除去システムの精度

第 140 回日本歯科保存学会春季学術大会

2014 年 6 月 滋賀びわ湖ホール

勝又桂子、山田理、瀧野浩之、伊佐津克彦、長谷川篤司

青色励起蛍光を利用した3種試作励起蛍光う蝕象牙質認識・除去システムについて

第 141 回日本歯科保存学会秋季学術大会

2014 年 10 月 山形テルサ

〔図書〕(計 0件)

〔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:

出願年月日:

取得年月日:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

長谷川 篤司 (HASEGAWA Tokuji)

昭和大学・歯学部歯科保存学講座

総合診療歯科学部門・教授

研究者番号: 10180861

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし

(4)研究協力者

伊佐津 克彦 (ISATSU Katsuhiko)

昭和大学・歯学部歯科保存学講座

総合診療歯科学部門・講師