

In vivo における QLF による早期う蝕診断に関する研究

—初期う蝕病巣の1年間の追跡結果について—

大塚 秀人 三宅 達郎 神原 正樹
おおつか ひでと みやけ たつろう かんばら まさき

抄録: 現在のう蝕診断レベルは, 視診によるエナメル質の実質欠損が認められる可視的う蝕判定であり, う蝕内部の脱灰程度が把握できず, 治療対象のう蝕を検出するだけである。そして, 口腔内診査の視診によって検出された初期う蝕の変化を定量的に把握できないため, う蝕予防のためのう蝕診断には至っていない。また, 初期う蝕病巣の早期う蝕診断についての *in vivo* による報告はほとんどみられないのが現状である。

そこで, 本研究は早期う蝕診断に必要である初期う蝕病巣のモニタリングが可能かどうかを明らかにする目的で, QLF を用いて1年間の初期う蝕病巣の経時的定量分析を *in vivo* で行った。

被験者は, 10歳以上で, 全永久歯唇(頬)側部に少なくとも1つの白斑部(初期う蝕)をもっている65名であった。

1人の被験者につき1つの初期う蝕を対象に, QLF 測定により画像データを保存した。得られた QLF 画像データを画像解析ソフトで, 初期う蝕病巣の平均脱灰深さを表す平均蛍光強度減少度 (ΔF [%]), 最大脱灰深さを表す最大蛍光強度減少度 (ΔMax [%]), 初期う蝕病巣の面積 (S [mm^2]) および脱灰量を表す ΔQ ($\Delta F \times S$ [% $\times mm^2$]) の4つの測定パラメータについて解析した。実験期間は1年とし, 実験開始時, 3, 6および12か月後の4回 QLF 測定を行った。

その結果, QLF で初期う蝕病巣を経時的に追跡することにより, 定量的モニタリングが *in vivo* において可能であった。また, 初期う蝕病巣のモニタリングによって, 3か月後の変化状況で1年後の初期う蝕の回復あるいは進行状況が予測できる可能性が示唆された。さらに, QLF により初期う蝕病巣のう蝕リスク判定が可能となり, 早期う蝕診断の可能性が示唆された。

緒言

我が国のう蝕罹患状況は1999年(平成11年)の歯科疾患実態調査結果¹⁾において, 12歳児1人平均う蝕経験歯数が3以下を示し, WHO が提唱した2000年の歯科保健目標を達成した。この達成から, 我が国はう蝕予防に成功し, う蝕がそのまま自然に低下し, う蝕という疾患が克服できた疾患であるかのような風潮が見受けられるが, 先進国のう蝕罹患レベル²⁾ に比べると, 現在でもう蝕罹患程度は高く, さらなるう蝕予防対策を構築しなければならないのが実状である。また, 健康日本21では, 2010年までに, 12歳児の1人平均う蝕経験歯数を1以下にする歯科保健目標が設定³⁾されたが, その戦略が明確でなく, う蝕予防にはまだまだ解決しなければならない課題が山積みされている。

最近では, 治療対象のう蝕は減少したのに対し, 初期

う蝕, いわゆる, 白斑病巣の検出頻度が高くなっていると推察される。そして, このような初期う蝕に対し, フッ化物応用やブラークコントロールなどによる再石灰化修復の可能性に高い関心がもたれるようになってきている。

しかし, 従来の視診・触診やレントゲン法では初期う蝕の内部で起こっている脱灰・再石灰化の連続的な変化を定量的に診断することは困難であり, 再石灰化修復を期待した予防処置の効果を科学的に評価することは難しい。そのため, 科学的な初期う蝕の診断技術(高感度な検出と計測結果の定量性, 客観性および再現性の具備)の開発が期待されている。⁴⁻⁶⁾ それらを可能にする方法として, 早期う蝕診断テクノロジーが開発され, DIAG-NOdentTM, Digital Imaging Fiber Optic Trance Illumination (DIFOTITM), Quantitative Light-induced Fluorescence (QLF) などが初期う蝕の検出に応用され出して

いる。⁹⁻¹⁵しかし、その多くは *in vitro* での研究段階であり、*in vivo* における初期う蝕の早期診断についての報告はほとんどみられないのが現状である。¹⁶

そこで、早期う蝕診断の目的である初期う蝕病巣のモニタリングが *in vivo* で可能かどうかを明らかにする目的で、QLF を用いて *in vivo* で初期う蝕病巣を経時的に追跡し、定量分析を行った。

実験対象および方法

1. 被験者

被験者は、10歳以上で、全永久歯唇（頬）側部に少なくとも1つの初期う蝕をもつ65名（平均年齢：20.3±8.3歳）であった。すなわち、実験開始時に口腔内診査を行い、視診により永久歯唇（頬）側面に初期う蝕と判断できる白斑部を検出した者を対象とした。なお、実験開始時に本実験の趣旨説明を行い、インフォームドコンセントが得られた者について実験を開始した。また、本研究の実施については、実験開始前に「大阪歯科大学医の倫理委員会」の承認を得た。

2. 実験期間

実験期間は1年とし、実験開始時（初回）、3か月、6か月および1年後に、白斑部を視診、口腔内写真撮影およびQLF観察を行った。なお、被験者には1年間継続的にフッ化物が含有されていない歯磨剤を用い、1日2回のブラッシング以外は実験開始前と変わらない生活状態を維持するように依頼した。

3. QLFによる初期う蝕の観察および定量分析

視診によって確認した初期う蝕と思われる白斑部を口腔内写真撮影によって保存した後、同部位をQLF (QLF™ System, Inspektor Research Systems BV 社製, Amsterdam, The Netherlands) により観察を行い、QLF画像データとして保存した。得られたQLF画像データを画像解析ソフト (QLF™ Software version 1.99 i, Inspektor Research Systems BV 社製, Amsterdam, The Netherlands) に従って、初期う蝕病巣の平均脱灰深さを表す平均蛍光強度減少度 (average fluorescence loss: ΔF [%])、最大脱灰深さを表す最大蛍光強度減少度 (max fluorescence loss: ΔMax [%])、初期う蝕病巣の面積 (S [mm²]) および脱灰量を表す ΔQ ($\Delta F \times S$ [% \times mm²]) の4つの測定パラメータについて定量分析^{17,18}を行った。

4. QLFの測定原理

QLFの測定原理¹⁶⁻¹⁸は、光源に高出力のランプを使用し、歯の表面に、13 mW/cm²の青紫色光（波長：290

～450 nm）を照射することにより、ハンドピース内のCCDカメラに装着した520 nmのフィルターを通し、QLF画像が取り込まれる。この条件下では、健全歯質と脱灰歯質の蛍光強度の差は顕著で、520 nmのフィルターを通して観察すると、蛍光強度は一層強調される。¹⁹すなわち、初期う蝕は、健全歯質に囲まれた黒色部分として明瞭に認めることができる。また、黒色部分の程度により、健全部を100%としたときの病巣部の程度を割合で算出することができる。

QLFの各パラメータ (ΔF , ΔMax , S および ΔQ) を算出するためには、初期う蝕病巣周囲の健全歯質の蛍光強度 (fluorescence radiance: FR) を用い、光学的かつ理論的な健全歯面を構成させた。²⁰取り込まれた画像の蛍光強度は、QLFプログラムによりグレイスケールに変換され、次に形態調整可能な四角形 (region of interest: ROI) を操作し、ROI内に初期う蝕病巣を含め、ROIの縁を健全歯質上に置いた。構成された理論的健全歯質の蛍光強度の95%以下は、初期う蝕として認識され、健全歯質部とのグレイスケールの差は、蛍光減少度として算出され、また、その面積も算出することができた。

実験結果

1. 初期う蝕病巣の経時的変化

各診査時点における初期う蝕病巣のQLFパラメータの変化は、Table 1に示すとおりである。いずれのパラメータにおいても、各初期う蝕の測定値のバラツキが大きく、平均値では初回時から1年後までの明確な変化は認められなかった。

そこで、個々の変化について、初回時に検出されたう蝕病巣の測定値をベースラインとして、各測定時において2.5%以上脱灰が進行した場合を進行性病巣、2.5%回復した場合を回復性病巣、あるいは、±2.5%未満の変化を停止性病巣とし、各診査時期別に示したのがFigs. 1～4である。

Fig. 1に示す脱灰量において、3か月後の進行性病巣の割合は32.3%であり、6か月後で49.2%、1年後では53.8%まで増加した。一方、回復性病巣の割合は3か月後の60%、6か月後で46.0%、1年後では43.1%まで減少した。この傾向は、平均脱灰深さ (Fig. 2) および最大脱灰深さ (Fig. 3) においても同様の傾向が認められた。しかし、病巣面積 (Fig. 4) については、他のパラメータと比較すると停止性病巣の割合が多く、回復性病巣の割合が少なかった。

以上のことから、初期う蝕病巣のQLF測定パラメー

Table 1 QLF parameters at over time

Parameter	First visit	3 months	6 months	1 year
ΔF (%)	-8.9 (2.9)	-8.7 (2.9)	-8.9 (3.3)	-9.0 (3.4)
ΔMAX (%)	-20.5 (8.5)	-19.3 (9.0)	-20.1 (9.5)	-20.6 (10.4)
S (mm ²)	1.4 (1.0)	1.4 (1.1)	1.4 (1.2)	1.5 (1.2)
ΔQ (% \times mm ²)	-14.8 (15.9)	-13.7 (15.2)	-15.1 (17.3)	-15.7 (17.2)

Mean (SD)

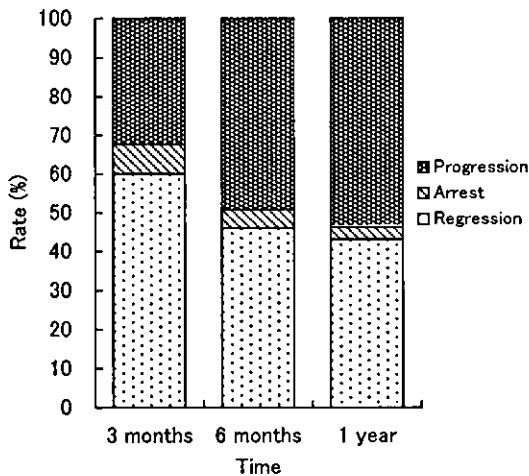


Fig. 1 Progression of white spot lesions using ΔQ .

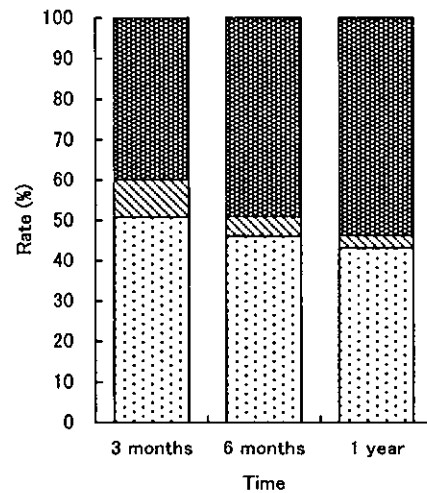


Fig. 3 Progression of white spot lesions using ΔMAX .

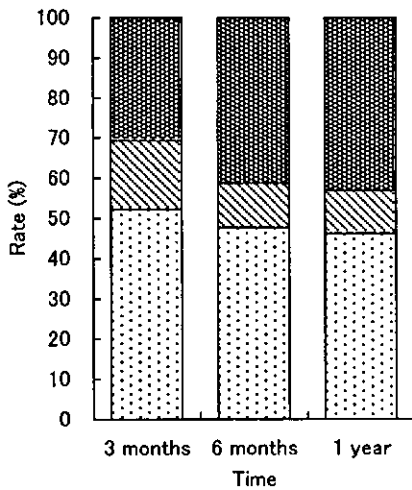


Fig. 2 Progression of white spot lesions using ΔF .

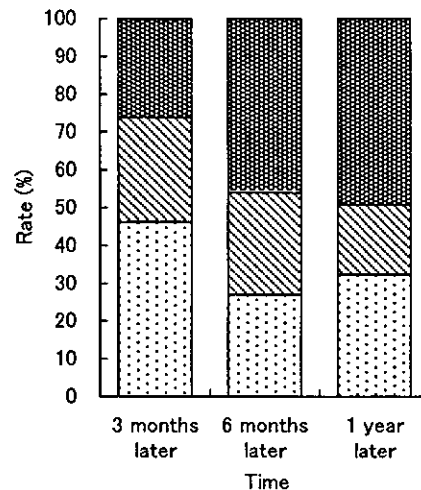


Fig. 4 Progression of white spot lesions using S.

々の定量分析によって、初期う蝕病巣の経時的変化の把握が可能であることが明らかとなった。

2. 初期う蝕病巣のリスク判定

初期う蝕病巣が経時的にどのように変化していくのか

を各測定パラメータで検討した結果を Figs. 5~8 に示す。すなわち、脱灰量については、初期値をベースラインとした3か月後に脱灰量の増加した進行性病巣(32.3%)のうち、6か月後では95%(Fig. 5 a)、1年後で

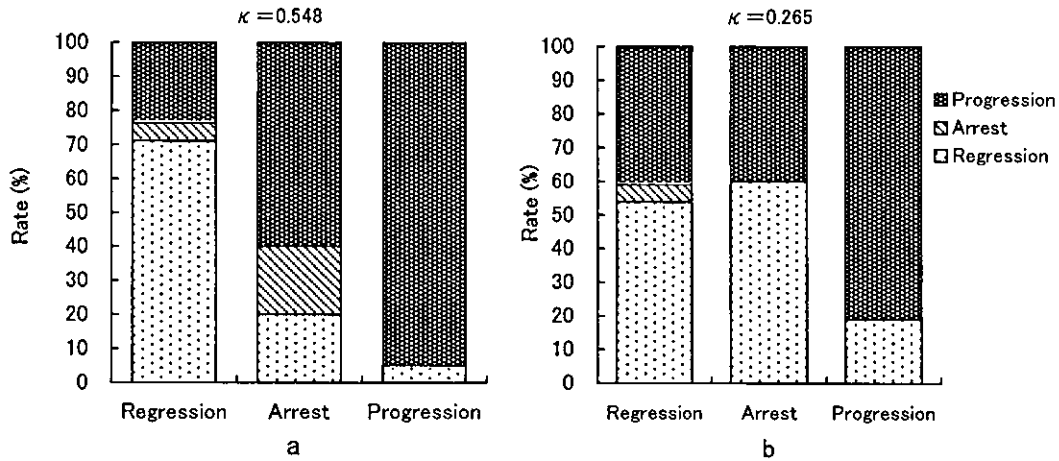


Fig. 5 Caries risk assessment at 6 months (a) and one year (b) when determined by monitoring ΔQ at 3 months.

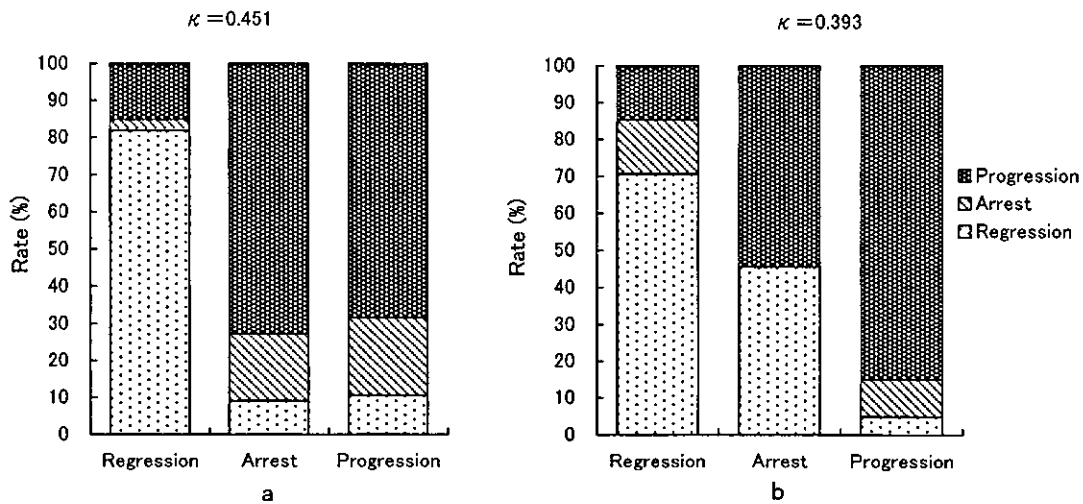


Fig. 6 Caries risk assessment at 6 months (a) and one year (b) when determined by monitoring ΔF at 3 months.

も、81.0%が進行性病巣であった (Fig. 5 b)。一方、3か月後の回復性病巣は60.0%で、このうち、70%が6か月後 (Fig. 5 a)、53.8%が1年後も回復性病巣であった (Fig. 5 b)。3か月後の状況と6か月後との関連は $\kappa=0.548$ ($p<0.001$)、1年後の状況との関連は $\kappa=0.265$ ($p<0.01$) で統計的に有意性が認められた。しかし、1年後にはやや関連は弱くなる傾向があった。

平均脱灰深さにおいては、3か月後に進行性であった30.8%の病巣のうち、68.4%が6か月後においても進行性であり (Fig. 6 a)、1年後では85.0%に増加した (Fig. 6 b)。また、3か月後に回復性病巣であった52.3%のうち、81.8%が6か月後も回復性であり (Fig. 6

a)、70.6%が1年後も回復性病巣であった (Fig. 6 b)。最大脱灰深さにおいても、ほぼ同様の傾向が認められた。3か月後の状況と6か月後および1年後の状況との間には、平均脱灰深さでは、6か月後で $\kappa=0.451$ ($p<0.001$)、1年後で $\kappa=0.393$ ($p<0.001$)、最大脱灰深さでは、6か月後で $\kappa=0.546$ ($p<0.001$)、1年後で $\kappa=0.508$ ($p<0.001$) と1年後にはやや関連が弱くなるものの、ほぼ同程度の関連が認められ、3か月後の回復および進行状況が1年後まで維持されることが明らかとなった。

一方、病巣面積については、他のパラメータに比べて3か月後の状況と1年後の状況との関連は弱いことがわ

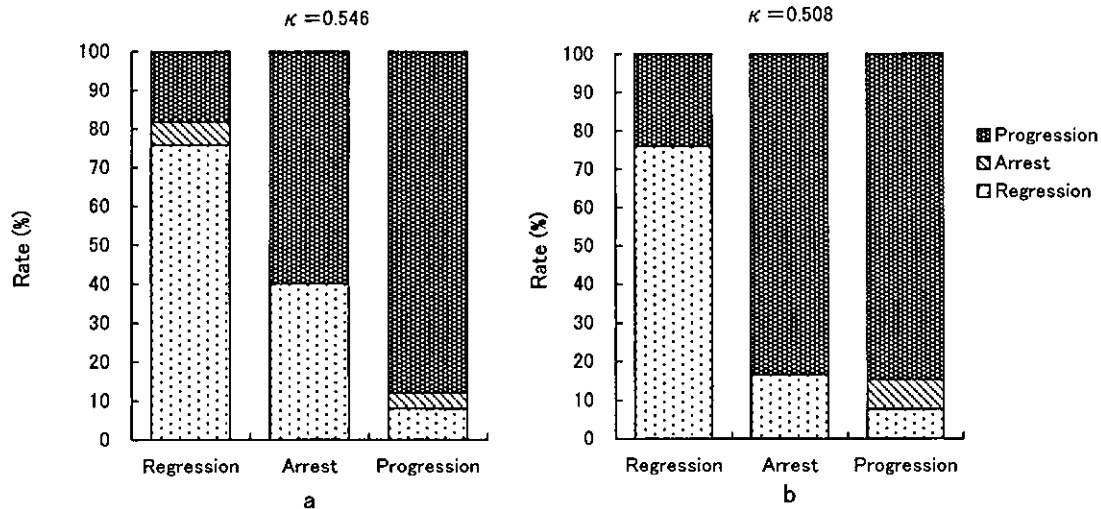


Fig. 7 Caries risk assessment at 6 months (a) and one year (b) by when determined monitoring Δ Max at 3 months.

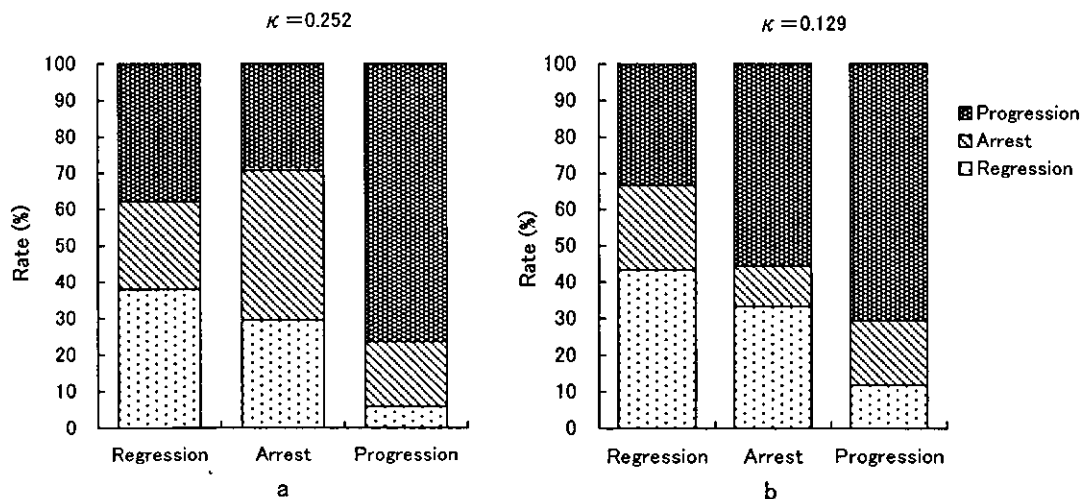


Fig. 8 Caries risk assessment at 6 months (a) and one year (b) when determined by monitoring S at 3 months.

かった (Fig. 8).

以上のことから、脱灰量、平均脱灰深さおよび最大脱灰深さにおいて、3か月後の初期う蝕病巣の状態（進行性および回復性）が1年後の初期う蝕状態を反映していることが明らかとなり、初回から3か月後の初期う蝕診断がう蝕リスクの判定に応用できることが示唆された。

考 察

う蝕は不可逆的に進行する疾患と考えられてきたが、う蝕の発生プロセスが明らかになり、初期う蝕の段階で

はその病巣が元の健全状態に戻るという可逆的な疾患であることが認識されるようになった。²¹ そのため、早期う蝕診断、すなわち初期う蝕の早期診断が重要視され、より有用性の高い初期う蝕の診断基準が求められている。^{4~7}

したがって、早期う蝕診断の目的は、単に、白斑として認められる初期う蝕の検出だけではなく、初期う蝕病巣の評価やう蝕進行のプロセスの把握による初期う蝕のモニタリングおよびう蝕のリスク判定を行うための科学的な初期う蝕の検出にある。

1. 初期う蝕病巣のモニタリング

初期う蝕のモニタリングとは、単にう蝕の追跡経過観察するだけではなく、検出された初期う蝕病巣が進行性であるのか、回復性であるのか、あるいは、停止性であるのかを判断できるかどうかを意味する。

初期う蝕の進行性や停止性を検討する目的で、QLFを用いたモニタリングに関する *in vitro* 研究の報告²⁹では、初期う蝕のモニタリングには、連続した QLF 画像の取り込みが必要であり、画像取り込みのタイミングは、1秒間隔で最低15秒の取り込みが、重要であることが判明している。また、画像取り込み前には、歯の表面は必ず湿らせておき、画像取り込み開始と同時に、歯面は継続的に圧縮空気により乾燥させることが必要であると述べている。その結果、健全歯質の蛍光強度は、継続的に乾燥されているにもかかわらず、ほとんど変化しない。

一方、初期う蝕の蛍光強度は、最初の数秒間に著しく減少し、継続的に減少するが、5秒後に減少率はほぼ一定になる。もし、初期う蝕病巣が進行性であれば、この初期の数秒間の蛍光強度の減少率は、顕著になる。また、病巣が停止性、あるいは回復性であれば、減少率は進行性よりも緩やかであるとしている。

以上のような、QLF測定法が報告されているが、この方法では停止性か、あるいは、回復性かの判断が付きにくいこともあり、また *in vivo* での今回の研究には用いることが困難であるため、今回、初回時から1年にわたる全4回の QLF 測定結果について、病巣のモニタリングを試みた。すなわち、脱灰量において (Fig. 1)、3か月後の進行性病巣の割合は、6か月後、1年後で経時的に増加することがわかった。また、回復性病巣の割合は3か月後から6か月後、1年後において、徐々に減少した。この傾向は、平均脱灰深さ (Fig. 2) および最大脱灰深さ (Fig. 3) においても同様の傾向が認められた。しかし、病巣面積 (Fig. 4) については、他のパラメータと比較すると停止性病巣の割合が多く、回復性病巣の割合が少なかった。

以上のことから、QLFにより初期う蝕病巣の定量分析を2回行うことにより、その変化量によって、適切なモニタリングが可能であることが示された。また、初期う蝕病巣の脱灰進行は深さ方向に反映されて進み、病巣面積の広がりには反映されていないことが確認できた。

2. 初期う蝕病巣のリスク判定

最近、臨床や公衆衛生の場で注目されているう蝕リス

ク判定³⁰は、う蝕発症の環境要因からのアプローチが主体であり、ホスト要因である歯に関する情報がほとんど知られておらず、客観的にリスク診査ができていないため、最重要因子が見落とされがちである。また、現在のう蝕予防は、予防処置を施しても、う蝕が予防できたかどうかは、歯面に数か月か数年後にう蝕が発症したかどうかで決まり、そのプロセスの把握ができていないので、真のう蝕予防とはいえない。

強い歯や弱い歯はどのように客観的にとらえられるのか、初期う蝕が進行性なのか、停滞性なのかなどについての情報がなく、侵襲因子だけのう蝕リスクの判定に終始し、抵抗因子の歯の情報や歯の内部での変化が把握できていないので、科学的な証明をもっていないのが現状である。

そこで、本研究において、初期う蝕病巣のモニタリングを基に、6か月および1年後のリスク判定が可能であるかどうかを検討した。

初回値をベースラインにしたときの3か月後の変化量で、初期う蝕病巣の活動性を判断し、同一の初期う蝕病巣が6か月後および1年後にどのように変化したのかを経時的に追跡し、その一致性の尺度を検討した。その結果、脱灰量において、3か月後の状況と6か月後との一致性は $\kappa=0.548$ ($p<0.001$)、1年後では $\kappa=0.265$ ($p<0.01$) で統計的に有意な関連が認められた。平均脱灰深さでは、6か月後で、 $\kappa=0.451$ ($p<0.001$)、1年後で $\kappa=0.393$ ($p<0.001$)、最大脱灰深さでは、6か月後で、 $\kappa=0.546$ ($p<0.001$)、1年後で $\kappa=0.508$ ($p<0.001$) となった。

一方、面積では、統計的に有意の一致性は認められなかった。

統計学的に κ 値が 0.75 を超えると、卓越した一致性を表し、0.75~0.4 では、かなり良い一致性であることが示されている。³¹ すなわち、脱灰量、平均脱灰深さおよび最大脱灰深さによって、3か月後の初期う蝕病巣のモニタリングを行うことにより、6か月および1年後のう蝕リスク判定が可能であることが示された。

以上のことから、QLFによる初期う蝕病巣の定量化は、客観的なう蝕リスクを判定する有用性の高い方法であるといえる。

初期う蝕病巣のモニタリングおよびう蝕リスク判定の可能性を考えると、QLFは早期う蝕診断に応用ができることが示唆された。

稿を終えるにあたり、QLFの測定に際し、ご協力、ご指導いただいた本学口腔衛生学講座上村参生講師および土居貴士講師に厚くお礼申し上げます。

また、データ解析に際し、有益なご助言、ご指導をいただいた本学口腔衛生学講座上根昌子研究技術員に厚くお礼申し上げます。

最後に、終始ご懇切なるご協力をいただいた本学口腔衛生学講座員の皆様と本学大学院歯学研究科の伊津元博大学院生および田中秀直大学院生に厚くお礼申し上げます。

なお、本研究は大阪歯科大学中央歯学研究所（画像処理施設）を利用して行った。

また、本研究の一部は平成15年度厚生科学研究費補助金医療技術評価総合研究事業（15150101）によるものである。

本研究の要旨は第52回日本口腔衛生学会総会（2003年9月27日、北九州市）において発表した。

引用文献

- 厚生省健康政策局歯科衛生課編. 平成11年度歯科疾患実態調査報告, 東京: 口腔保健協会, 2001.
- 神原正樹. 予防の概念. 荒川浩久, 神原正樹, 安井利一編. スタンダード口腔保健学. 初版. 東京: 学建書院. 2003. 8-15.
- 健康日本21評価手法検討会. 健康日本21評価手法検討会調査分科会報告書. 2003.
- Pitts NB. Modern concepts of caries measurement. *J Dent Res* 2004; **83** (Spec Iss): C 43-47.
- 神原正樹. 予防歯科へのテクノロジー—齲蝕予防における早期齲蝕診断—. 日本歯科医師会雑誌 2003; **56**: 611-618.
- Stookey GK. Practical applications of early caries detection methods. Stookey GK ed. Early Detection of Dental Caries II. Indianapolis: Indiana University School of Dentistry. 2000; 357-363.
- 中嶋省志. 海外での研究動向と最近の初期う蝕の診断技術. *The Nippon Dental Review* 2003; **63**: 150-154.
- 上村参生, 神原正樹. 乳歯齲蝕形成パターン. *デンタルダイヤモンド* 2002; **27**: 58-63.
- Rory Hume. Needs for change in dental caries diagnosis. Stookey GK ed. Early Detection of Dental Caries I. Indianapolis: Indiana University School of Dentistry. 1996; 1-10.
- 飯島洋一. 初期う蝕の早期検出と脱灰・再石灰化評価. *The Nippon Dental Review* 2003; **63**: 146-149.
- ten Bosch JJ. Light scattering and related methods in caries diagnosis. Stookey GK ed. Early Detection of Dental Caries I. Indianapolis: Indiana University School of Dentistry. 1996; 81-90.
- de Josselin DJE, Hall AF, van der Veen MH. Quantitative light-induced fluorescence detection method. Stookey GK ed. Early Detection of Dental Caries I. Indianapolis: Indiana University School of Dentistry. 1996; 91-103.
- Pine CM. Fiber-optic transillumination (FOTI) in caries diagnosis. Stookey GK ed. Early Detection of Dental Caries I. Indianapolis: Indiana University School of Dentistry. 1996; 51-65.
- 上村参生, 土居貴士, 大塚秀人, 田中秀直, 三宅達郎, 神原正樹. DIFOTI™を用いた乳歯初期う蝕病巣の分析. *日本口腔衛生学会雑誌* 2002; **52**: 654-655.
- Ricketts DNJ. Electrical conduction detection methods. Stookey GK ed. Early Detection of Dental Caries I. Indianapolis: Indiana University School of Dentistry. 1996; 67-80.
- 上村参生, 神原正樹. 早期齲蝕診断への機器応用の必要性. *The Nippon Dental Review* 2003; **63**: 161-165.
- Al-Khateeb S, ten Cate JM, Angmar-Månsson B, de Josselin de Jong E, Sundström G, Exterkate RAM, Oliveby A. Quantification of formation and remineralization of artificial enamel lesions with a new portable fluorescence device. *Adv Dent Res* 1997; **11**: 502-506.
- 安藤昌俊. 定量蛍光法 (Quantitative Light-induced Fluorescence) による初期齲蝕検出. *The Nippon Dental Review* 2003; **63**: 155-160.
- Sundström F, Fredriksson K, Montán S, Hafström-Björkman U, Ström J. Laser-induced fluorescence from sound and carious tooth substance: Spectroscopic studies. *Swedish Dent J* 1985; **9**: 71-80.
- de Josselin de Jong E, Sundström F, Westerling H, Tranaeus S, ten Bosch JJ, Angmar-Månsson B. A new method for *in vivo* quantification of changes in initial enamel caries with laser fluorescence. *Caries Res* 1995; **29**: 2-7.
- 神原正樹, 上村参生. う蝕の原因とその予防. 荒川浩久, 神原正樹, 安井利一編. スタンダード口腔保健学. 初版. 東京: 学建書院. 2003: 125-127.
- Ando M, Hall AF, Eckert GJ, Schemehorn BR, Analoui M, Stookey GK. Relative ability of laser fluorescence techniques to quantitate early mineral loss *in vitro*. *Caries Res* 1997; **31**: 125-131.
- Axelsson P. An introduction to risk prediction and preventive dentistry. Illinois: Quintessence Public Inc. 1999.
- Armitage P, Berry G. 榎美智子, 榎 広計共訳. 医学研究のための統計的方法. 東京: サイエンティスト社, 2001: 395-399.

In vivo QLF study on early diagnosis of dental caries

—Results of one-year follow-up—

Hideto Otsuka, Tatsuro Miyake and Masaki Kambara

Department of Preventive Dentistry, Osaka Dental University, 8-1 Kuzuha hanazono-cho, Hirakata-shi, Osaka 573-1121, Japan

Abstract We investigated the *in vivo* use of the quantitative light-induced fluorescence (QLF) technique to assess caries risk of white spot lesions over a one-year follow-up period. Sixty five white spot lesions in 65 patients with a mean age of 20.3 ± 8.3 years were selected by visual inspection during oral examination. The lesions were evaluated using the QLF technique at the start of the examination and at 3, 6 and 12 months. Four QLF parameters were analyzed from each white spot lesion image. The average lesion depth was measured as the average of fluorescence loss (ΔF , %). The maximum lesion depth was measured as the maximum fluorescence loss (ΔMax , %). The lesion size (S, mm^2) and mineral loss (ΔQ , $\% \times \text{mm}^2$) were also measured. The results indicated that QLF could be used to monitor caries risk of a white spot lesions and to determine whether a white spot lesion had progressed, been arrested or regressed during the one-year period.

Based on these results we concluded that QLF is a suitable clinical technique for caries risk assessment at the white spot lesion stage. **Shika Igaku (J Osaka Odontol Soc) 2004 Dec ; 67 (3/4 combined) : 266-273.**

Key words : White spot lesion, Quantitative light-induced fluorescence, Caries risk assessment

In vivo における QLF による早期う蝕診断に関する研究

——初期う蝕病巣の定量評価について——

坂本吉史 上村参生 神原正樹
さかもと よし うえむら 参 ぶ かん ばら まさき とき

大阪歯科大学口腔衛生学講座

歯科医学 第67巻第3/4合併号 別刷
(平成16年12月25日発行)

Reprinted from Shika Igaku (J Osaka Odontol Soc)
Vol. 67, No. 3/4 combined, 257-265, 2004

In vivo における QLF による早期う蝕診断に関する研究

——初期う蝕病巣の定量評価について——

坂本吉史 上村参生 神原正樹
さかもとよし ふみ うえむら み ぼ かん ばら まさ き

抄録：本研究は、早期う蝕診断のために開発された Quantitative Light-induced Fluorescence (QLF) が初期う蝕病巣の検出および定量評価に臨床的に応用可能であるのかどうかを *in vivo* で明らかにするとともに、初期う蝕病巣の長期的変動を把握する目的で行った。

被験者は、10歳以上で、全永久歯唇（頬）側部に少なくとも1つの白斑部（初期う蝕）をもっている65名であった。なお、被験者には、実験開始時に本研究の趣旨についてインフォームドコンセントを行ったところ、すべての被験者から同意が得られた。初期う蝕は、1人の被験者につき1つの初期う蝕を対象に、QLF画像データとして保存した。得られたQLF画像データを画像解析ソフトで、初期う蝕病巣の平均脱灰深さを表す平均蛍光強度減少度（ ΔF [%]）、最大脱灰深さを表す最大蛍光強度減少度（ ΔMax [%]）、初期う蝕病巣の面積（ S [mm^2]）および脱灰量を表す ΔQ （ $\Delta F \times S$ [% $\times mm^2$]）の4つの測定パラメータについて解析した。また、初回時および1年後の各測定パラメータから、1年間の変化量（ ΔF_0 , ΔMax_0 , ΔS_0 , ΔQ_0 ）を算出した。

実験期間は1年とし、実験開始時および1年後の2回口腔内診査およびQLF測定を行った。被験者には1年間継続的にフッ化物が含有されていない歯磨剤を用い、1日2回のブラッシングを依頼した。

その結果、QLFにより、臨床での初期う蝕病巣の検出および定量評価が可能となり、病巣内部の脱灰・再石灰化の程度を示すことができた。また、QLFは初期う蝕病巣の多様な進行様相を評価することができ、初期う蝕病巣の長期的変動を臨床的に把握することができた。

以上のことから、QLFの初期う蝕検出能およびQLFによる定量評価は、初期う蝕の新しい診断基準になる可能性が示唆された。

緒言

近年、う蝕の軽症化および進行の遅延化が進み、^{1,2} 表層下脱灰レベルの初期う蝕の検出頻度が高くなっていると推察される。しかし、従来の口腔内診査における視診・探診では初期う蝕かどうかを評価することや初期う蝕の内部で起こっている変化を量的に診断することは困難である。

初期う蝕とは、エナメル質表面に生じた白濁部分や咬合面裂溝部周囲の白濁部分の、いわゆる白斑と呼ばれる表層下脱灰のことである。³ 臨床の場合において、歯の表面にみられるすべての白斑部分が、初期う蝕であるのかどうかの判断は、白斑表面の触診やその歯面環境によって判断するしかないため、視診だけで初期う蝕を的確に

検出することは困難であると思われる。

これまで、初期う蝕の形成プロセスがエナメル質表層で生じる脱灰・再石灰化の量的平衡状態で説明できること、⁴ また、初期う蝕が健全な状態に回復できるなど初期う蝕は可逆性をもった病巣であることが明らかにされている。⁵ そのため、初期う蝕の検出が可能であれば、効率のよいう蝕予防が可能となり、また、より早い初期う蝕の検出は、より早い健全な状態への回復が期待できる。すなわち、初期う蝕の検出がう蝕予防を効果的に行える鍵を握っている。

一方、現在のう蝕予防のレベルは、う蝕予防が成功したかどうかは、予防処置施術後、歯面にう蝕が発現したかどうか分かる数か月後数年後である。それは、予防処置前の予測が不正確で、また、その後の初期う蝕病

巢のプロセスの把握ができないのが現状であり、本当の意味でのう蝕予防には至っていない。

このように早期う蝕診断の目的^{7,8}は、単に、白斑として認められる初期う蝕の検出だけではなく、白斑以前の初期う蝕の検出、初期う蝕かどうかの判定（科学的な初期う蝕の検出）、あるいは、初期う蝕病巣のプロセス評価（進行性、停止性、回復性）の把握（初期う蝕のモニタリング）にある。早期う蝕診断の確立により、各歯のう蝕リスク判定に基づくう蝕予防プログラムが構築できることになる。つまり、真のう蝕予防を行うには、早期う蝕診断が必要不可欠であることは論議を待たず、早期う蝕診断の可能性を探ることが現在のう蝕予防の最前線であり、課題でもある。

最近、Quantitative Light-induced Fluorescence (QLF) が早期う蝕検出法として開発され、平滑面に形成されている初期う蝕を検出できるだけでなく、病巣の定量が可能であるとの *in vitro* の報告⁹⁻¹¹ がなされているが、科学的根拠を基にした *in vivo* による報告はほとんどみられないのが現状である。

そこで、本研究は QLF が初期う蝕病巣の検出および定量評価に臨床応用できるのかどうかを明らかにするとともに、初期う蝕病巣の長期的変動を把握する目的で、*in vivo* における初期う蝕病巣の定量評価を実施した。

実験対象および方法

1. 被験者

被験者は、10歳以上で、全永久歯唇（頬）側部に少なくとも1つの初期う蝕をもつ65名（平均年齢：20.3 ± 8.3歳）であった。すなわち、実験開始時に口腔内診査を行い、視診により永久歯唇（頬）側面に初期う蝕と判断できる白斑部を検出した者を対象とした。なお、実験開始時に本実験の趣旨説明を行い、インフォームドコンセントが得られた者について実験を開始した。

本研究の実施方法については、実験開始前に「大阪歯科大学医の倫理委員会」の承認を得た。

2. 実験期間

実験期間は1年とし、実験開始時（初回）および1年後に、白斑部を視診、口腔内写真撮影およびQLF観察を行った。なお、被験者には1年間継続的にフッ化物が含有されていない歯磨剤を用い、1日2回のブラッシングを行うよう指示し、それ以外は実験開始前と変わらない生活状態を維持するように依頼した。

3. QLF による初期う蝕の観察および定量分析

視診によって確認した初期う蝕と思われる白斑部を口

腔内写真撮影によって保存した後、同部位をQLF (QLF™ System, Inspektor Research Systems BV 社製, Amsterdam, The Netherlands) により観察を行い、QLF 画像データとして保存した。得られた QLF 画像データを画像解析ソフト (QLF™ Software version 1.99 i, Inspektor Research Systems BV 社製, Amsterdam, The Netherlands) に従って、初期う蝕病巣の平均脱灰深さを表す平均蛍光強度減少度 (average fluorescence loss: ΔF [%])、最大脱灰深さを表す最大蛍光強度減少度 (max fluorescence loss: ΔMax [%])、初期う蝕病巣の面積 (S [mm²]) および脱灰量を表す ΔQ ($\Delta F \times S$ [% × mm²]) の4つの測定パラメータについて定量分析¹²⁻¹³を行った。

初回時および1年後の各測定パラメータから、1年間の変化量 (ΔF_0 , ΔMax_0 , ΔS_0 , ΔQ_0) および1年間の変化量の割合は、(ΔX_0 / 初回時 ΔX) × 100 (%) の計算式で算出した。

4. QLF の測定原理

QLF の測定原理¹²⁻¹⁴を Fig. 1 に示す。光源に高出力のランプを使用し、歯の表面は、13 mW/cm² の青紫色光（波長：290-450 nm）に照射されることにより、ハンドピース内の CCD カメラに装着した 520 nm のフィルターを通して、画像として取り込まれる。この条件下では、健全歯質と脱灰歯質の蛍光強度の差は顕著で、520 nm のフィルターを通して観察すると、蛍光強度は一層強調される。¹⁵ すなわち、初期う蝕は、Fig. 2 に示すように健全歯質に囲まれた黒色部分として明瞭に認めることができる。また、黒色部分の程度により、健全部を 100% としたときの病巣部の程度を割合で算出することができる。

QLF の各パラメータ (ΔF , ΔMax , S および ΔQ) を算出するためには、初期う蝕病巣周囲の健全歯質の蛍光強度 (fluorescence radiance: FR) を用いて、光学

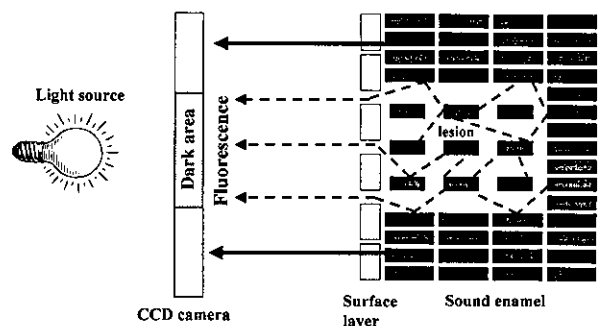


Fig. 1 Principle of QLF measurement.

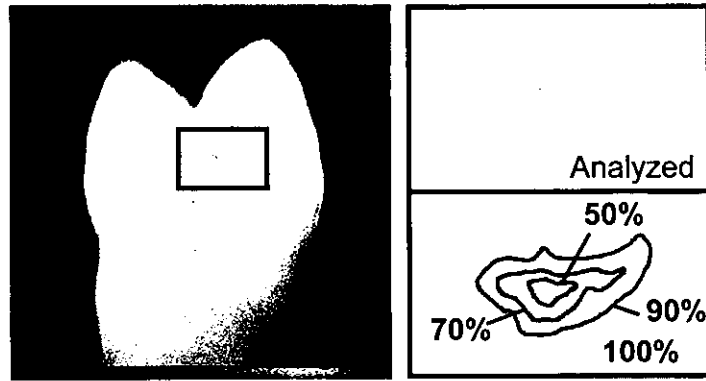


Fig. 2 Caries quantification

的かつ理論的な健全歯面を構成する。¹⁶ 取り込まれた画像の蛍光強度は、QLF プログラムによりグレイスケールに変換され、次に形態調整可能な四角形 (region of interest: ROI) を操作し、ROI 内に初期う蝕病巣を含め、ROI の縁を健全歯質上に置く。構成された理論的健全歯質の蛍光強度の 95% 以下は、初期う蝕として認識され、健全歯質部とのグレイスケールの差は、蛍光減少度として算出され、また、その面積も算出することができる。

実験結果

1. 初期う蝕の観察結果

今回得られた初期う蝕の口腔内写真および QLF 画像をそれぞれ Figs. 3 a および b に示す。すなわち、口腔内写真に認められる白斑部 (Fig. 3 a) とほぼ同部位に QLF 画像 (Fig. 3 b) の黒色部分が認められた。さらに、口腔内写真では白斑と認められない部分においても黒色部分が認められた (Fig. 3 b)。

以上のように本実験開始時において、視診により初期

う蝕と判断された 65 箇所の白斑部は、初回の QLF 観察により、すべて初期う蝕であることが明らかとなった。また、白斑部と認められなくても初期う蝕である部分も観察できることが明らかとなった。

2. 初期う蝕の定量結果

1) 初回および 1 年後の QLF 測定パラメータの比較

4 つの QLF 測定パラメータによる初回と 1 年後の測定値の結果を Figs. 4 a~d に示す。いずれの測定パラメータにおいても、初回の平均値と 1 年後の平均値には、統計的に有意差は認められなかった。

2) 初期う蝕病巣の分布

4 つの測定パラメータごとに、初回値をベースラインとした 1 年後の変化量から、Table 1 に示すように回復性、進行性および無変化の初期う蝕病巣に区別できた。すなわち、平均脱灰深さにおける回復性病巣は、初期う蝕 65 箇所中 30 箇所の 46.2%、進行性病巣は 28 箇所の 43.1% であった。また、最大深さにおいては、回復性病巣は、28 箇所の 43.1%、進行性病巣は 35 箇所の 53.8% であった。一方、病巣面積では、回復性病巣は

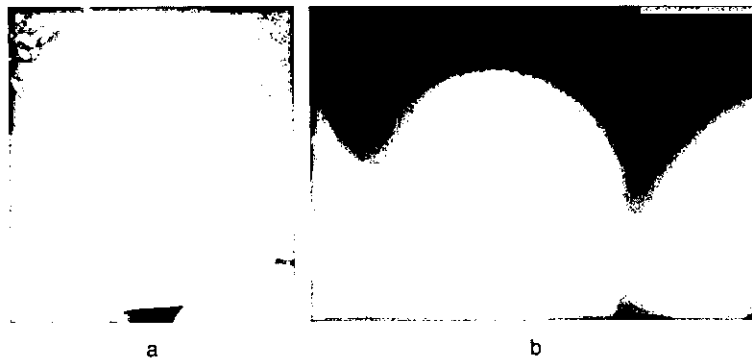


Fig. 3 Photo (a) and QLF image (b) of white spot lesions

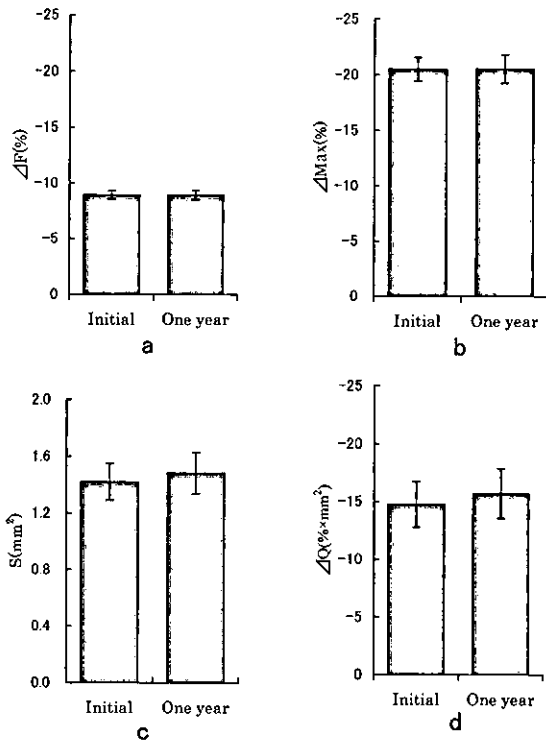


Fig. 4 Comparisons of four parameters at the initial examination and one year later.
a: ΔF, b: ΔMax, c: S, d: ΔQ.

Table 1 Progression of white spot lesions during one year

Group	ΔF		ΔMax		S		ΔQ	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Regression	30	46.2	28	43.1	21	32.3	28	43.1
Arrest	7	10.8	2	3.1	12	18.5	2	3.1
Progression	28	43.1	35	53.8	32	49.2	35	53.8
Total	65	100	65	100	65	100	65	100

32.3%, 進行性病巣は 49.2% であった。さらに、脱灰量を算出した結果、回復性病巣は、65 箇所中 28 箇所の 43.1%, 進行性病巣は 35 箇所の 53.8% であった。

3) 初期う蝕病巣の初回値と 1 年後の変化量との相関

回復性および進行性の初期う蝕病巣に分けて、それぞれ 4 つの測定パラメータごとにそれらの初回値と 1 年後の変化量との関係を Figs. 5~8 に示す。すなわち、Fig. 5 に示す平均脱灰深さについて、回復性病巣の場合、初回 ΔF 値と ΔF₀ 値との間に有意な相関関係 (r = 0.387, p < 0.05) が認められた。また、進行性病巣にお

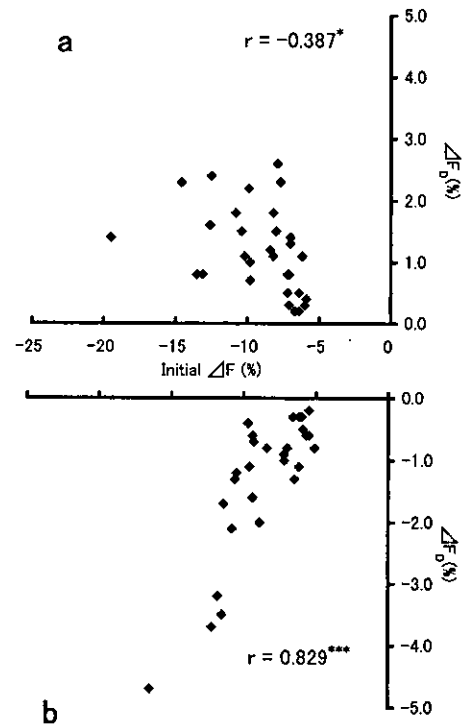


Fig. 5 Correlation between the initial ΔF and ΔF₀ for regressive (a) and progressive (b) lesions.
*p < 0.05, ***p < 0.001

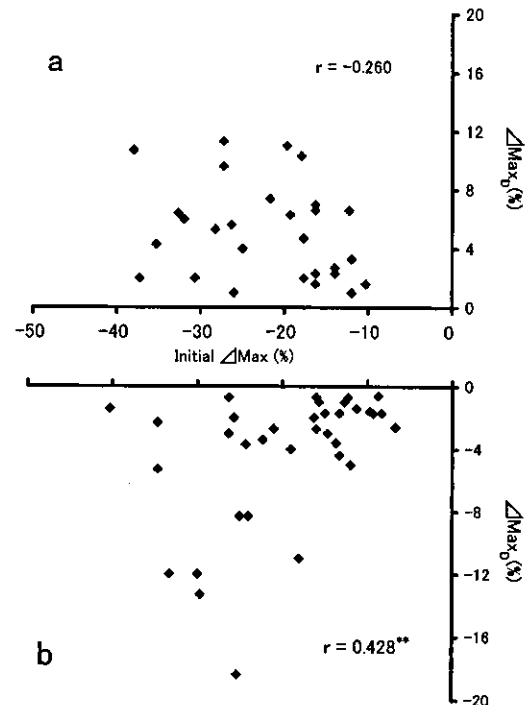


Fig. 6 Correlation between the initial ΔMax and ΔMax₀ for regressive (a) and progressive (a) lesions.
**p < 0.01

いても、初回 ΔF 値と ΔF_0 値との間に有意に強い相関関係が認められた ($r=0.829, p<0.01$).

最大脱灰深さにおいて (Fig. 6), 回復性病巣では、初回 ΔMax 値と ΔMax_0 値との間には相関関係は認められなかったが、進行性病巣では有意に相関関係が認められた ($r=0.428, p<0.01$).

一方, Fig. 7 に示す病巣面積では、回復性および進行性病巣ともに、初回 S 値と ΔS_0 値との間には統計的に有意の相関関係は認められなかった。しかし、脱灰量においては (Fig. 8), 回復性病巣 (相関係数 $r=0.493$) および進行性病巣 ($r=0.459$) とともにそれぞれ初回 ΔQ 値と ΔQ_0 値との間に有意の相関関係が認められた ($p<0.01$).

以上のことから, QLF 測定による各パラメータの初回値とその後生じる 1 年間の変化量との関係を明らかにすることができた。すなわち, 平均脱灰深さ, 最大

脱灰深さおよび脱灰量において, 初回測定値が大きい (小さい) 病巣は 1 年間の変化量が大きく (小さく) なることがわかった。

4) 初期う蝕病巣の脱灰・再石灰化量の定量的評価

回復性病巣および進行性病巣の各測定パラメータの初回値と 1 年後の変化量を算出した結果を Table 2 および 3 に示す。すなわち, 回復性病巣では, 初期う蝕病巣の平均脱灰深さの 13.2% が再石灰化により回復し, 最大脱灰深さは, 24.7% 回復することが示された。また, 病巣面積は再石灰化によって, 43.4% 小さくなることが明らかとなった。さらに, 病巣の変化を立体的に捉えることができる脱灰量においては, 38.7% の再石灰化が行われたことがわかった。

一方, 進行性病巣では, 平均脱灰深さは 14.0% 進行

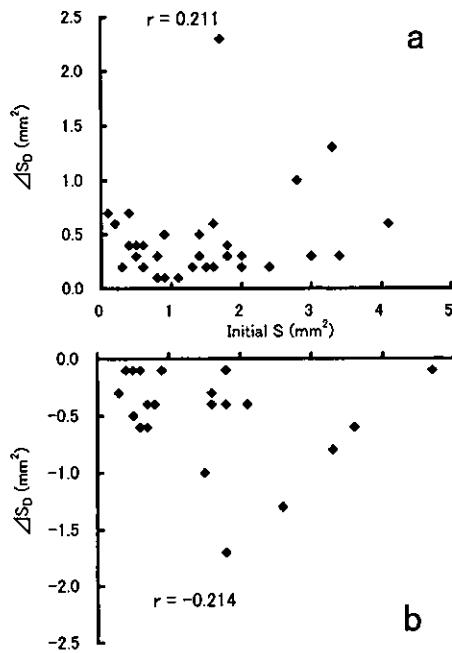


Fig. 7 Correlation between the initial S and ΔS_0 for regressive (a) and progressive (b) lesions.

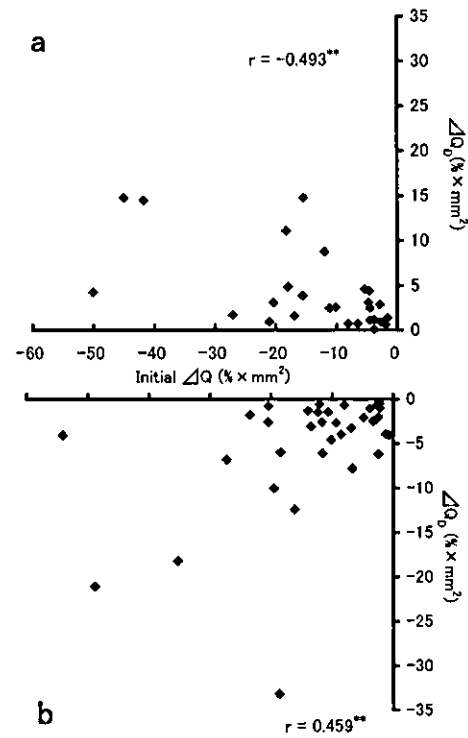


Fig. 8 Correlation between initial ΔQ and ΔQ_0 for regressive (a) and progressive (b) lesions.

Table 2 Mean values for regression and progression in white spot lesions during one year

Group	ΔF_0 (%)		ΔMax_0 (%)		ΔS_0 (mm ²)		ΔQ_0 (% × mm ²)	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Regression	1.20	0.57	5.18	3.20	-0.49	0.30	4.34	4.48
Progression	-1.30	0.85	-4.25	3.21	0.45	0.27	-5.24	4.31

Table 3 Mean volume for remineralization and demineralization in white spot lesions during one year

Group	Lesion depth		Max lesion depth		Lesion area		Mineral loss	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Remineralization	13.2	6.1	24.7	15.5	43.4	29.9	38.7	31.8
Demineralization	14.0	6.4	21.3	13.2	67.8	67.7	71.5	65.4

(%)

し、最大脱灰深さにおいても21.3%深くなった。また、病巣面積は67.8%大きくなり、脱灰量においては、71.5%増加した。

以上のことから、QLF測定パラメータから、初期う蝕病巣の変化状況を平均脱灰深さ、最大脱灰深さ、病巣面積および脱灰量を測定することにより、脱灰・再石灰化の定量評価によって表すことが可能であった。

考 察

1. 初期う蝕の検出

QLFは、歯に特定の光を照射することによって、エナメル質から反射してくる特定の蛍光を捉えて、画像化するシステムである。^{13,14} そのため、エナメル質の健全部と脱灰部との蛍光強度に差が生じ、脱灰部分は、エナメル小柱の崩壊によって生じる蛍光反射の拡散によって、健全部よりも黒く見える。このような測定原理をもつQLFシステムは、歯面に形成されている初期う蝕の検出だけでなく、初期う蝕病巣の定量が可能であるとの*in vitro*の報告^{11~15}が数多くなされているが、*in vivo*による報告¹⁶はほとんどみられないのが現状である。

従来から行われているう蝕の検出基準は厚生労働省の歯科疾患実態調査、WHOの口腔診査法、あるいは日本学校歯科医会による基準^{17,18}など数多く存在し、それぞれ時代の流れによってう蝕の検出基準や診断基準が検討され、臨床の場で使用されてきた。しかし、これらのう蝕診査は、う蝕洪水期の治療対象のう蝕を検出することを目的とする第二次予防（早期発見・早期治療）の検診であった。現在は、う蝕減少期に入り、12歳児のDMFTが2本前後である現状では、第一次予防（発生予防）の重要性が認識され、第二次予防から第一次予防への移行期にある。う蝕を取り巻く状況が大きく変化し、健全歯を健全なまま推移させるためには、これまでのう蝕の検出基準や診断基準では、不十分になってきている。さらに、う蝕は不可逆的に進行する疾患と考えられてきたが、う蝕の発生プロセスが明らかになり、初期う蝕の段階ではその病巣が元の状態に戻るといふ可逆的な疾患で

あることが認識されるようになった。そのため、早期う蝕診断、つまり初期う蝕の早期診断が重要視され、より有用性の高い初期う蝕の検出技術とその診断基準が求められている。^{7,19~22}

今回、被験者65名の口腔内診査により、術者が明らかに初期う蝕と判断した白斑部について、QLF観察を行った結果、*in vivo*において、65箇所の白斑部の全症例に、白斑部とほぼ同部位に初期う蝕の検出がQLF画像により確認できた。また、白斑部でない部分においても初期う蝕をQLFにより検出することができた（Fig. 3）。

このようにQLFは、視診で初期う蝕と判断した白斑部を客観的な科学的方法により、初期う蝕として検出するシステムとして利用でき、さらに、視診では検出できない部分においても初期う蝕の検出が可能であった。

1997年のPittsによるう蝕の診断域と管理法の報告²³において、臨床的に検出できるエナメル質病巣で表面がインタクトである非う窩形成部（白斑部）および臨床的に検出されにくい進行と回復という動的段階にある臨床前の初期病巣を適確に検出する技術の必要性を述べているが、今回、QLFにより、初期う蝕を検出できることが明らかとなり、QLFによる初期う蝕の検出法が初期う蝕の新しい検出基準になる可能性が示唆された。

2. QLFによる初期う蝕病巣の定量評価

QLF分析の結果は、平均蛍光減少度（ ΔF ）、最大蛍光減少度（ ΔMax ）、面積（S）および平均脱灰量（ ΔQ ）で表されている。平均蛍光減少度は、平均脱灰深さ（初期う蝕病巣の深さ）として説明されている。

すなわち、多数の*in vitro*による初期う蝕定量実験において、蛍光減少度は、他の定量法、例えばマイクロラジオグラフィ（TMR）、コンフォーカル顕微鏡、あるいは光学顕微鏡などで計測された脱灰深さとの間に有意に強い相関関係（ $r=0.86$ ）が示されている。^{10~12,24,25} すなわち、平均蛍光減少度（ ΔF ）が大きな値を示せば、脱灰深さも大きな値を示す。また、蛍光強度が小さな（大きな）値を示せば、脱灰深さは大きな（小さな）値

を示すことが明らかにされている。²⁵ その精度についていえば、*in vitro* の QLF と TMR の比較実験において、QLF は、得られた画像の黒色の程度により、約 10 μ m の脱灰病巣を検出できると報告されている。¹¹

一方、健全部よりも暗い黒色部の範囲が、う蝕面積として確認されている。これら蛍光減少度、あるいは、面積を単独でう蝕評価に用いる場合、大きな蛍光減少度は必ずしも大きなう蝕面積をもつとは限らず、またその逆もあり得る。そのため、平面的に病巣を定量評価するよりも、立体的に評価するほうが適当であるため、 ΔQ が考案された。^{15,16} これは、TMR で算出される脱灰量 (mineral loss) と同様の概念であり、とくに、人工的に作製された初期う蝕ではなく、自然にできたう蝕の評価、脱灰によるう蝕の進行および再石灰化による回復の指標とすることが適当であると報告されている。²⁶

今回、検出できたすべての初期う蝕において、QLF による 4 つの測定パラメータを算出することができた結果、いずれの測定パラメータにおいても、初回平均値と 1 年後の平均値とはほとんど差は認められなかった。これは、初期う蝕が回復性病巣、停止性病巣および進行性病巣の 3 つに分けられたため、あるいは、回復性病巣および進行性病巣の各測定パラメータの結果を確認したところ、回復と進行が同程度であったためである。すなわち、65 箇所の初期う蝕の初回平均 ΔF は -8.9%、1 年後の平均 ΔF は -9.0% であった。健全エナメル質の厚みを 2 mm とすると、初回平均脱灰深さは、178.6 μ m および 1 年後で 179.0 μ m と推測できる。*in vitro* での人工的に作製した初期う蝕病巣を TMR で観察し、得られた脱灰深さと QLF による ΔF との比較報告¹¹ を見ると、それぞれ 45.9 μ m と -8.4% であった。このことは、人工的に作製された初期う蝕病巣の脱灰深さよりも今回の自然に形成された初期う蝕病巣の脱灰深さの方が深いと考えられるのか、あるいは、*in vivo* では蛍光減少度が小さいと考えられるのかは、今回得られた結果からは判断できないため、さらなる研究が必要であると思われる。

一方、1 年後の結果から、回復性、停止性あるいは、進行性に各病巣を分けて、1 年間の変化量をみたところ、Table 2 の定量結果を得ることができた。そこで、初回値をベースラインとした場合の 1 年間の変化割合を算出したところ、Table 3 の結果を得ることができた。すなわち、回復性病巣は 1 年間で脱灰深さを 13.2%、最大深さを 24.7%、面積を 43.4% 減じ、脱灰量では 38.7% 再石灰化することがわかった。進行性病巣に

ついては、それぞれ脱灰深さは 14.0%、最大深さは 21.3%、面積は 67.8% 進行しており、脱灰は 71.5% 増加することが明らかとなった。

以上のことから、QLF を用いた初期う蝕病巣の追跡研究により、病巣の定量評価が可能となり、脱灰・再石灰化の程度を示すことが可能であることが確認できた。

3. 初期う蝕病巣の特性

今回得られた各測定パラメータの 1 年間の変化量から、回復性病巣、停止性病巣、あるいは、進行性病巣の 3 つに区別することができた (Table 1)。すなわち、 ΔQ で示される平均脱灰量では、回復性が 43.1%、停止性が 3.1%、進行性が 53.1% という結果であった。1966 年に 72 の初期う蝕病巣が 7 年後にどのように変化したかを観察した追跡調査結果が報告²⁷ されている。すなわち、回復して臨床的にう蝕と認められないものが 51%、変化が認められなかったものが 36% であり、進行してう蝕を呈したものが 13% であったとしている。この報告の評価は視診により行われたものであり、今回の結果と比較することはできないが、初期う蝕病巣が可逆的な病巣であるということをも本研究結果の科学的根拠をもって裏付けることができた。また、平均脱灰深さ、病巣面積および最大脱灰深さの定量変化から、1 年間の多種多様な病巣の変化を定量的に捉えることができたと考えている。

回復性病巣と進行性病巣のそれぞれの各メータ測定パラメータと 1 年間の各パラメータの変化量との関係は面積を除いた他のパラメータにおいて、相関関係があることが Figs. 5~8 で確認された。すなわち、回復性病巣では初回平均脱灰深さ、最大脱灰深さおよび脱灰量が大きければ、再石灰化が大きく、小さければ再石灰化が小さくなることがわかった。

一方、進行性病巣も同様に初回平均脱灰深さ、最大脱灰深さおよび脱灰量が大きければ、脱灰が大きくなり、小さければ脱灰は小さくなることがわかった。

このように、1 年間のフッ化物非配合の歯磨剤使用による初期う蝕の変化を観察したが、非フッ化物状況下での再石灰化は唾液中のカルシウム、リン酸イオンによる自然状態での現象であり、約 40% に再石灰化が見られたことは、今後、う蝕リスク判定を考える際に、Host 因子としてのこれらの評価を加える必要があると考えている。

以上のことから、QLF の定量評価結果は、初期う蝕病巣の多様な進行回復様相を評価することができ、病巣の長期的変動の把握も可能であることが確認できた。

今日、我々歯科医学専門家に対し Evidence Based Dentistry が要請され、また患者・国民への予防・治療に関する納得のいく説明 (accountability) が求められる中、これらの要望に応えられる科学的な初期う蝕の検出技術、あるいは、早期う蝕診断法の一つが QLF であるといえる。

稿を終えるにあたり、QLF の測定に際し、ご協力、ご指導いただいた本学口腔衛生学講座三宅達郎講師および土居貴士講師に厚くお礼申し上げます。

また、データ解析に際し、有益なご助言、ご指導をいただいた本学口腔衛生学講座上根昌子研究技術員に厚くお礼申し上げます。

最後に、終始ご懇切なるご協力をいただいた本学口腔衛生学講座員の皆様と本学大学院歯学研究科の伊津元博大学院生および田中秀直大学院生に厚くお礼申し上げます。

また、本研究の一部は平成 15 年度文部科学省研究費補助金基盤研究 B(2) (課題番号: 15390658) によるものである。

なお、本研究は大阪歯科大学中央歯学研究所 (画像処理施設) を利用して行った。

本研究の要旨は第 52 回日本口腔衛生学会総会 (2003 年 9 月 26 日, 北九州市) において発表した。

引用文献

- 厚生省健康政策局歯科衛生課編. 平成 11 年度歯科疾患実態調査報告, 東京: 口腔保健協会, 2001.
- Schemehorn BR, Stookey GK. Nutrition and dental caries in the Americas. *Int Dent J* 1996; **46**: 393-398.
- Winn DM, Brunelle JA, Selwitz RH, Kaste LM, Oldakowski RJ, Kingman A, Brown LJ. Coronal and root caries in the dentition of adults on the United States 1988-1991. *J Dent Res* 1996; **75**: 642-651.
- Frank RM. Structural events in the caries process in enamel, cementum, and dentine. *J Dent Res* 1992; **69**: 559-566.
- LeGeros RZ. Chemical and crystallographic events in the caries process. *J Dent Res*, 1992; **69**: 567-574.
- 神原正樹, 上村参生. う蝕の原因とその予防. 荒川浩久, 神原正樹, 安井利一編. スタンダード口腔保健学. 初版. 東京: 学建書院. 2003: 125-127.
- 神原正樹. 予防歯科へのテクノロジー—齲蝕予防における早期齲蝕診断—. 日本歯科医師会雑誌 2003; **56**: 611-618.
- 上村参生, 神原正樹. 乳歯齲蝕形成パターン. デンタルダイヤモンド 2002; **27**: 58-63.
- Bjerkhagen H, Sundström F, Angmar-Månsson B, Rydén H. Early detection of enamel caries by the luminescence excited by visible laser light. *Swed Dent J* 1982; **6**: 1-7.
- Al-Khateeb S, Oliveby A, de Josseline de Jong E, Angmar-Månsson B. Laser fluorescence quantification of remineralization *in situ* of incipient enamel lesions: Influence of fluoride supplements. *Caries Res* 1997; **31**: 132-140.
- Ando M, Hall AF, Eckert GJ, Schemehorn BR, Analoui M, Stookey GK. Relative ability of laser fluorescence techniques to quantitate early mineral loss *in vitro*. *Caries Res* 1997; **31**: 125-131.
- Al-Khateeb S, ten Cate JM, Angmar-Månsson B, de Josselin de Jong E, Sundstrom G, Exterkate RAM, Oliveby A. Quantification of formation and remineralization of artificial enamel lesions with a new portable fluorescence device. *Adv Dent Res* 1997; **11**: 502-506.
- 安藤昌俊. 定量蛍光法 (Quantitative Light-induced Fluorescence) による初期齲蝕検出. *The Nippon Dental Review* 2003; **63**: 155-160.
- 上村参生, 神原正樹. 早期齲蝕診断への機器応用の必要性. *The Nippon Dental Review* 2003; **63**: 161-165.
- Sundström F, Fredriksson K, Montán S, Hafström-Björkman U, Ström J. Laser-induced fluorescence from sound and carious tooth substance: Spectroscopic studies. *Swedish Dent J* 1985; **9**: 71-80.
- de Josselin de Jong E, Sundström F, Westerling H, Tranaeus S, ten Bosch JJ, Angmar-Månsson B. A new method for *in vivo* quantification of changes in initial enamel caries with laser fluorescence. *Caries Res* 1995; **29**: 2-7.
- WHO. Oral Health Surveys: Basic Methods, 4th ed. 1997.
- 日本学校歯科医会編. 幼児・児童・生徒の歯・口腔の健康診査と事後措置—う蝕・歯周疾患の検出とその取り扱い. 1991.
- Pitts NB. Modern concepts of caries measurement. 2004; **83** (Spec Iss C): C 43-C 47.
- Rory Hume W. Need for change in dental caries diagnosis. Stookey GK ed. Early Detection of Dental Caries. Indianapolis, USA: Indiana University School of Dentistry. 2000; 1-10.
- Verdonshort EH, Angmar-Månsson B. Advanced methods of caries diagnosis and quantification, in dental caries. The disease and its clinical management 2003; 141-164.
- Stookey GK. Practical applications of early caries detection methods. Stookey GK ed. Early Detection of Dental Caries. Indianapolis, USA: Indiana University School of Dentistry. 2000; 357-363.
- Pitts NB. Diagnostic tools and measurements-impact on appropriate care. *Community Dent Oral Epidemiol* 1997; **25**: 24-35.
- Ando M, van der Veen MH, Schemehorn BR, Stookey GK. Comparative study to quantify demineralized enamel in deciduous and permanent teeth using laser- and light-induced fluorescence techniques. *Caries Res* 2001; **35**: 464-470.
- Hall A, DeSchepper E, Ando M, Stookey GK. *In vitro* studies of laser fluorescence for detection and quantification of mineral loss from dental caries. *Adv Dent Res*

1997 ; 11 : 507-514.
26. van der Veen MH, de Josselin de Jong E. Application of quantitative light-induced fluorescence for assessing early caries lesion. Faller RV ed. Assessment of oral

health Vol. 17. Monogr Oral Sci. Basel: Karger 2000 ; 144-162.

27. Dirks OB. Post-eruptive changes in dental enamel. *J Dent Res* 1966 ; 45 : 503-508.

In vivo QLF study on early diagnosis of dental caries

—Quantitative evaluation of white spot lesions—

Yoshifumi Sakamoto, Mibu Uemura and Masaki Kambara

Department of Preventive Dentistry, Osaka Dental University, 8-1 Kuzuhahanazono-cho, Hirakata-shi, Osaka 573-1121, Japan

Abstract We investigated the capacity of the quantitative light-induced fluorescence technique (QLF) to detect and quantify white spot lesions *in vivo*. Sixty-five white spot lesions in 65 patients with a mean age of 20.3 ± 8.3 were selected by visual inspection during oral examination and the lesions were evaluated using a QLF technique. The QLF images were saved at the initial visit and were compared with images done one year later. This allowed us to quantify remineralization and/or demineralization for that period. The image of each white spot lesion was analyzed for four parameters. The average depth of the lesion was measured as the average of fluorescence loss (ΔF , %). The maximum depth of the lesion was measured as the maximum fluorescence loss (ΔMax , %). The lesion size (S, mm²) and mineral loss (ΔQ , % \times mm²) were also measured for each white spot lesion.

Based on our findings, we concluded that QLF is suitable for the early clinical detection and diagnosis of dental caries. **Shika Igaku (J Osaka Odontol Soc) 2004 Dec ; 67(3/4 combined) : 257-265.**

Key words : White spot lesion, Early detection of dental caries, Quantitative light-induced fluorescence

071

Oral examination using a new oral scope

R. KISHIKAWA¹, E. TSUBAKI¹, A. KOIWA¹, M. OTSUKI¹, M. KAMBARA², K. MATOBA³, and J. TAGAMI¹, ¹ Tokyo medical & Dental University, Japan, ² Osaka Dental University, Japan, ³ J.Morita, Japan

Objectives: To evaluate the performance of an oral scope using blue LEDs (Penscope, J.Morita, Japan) in vitro and in vivo. Methods: In vitro study: Ten extracted human teeth with caries were used. Four were active and other six were arrested caries. Caries was removed using a steel bur checking with an oral scope. After removing, Caries Detector (Kuraray, Japan) was applied on the cavity to detect remaining caries. In vivo study: The oral pictures of a 32 year old male were taken with an oral scope before and after professional tooth cleaning and the pictures were evaluated and compared with the record of an oral examination. Results: In vitro study: After removing active caries, the cavity was light stained with Caries Detector. The arrested caries lesions were dark and were hardly emitted by an oral scope. In vivo study: Dental calculus and plaque were emitted red light in an oral scope. It was also easy to identify the materials of the restoration i.e. metal bonded porcelain crowns and composite resins. It was suggested that the use of the Pen Scope should make informed consent to patients easier and more effective. Conclusion: Caries, plaque, calculus and resin restoration were able to be identified by means of an oral scope. Caries indicated by an oral scope and by Caries Detector were different.

演題

QLF 法を応用した感染象牙質の診査および除去について

大阪歯科大学口腔衛生学講座

○ 川崎弘二 高島隆太郎 酒井怜子 上村参生 神原正樹

QLF (Quantitative Light - induced Fluorescence) 法により感染象牙質が発する蛍光も検出できることが明らかとなってきた。QLF 法による診査は感染象牙質が発する蛍光をデジタル画像としてコンピュータに取り込み画像解析を施すもので、定量的に感染象牙質の性状を詳細に評価できる可能性がある。本研究ではヒトを対象に感染象牙質の除去を行う際に段階的な QLF 法による評価を行い、感染象牙質の除去に対する QLF 法の応用の可能性について検討した。その結果、QLF 法の応用により感染象牙質が定量的に評価できる可能性のあることが明らかとなった。