

図18 自然光(左)とQLF(右)による比較画像。

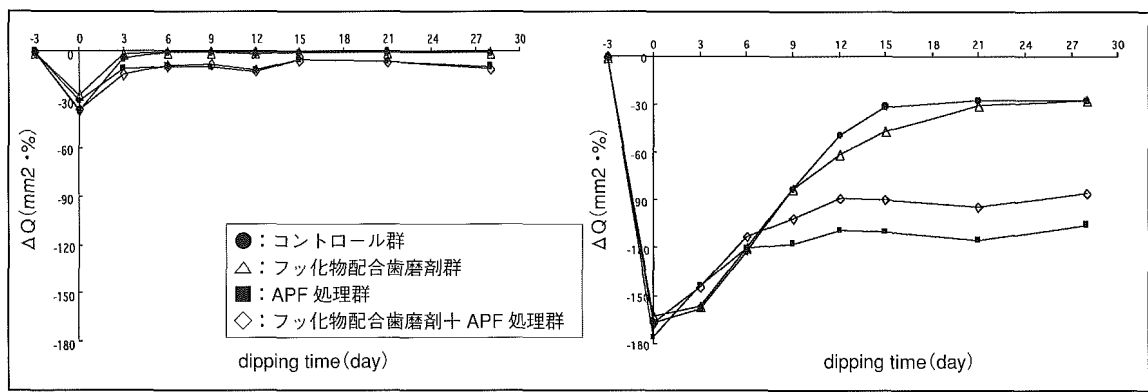


図19 各種フッ化物応用と再石灰化。

あり、このうち定量性、画像表示に優れているのがQLF法であり、この方法を用いることにより上記の臨床研究が可能になった。

図18に、自然光では捉えられない初期う蝕がQLF法では初期う蝕脱灰像として明確に検出されている様子を示す。すなわち、QLF法により、初期う蝕の脱灰・再石灰化が臨床的に、可視的に、かつ定量的に捉えることが可能になってきたわけである。この機器により、より詳細に再石灰化現象が解析されるものと期待される。

筆者らの研究結果として、再石灰化に関し興味ある知見を図19に示す。左に初期脱灰の小さいウシエナメル試料、右に初期脱灰の大きい試料に対するコントロール群（再石灰化溶液処理）、フッ化物配合

歯磨剤処理、APF（酸性フッ素リン酸溶液）処理およびフッ化物配合歯磨剤+APF処理を行ったときの経日的な再石灰化の変化をQLF法で評価した結果を示す。

初期う蝕脱灰試料では、どの処理でもほぼ全体の再石灰化が生じている。一方、初期脱灰が大きい試料では、コントロールおよびフッ化物配合処理群では再石灰化程度が大きいのに対し、APF処理を伴う群ではその変化は小さい。再石灰化現象は、脱灰部分が完全に石灰化するように認識されているが、実は処理方法により再石灰化の程度が異なる面があるということを認識する必要がある。APF処理群では、試料表層にCaF₂層ができ、内部の脱灰部分は完全に石灰化していない、あるいは石灰化するの

表2 カリオグラムのスコア基準

	0	1	2	3
う蝕経験	なし	標準より良好	標準	標準より悪い
全身疾患	なし	あるが軽症	重症で長期	
食事内容	砂糖摂取 ほぼなし	砂糖少なく う蝕原性少	中等度の 砂糖摂取	砂糖摂取多く 不適切な食事
プラーク量	PLI 0	PLI 1	PLI 2	PLI 3
Dentocult-SM	クラス0 <10 ⁵ cfu/ml	クラス1 >10 ⁵ cfu/ml	クラス2 <10 ⁶ cfu/ml	クラス3 >10 ⁶ cfu/ml
刺激唾液 分泌速度	正常 >1.1ml/1min	低い 0.9~1.1ml/1min	低い 0.5~0.9ml/1min	非常に低い <0.5ml/ 1min
唾液緩衝能	適正 Dentobuff =青	減少 Dentobuff =緑	低い Dentobuff =黄	
臨床判断	上記データ より良好	データと一致	データより リスクが高い	非常に高い リスク確信

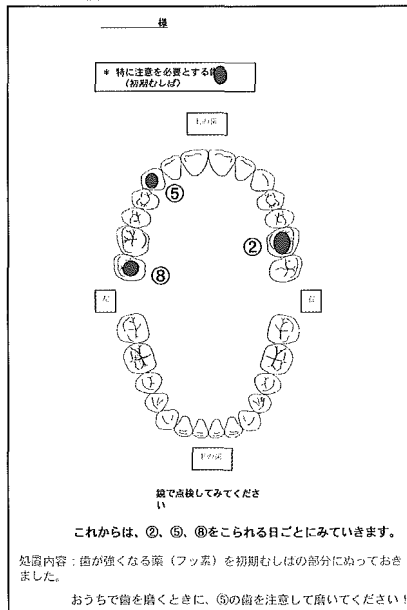
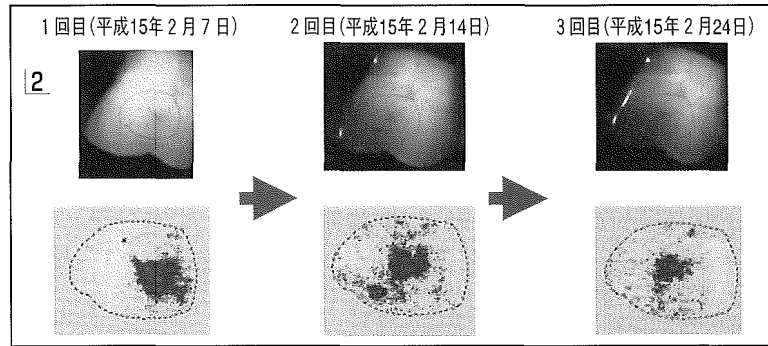
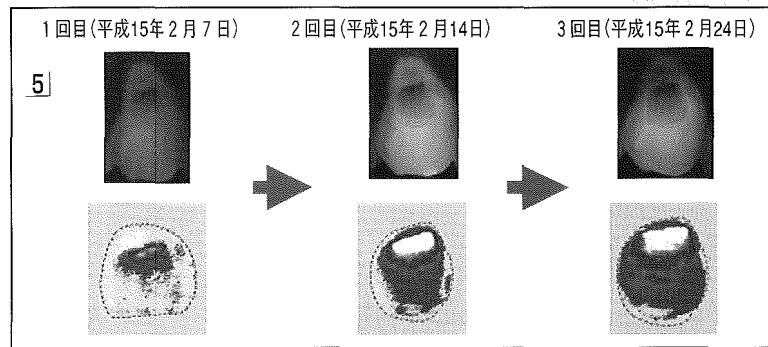


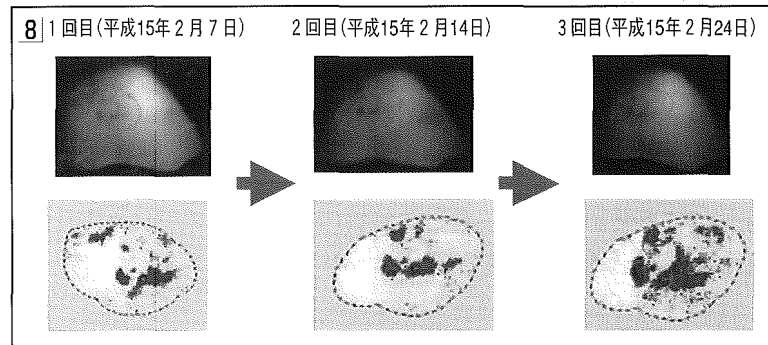
図20-a 患者へのQLF臨床応用例.



②の初期う蝕の変化：よくなっている→停滞性



⑤の初期う蝕の変化：少し虫歯が進んでいる→進行性



⑧の初期う蝕の変化：ほとんど変わっていない→停滞性

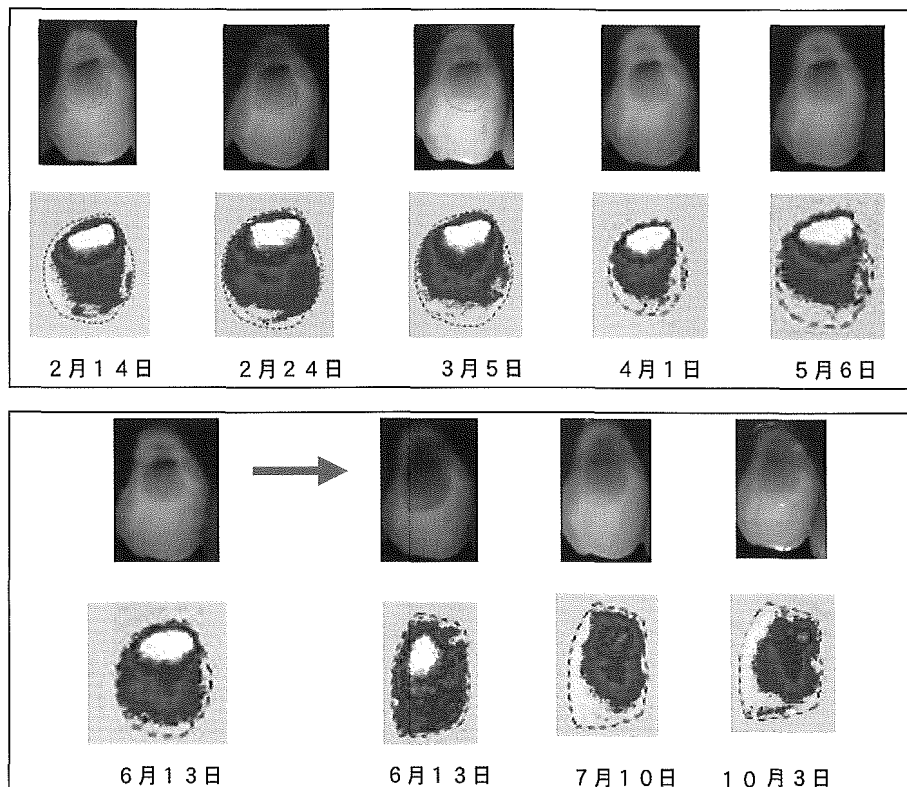


図20-b 5の経日的QLF観察結果.

	0カ月	6カ月	18カ月	24カ月
ΔF				
Area	3.24 mm ²	2.28 mm ²	4.38 mm ²	3.60 mm ²
Average	-26.8 %	-26.0 %	-33.3 %	-33.7 %
ΔR				
Area	0.78 mm ²	0.72 mm ²	3.25 mm ²	3.88 mm ²
Average	26.5 %	25.7 %	44.8 %	40.9 %
photograph				
	根面う蝕			

図21 QLFの根面う蝕への応用例 (ΔF :根面う蝕, ΔR 根面う蝕部歯垢のQLF分析).

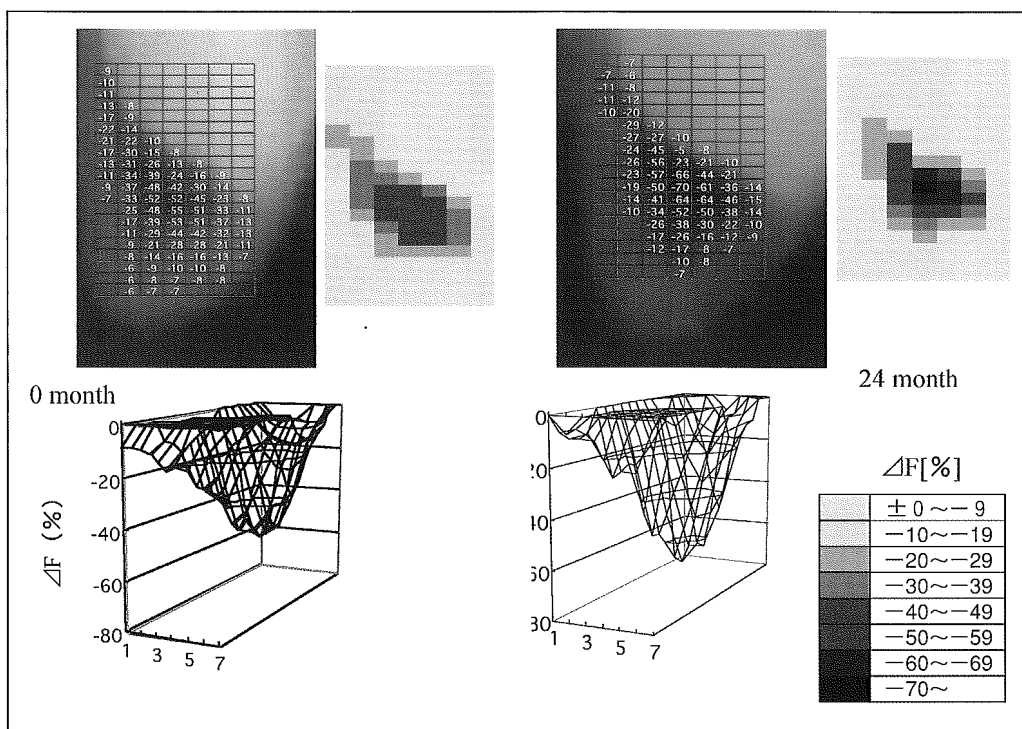


図22 QLF画像からの根面う蝕の三次元化像。

に時間がかかることを示していると考えている。

このように再石灰化現象は多様であり、口腔内ではより複雑な様相を呈すると考えられることから、初期う蝕に対する最も効果的な再石灰化方法を検索することが必要である。

V. 唾液の臨床的意味

う蝕の臨床的管理は現在、う蝕発病多要因論から口腔内の関連する要因を評価し、総合的リスク管理として行われている。その一例であるカリオグラムの評価基準を表2に示す。このうち唾液に関わる評価は、唾液中の *S. mutans* 菌数や刺激唾液分泌量および唾液緩衝能と全評価項目の半数を示し、サンプル採取の容易さやこれまでの科学データのエビデンスから、いかに唾液が口腔内環境液として重要であるかがわかる。

さらに、宿主因子のエナメル質自体の項目や変動が評価できるようになると、より精度の高いリスク管理ができるようになる。たとえば、QLF法を使った初期う蝕の診断を図20～図22に示すように行い、経時的かつ定量的に画像表示ができるようになると、リスク分析の精度が上がり、予測性の向上につながり、患者とのインフォームドコンセントの確立が容易になる。そして、本当の意味での Evidence Based Prevention（根拠に基づく予防）ができるようになる。

*

最後に、21世紀の歯科医療が経験と勘の歯科医療から脱却し、歯科医師が科学者としての立場からの診療を行っていくためには、唾液からの情報をもとに論理性の高い歯科医療システムを構築する必要がある。そのキーは、唾液とエナメル質に対する科学的分析が握っていると言える。

Osaka Conference

厚生労働科学研究費補助金(医療技術評価総合研究事業) 研究報告

第2回QLF研究会, 大阪歯科大学共同研究助成報告

後援: 大阪歯科大学, 大阪歯科学会

conference host: 神原正樹 (大阪歯科大学口腔衛生学講座教授)

メインテーマ: 初期う蝕の考え方, 診断, 処置

2005年11月3日(祝) 10:00~16:00

大阪国際会議場 (グランキューブ大阪)

はじめに

大阪歯科大学 口腔衛生学講座

神原正樹

21世紀に入り、日本社会の構造改革が叫ばれる中、歯科界においてもその改革に押し流されるように、各種方面、教育、研究、医療において改革が推し進められています。歯科疾患においても、歯科疾患構造が変化し、これまでの歯科疾患の主流であった学童期までのう蝕および全体的な歯科疾患が減少していることは疫学データから明らかであります。そのため、歯科医療の転換が迫られ、新たな口腔の健康を目指した歯科医療の構築が必要とされています。また、2010年の歯科保健目標が、具体的に年齢・歯科疾患別に「健康日本21」の中に提示されましたが、具体的戦略が明確でないのも明らかであります。

すなわち、歯科疾患を対象とした歯科医療から大多数を占めるようになった健康な歯や歯周組織から取り組む歯科医療への再構築が急務であり、これに年齢の要因を組み入れて、Risk StrategyやPopulation Strategyの展開が、歯科医療の21世紀の社会貢献につながると考えます。この必要性は抗加齢学(Anti-aging)の考え方に近似しており、歯科から見た抗加齢歯科学の構築にもなります。また、歯科医学においても、学際領域の研究課題が多くなり、ひとつの学会だけでは対応できなくなっているのが現状であり、研究課題別に基礎から臨床にわたる研究者が集まり、議論する必要があります。さらに、この傾向は日本だけにとどまらず、世界的規模で進行し、それもハイスピードで進展している最先端の歯科医学に触れることも国際化、情報化社会においては必要であります。

このOsaka Conferenceでは、上記の考え方に則り、う蝕、歯周疾患、咬合を中心として、その他の歯科疾患も包含しながら、現在われわれが持っているエビデンスを明確にし、解決できていない問題を科学的に検証していくことならびに産官学の英知を結集して解決することを目的とします。

今回はとくに、齲蝕減少期に必要な初期齲蝕の捉え方、診断、評価について、検討することにいたしました。現在、新たな齲蝕評価システムの開発が世界の齲蝕研究者により数年前から進められてきていますが、その中心的存在である、イギリスのProf. Nigel Pitts先生をお招きし、ICDAS(International Caries Diagnosis and Assessment System)の紹介をお願いいたしました。今後の日本の齲蝕診断・評価システムを考える上で、非常に重要なポイントであると考えています。また、QLF Systemの開発者でもあるInspektor社からも講演をお願いしております。それ以外にも、口演をお願いしておりますので、是非活発な議論が行われますことを期待しております。

「The professional man has no right to be other than a continuous student.」

(G.V. Black)

プログラム

10:00 開会の辞 神原正樹 (conference host)

10:05~11:30 特別講演 1

Caries Detection and Assessment, A Preventive Approach to Disease Management

Professor Nigel Pitts

Dental Health Services Research Unit, University of Dundee, UK

11:30~12:30 昼食

12:30~13:00 特別講演 2

Trends in Dutch Dentistry; The Need for Prevention

Elbert de Josselin de Jong PhD¹, Elbert Waller, Monique H van der Veen PhD^{1,2}

¹ Inspektor Research Systems B.V., Amsterdam, The Netherlands

² Department of Cariology Endodontology Pedodontology, Academic Centre for Dentistry Amsterdam (ACTA), Amsterdam, The Netherlands

13:00~13:30 特別講演 3

The longitudinal development of caries lesions after orthodontic treatment evaluated by quantitative light-induced fluorescence

Monique H van der Veen PhD^{1,2}, Thomas Mattousch³ DDS, Johan G. Boersma⁴ DDS

¹ Inspektor Research Systems B.V., Amsterdam, The Netherlands

² Department of Cariology Endodontology Pedodontology, Academic Centre for Dentistry Amsterdam (ACTA), Amsterdam, The Netherlands

³ Department of Orthodontics, Academic Center for Dentistry Amsterdam (ACTA), Amsterdam, The Netherlands

⁴ Private practice, Zwolle, The Netherlands.

13:30~14:00 講演 4

初期齲蝕および歯列等の新たな診断技術の開発に関する総合的研究

神原正樹教授

大阪歯科大学口腔衛生学講座

14:00~14:20 コーヒーブレイク

14:20~16:00 口演発表

1. **Effects of Phosphoryl Oligosaccharide Calcium (POs-Ca) on Enamel Remineralization as measured by QLF™**

Daisuke Inaba

Department of Preventive Dentistry, Iwate Medical University School of Dentistry

2. **Induction of White Spot Enamel Lesion by *S. mutans* Biofilm in an Artificial Mouth System and Quantification by QLF**

Khairul Matin^{1,2}, Shamim Sultana¹, Masahiro Ono¹, Junji Tagami^{1,2}

¹ Cariology and Operative Dentistry, Department of Restorative Sciences

² COE program for FRMDRTB, Tokyo Medical and Dental University, Tokyo

3. **エナメル質初期齲蝕の再石灰化に及ぼす Nd:YAG レーザー及びフッ素の影響**

何陽介¹、本川 渉¹、宮崎光治²

¹ 福岡歯科大学成長発達歯学講座成育小児歯科学分野

² 福岡歯科大学歯科医療工学講座生体工学分野

4. **唾液タンパクが初期う蝕の再石灰化に及ぼす影響について**

藤川晴彦^{1,2}、内山 章¹、中嶋省志^{1,2}、氏家高志¹、利倉隆浩³、杉森康二³、渡部英夫⁴

¹ ライオン株式会社オーラルケア研究所

² 九州大学大学院歯学研究院口腔保健開発学講座

³ 株式会社島津製作所

⁴ 島津サイエンス東日本株式会社

5. **QLF法とデジタル写真の相関関係の検討**

山岸 敦

花王株式会社ヘルスケア研究所

6. **QLFの特徴と今日の MI Dentistry の接点**

飯島洋一

長崎大学大学院医歯薬学総合研究科医療科学専攻

健康予防科学講座口腔保健管理学分野

Caries detection and assessment, a preventive approach to disease management

Professor Nigel Pitts

Dental Health Services Research Unit, University of Dundee, UK

This presentation will review the evidence base for caries detection and diagnosis, will outline recent international initiatives to achieve comparability with clinical visual detection, and find new methods for more sensitive early detection of caries and assessment of caries activity.

The ICDAS (International Caries Detection and Assessment System) will be described and its applications in clinical practice, clinical research, epidemiology and dental education will be outlined. Newer methods and their potential to help manage the disease process will also be considered.

Trends in Dutch Dentistry; The Need for Prevention

Elbert de Josselin de Jong PhD¹, Elbert Waller, Monique H van der Veen PhD^{1, 2}

¹ Inspektor Research Systems B.V., Amsterdam, The Netherlands

² Department of Cariology Endodontology Pedodontology, Academic Centre for Dentistry Amsterdam (ACTA), Amsterdam, The Netherlands

Abstract

The Netherlands, with a population of approximately 16 million people in an area of 41.500 km² with an average population density of 380 persons/km², in size and population roughly comparable to Kyushu, has seen a dramatic improvement in the dental health of its population since the introduction of fluorides (mainly by the use of fluoride dentifrices and topical fluoride application through dental practices). The mean DMFS for 12 year old children in the region of Friesland for example decreased from roughly 14 in 1973 to around 2 in 1988¹.

The dental practice has reacted to this change in the incidence of caries by raising the standard of care for natural teeth, more emphasis on aesthetics and consequently specialization.

At the same time, the dentist has also remained responsible for the by now more mundane tasks of educating patients in oral health, preventive treatment and the minimally invasive procedures. In this process, the dental practice has evolved from the original 'single chair' dentist through the dentist with an assistant to a dental practice with multiple chairs that employs assistants, oral hygienists and more than one dentist, each with his or her own specialty (approximately 1/3 of all dentists²). In the process, maybe also because of the relative absence of new means and methods for prevention as compared to the restorative aspects of dentistry, prevention has lost most of its original urgency as is reflected in the most recent change to the reimbursement system in the Netherlands where specific codes for preventive measures were abandoned and presumed to be included in the standard inspection.

However, with all the overall improvement of dental health, still 20% of the patients experience 80% of the caries (DMFS decrease occurred mainly in middle- and high-income children). Then there are indications that caries incidence may be rising again. Also, as a result of the improved dental health, the care for the elderly is now being confronted with an increased number of patients that enter the institutions while still in the possession of their natural denture which demands a different approach towards the oral care provided by these institutions. Last not but least, the population has emancipated and is demanding for more involvement in the management of their own health.

All of these factors have caused the expenditure on dental care to grow.

The Dutch government has reacted to this challenge by actively supporting

specialization in dental care and at the same time encouraging dental professionals to form multidisciplinary teams to provide all inclusive dental care and providing pressure to re-allocate tasks to improve efficiency and the quality of care and to reduce the costs. To this end it is in the process of differentiating the dental profession: where originally the dentist had the monopoly on oral care, the government has now introduced a new degree: bachelor of Health. The dental bachelor of Health is an independent professional who can provide non- and minimal invasive oral care and ideally is part of a multidisciplinary team. Prevention and non-invasive oral care are intended to be an important part of the bachelors task.

This new approach has met with some resistance. Apart from a reluctance of the traditional dentists to relinquish some of their hold on dental care, there has been concern that by allowing the bachelor of Health to perform invasive dentistry, considering the current restorative paradigm of dental care, the quality of preventive care will deteriorate even further, which is not the effect that the government has in mind.

This is where new diagnostic methods do play a crucial role by providing a quantitative measurement of the caries risk of the individual patient before restorative procedures are inevitable and a quantitative assessment of the effectiveness of preventive therapy. Quantitative Light-induced Fluorescence (QLF) is the first of these new diagnostic methods that has been successfully introduced into the standard clinical care. This is exemplified by case studies of two practices in the Netherlands. In 2004, QLF was introduced into these practices. Each practice reported a marked increase in patient-compliance to (preventive) therapy, an increase in the quality of the therapy and an increase in patient- as well as worker-satisfaction.

With its quick visual feedback, QLF was found to be very good instrument to involve the patient in treatment decisions and to empower the patient to take the responsibility for his or her own oral health. The improved detection of early lesions and bacterial activity and the quantitative monitoring of these factors helped the professional to more accurately assess risk, evaluate the results of their efforts and hence improve the quality of their work.

By providing a much needed evidence based platform for early detection of caries, gingivitis and other oral health threats, prevention can be boosted to recapture the place that it should have in the dental care as an independent and invaluable specialization.

References

- ¹ Has the decline in dental caries been halted? Changes in caries prevalence amongst 6- and 12-year-old children in Friesland, 1973-1988. Frencken JE, Kalsbeek H, Verrips GH. *Int Dent J.* 1990 Aug;40(4):225-30
- ² Dekker J den (ACTA). Hoe groot is het aanbod en neemt het toe of af? In: *Volksgezondheid Toekomst Verkenning, Nationaal Kompas Volksgezondheid.* Bilthoven: RIVM, Zorg/Curatieve zorg/Tandheelkundige zorg, 13 november 2002

The longitudinal development of caries lesions after orthodontic treatment evaluated by quantitative light-induced fluorescence

Monique H van der Veen PhD^{1, 2}, Thomas Mattousch³ DDS, Johan G. Boersma⁴ DDS

¹ Inspektor Research Systems B.V., Amsterdam, The Netherlands

² Department of Cariology Endodontology Pedodontology, Academic Centre for Dentistry Amsterdam (ACTA), Amsterdam, The Netherlands

³ Department of Orthodontics, Academic Center for Dentistry Amsterdam (ACTA), Amsterdam, The Netherlands

⁴ Private practice, Zwolle, The Netherlands.

Abstract

Decalcifications or white spot lesions are one of the risks of an orthodontic treatment [1, 2, 3]. White spots during orthodontic treatment are formed more rapidly than normally, due to prolonged accumulation and retention of plaque. It is generally believed that once the appliances are removed and oral hygiene is restored that these lesions regress. Existing studies report an improvement of lesions after debonding [4, 5] but the longterm implications of white spot lesions occurring during orthodontic treatment are unknown. To date there exists only one study where the natural behavior of white spot lesions resulting from orthodontic treatment with fixed appliances was studied quantitatively by following these lesions longitudinally in time after removal of the appliances [5]. The size of this study was limited, but the behavior of the lesions was well documented using Quantitative light induced fluorescence (QLF). In the present investigation (MEC01/099#01.17.594) we studied the natural behavior of white spot lesions in a larger group of orthodontic patients developed during treatment with fixed orthodontic appliances, after the removal of those appliances using quantitative light-induced fluorescence (QLF). A total of 58 subjects, 29 males and 29 females were enrolled in the study. Eligible participants were at least 12 years of age and had received treatment with fixed orthodontic appliances at the Academic Centre for Dentistry Amsterdam, The Netherlands (ACTA) for a period of at least one year. Subjects were examined with QLF for presence and extent of caries on their buccal surfaces directly after debonding and 6 weeks and 6 months thereafter. A number of 26 participants, 14 males and 12 females, were also examined for presence of caries 2 years after debonding. The fluorescence loss (ΔF [%]) and area of lesions [mm^2] were determined for all lesions found. A total of 421 carious lesions were recorded at debracketing with an average fluorescence loss (ΔF_0) of 10.3% (SD 5.4%). 97% of all subjects and on average 30% of the buccal surfaces in a person were affected. On average, in males 40% of surfaces and in females 22% showed white spots ($p < 0.01$). Caries prevalence was lower ($p < 0.01$) in incisors and cuspids than in molars and premolars [6]. During the first 6 months a total of 15 lesions were lost from QLF analysis: 11 lesions, all with a maximum fluorescence loss at baseline $\Delta F_{\text{MAX},0} > 25\%$, in two subjects were restored and 4 were not analyzed because they were not imaged

properly. Lesions varied from incipient, i.e. white spot, ($\Delta F_0 < 10\%$, $N=257$) to advanced, i.e. dentinal ($\Delta F_0 > 25\%$, $N=12$). Using the subjects as unit of research we observed a small lesion improvement 6 weeks after debracketing ($p < 0.01$) and a further lesion improvement was seen after 6 months ($p < 0.01$). Using the lesions as unit of research we noticed that incipient lesions on average showed a smaller improvement (relative decrease 2%, SD 20%) than lesions with $\Delta F_0 > 10\%$ (relative decrease 12%, SD 20%, $p < 0.01$). The 26 participants seen also 2 years after debonding had a total of 206 lesions at baseline. Of these, 5 lesions in 1 subject were restored by the 6 months visit and another 14 lesions in 5 other subjects were restored by the 2 year visit. In these 26 participants we could still observe a small significant lesion improvement 6 weeks after debracketing ($p < 0.01$) and again a further lesion improvement was seen after 6 months ($p=0.02$), but from 6 months to 2 years after debonding no further improvement ($p=0.6$) was seen. This implicates that lesions formed during orthodontic treatment, even when they remineralize to some extent, remain as permanent scars. Furthermore, in the 26 participants followed for 2 years, we found a number of 21 lesions that had significantly progressed on top of the 19 lesions mentioned earlier that were restored. The longitudinal follow-up of lesions with QLF in this study has shown that lesions developed during orthodontic treatment had the ability to improve once the fixed appliances were removed even when they were advanced, but the overall regression was small and one may debate the clinical relevance of it. Furthermore, 6 months after debonding no further significant changes were seen and about 20% of lesions worsened to an extent that restorative treatment was necessary or will become necessary in the near future. Given the amount and extent of lesions, research to investigate the potential of preventive measures to enhance lesion improvement is necessary. The use of QLF to monitor lesion development can provide useful information about efficacy of a treatment strategy in the individual patient and thus aid in controlling the caries process.

References

1. Wisth PJ, Nord A. Caries experience in orthodontically treated individuals. *Angle Orthod*, 1977. 47: 59-64.
2. Øgaard B, Rølla G, Arends J. Orthodontic appliances and enamel demineralization. Part 1: Lesion development. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 1988. 94: 68-73.
3. Gorelick L, Geiger AM, Gwinnett AJ. Incidence of white spot formation after bonding and banding. *Am J Orthod*, 1982. 81: 93-98.
4. Øgaard B, ten Bosch JJ. Regression of white spot enamel lesions: a new optical method for quantitative longitudinal evaluation in vivo. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 1994. 106: 238-242.
5. Al-Khateeb S, Forsberg CM, de Josselin de Jong E, Angmar-Mansson B. A longitudinal laser fluorescence study of white spot lesions in orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 1998. 113: 595-602.
6. Boersma JG, van der Veen MH, Lagerweij MD, Bokhout B, Prahl-Andersen B. Caries prevalence measured with QLF after treatment with fixed orthodontic appliances: influencing factors. *Caries Res*, 2005. 39: 41-47.

初期齲蝕および歯列等の新たな診断技術の開発に関する総合的研究

神原正樹

大阪歯科大学口腔衛生学講座

歯科疾患構造や歯科医療への需要構造が変化し、さらに、近年の 8020 推進事業への支援強化、健康日本 21・健康増進法の設立・制定などの変化の中で、齲蝕に対する予防や健康増進のための光学領域の技術を応用した Evidence-based な技術が出現し始めており、初期齲蝕早期検出が注目を集めている。

これまでの齲蝕診査は、齲蝕治療が必要な歯や部位を検出することが目的であるのに対し、齲蝕予防や健康増進を目的とした診査は、健全エナメル質から初期齲蝕(early caries, 表層下脱灰像を示し、再石灰化によって回復するエナメル質齲蝕, 予防処置ですむ段階)の歯の診査を行おうとするものである。このことにより、Caries prevention is invisible (齲蝕予防は見えない) から Caries prevention is visible (齲蝕予防が見える) を行おうというのが早期齲蝕検出の意味である。

これらのうち、定量蛍光法 (QLF; Quantitative Light-induced Fluorescence) は、光照射することによる歯の保有する蛍光を励起し、反射する蛍光が表層下脱灰部において乱反射することにより健全部との差を、フィルターを通して CCD カメラでコンピュータに取り込んだ画像を解析 (健全エナメル質との比較で判断し、脱灰面積, 最大深さ, 平均深さ, 脱灰量として数値化) することにより脱灰部の定量化を図るものである。歯が蛍光を有していることは、歴史的に古くから知られており、1926 年 Benedict が、エナメル質、象牙質の蛍光を可視、紫外線 (UV) 範囲で励起できることを初めて示したとされている。それ以来、多数の研究者により研究されてきているが蛍光物質の特定にはいまだいたっていない。

QLF 法が他の早期齲蝕検出法とは異なる特徴を有しているのは、初期齲蝕の定量化 (齲蝕面積, 脱灰深さならびに脱灰量) および初期齲蝕脱灰の画像化である。

QLF 法を用いた臨床研究 (1 年間) の結果では、齲蝕が進行した初期齲蝕は 49.5%、齲蝕が回復 (再石灰化) した初期齲蝕 41.5% であった。一方、ある種のフッ素配合歯磨剤を指示した初期齲蝕は、1 年後 71.5% の回復を示した。これまで報告されてきたフッ素配合歯磨剤の齲蝕抑制効果は、30-40% 程度であった結果と比較すると非常に高い齲蝕抑制率である。齲蝕検出を視診で行ってきた方法と QLF 法の定量化による齲蝕検出との精度の違いを示したものと考えられる。

齲蝕予防実践のための技術、早期齲蝕検出法が完成すると、初期齲蝕の評価 (進行・停止・回復) ができ、各歯に応じたテーラーメイド齲蝕予防治療が可能になる。また、現在行われている環境要因を中心とした齲蝕リスク評価に宿主要因を加えることができ、より、精度の高い齲蝕リスク評価を行うことができるようになる。さらに、齲蝕治療 (充填処置, 補綴処置) の二次齲蝕発現の有効性評価や新たな予防処置剤の開発にもつながる可能性がある。

これまでわれわれの講座で行ってきた QLF を使用した *in vitro* ならびに *in vivo* の研究成果をご提示し、皆さんと議論したいと考えています。

**Effects of Phosphoryl Oligosaccharide Calcium (POs-Ca) on Enamel Remineralization
as measured by QLF™**

Daisuke Inaba

Department of Preventive Dentistry, Iwate Medical University School of Dentistry

It was previously suggested that phosphoryl oligosaccharides calcium (POs-Ca) is quite soluble as a Ca supply source [Kamasaka H, *et al.*: Biosci Biotech Biochem 1995; 59: 1412-1416] and enhance remineralization of enamel *in vitro* [49th ORCA, 2002]. The aim of this study was to examine the combined effects of POs-Ca and fluoride on remineralization of enamel *in vitro* using Quantitative Light-induced Fluorescence (QLF™). The enamel slabs were prepared from bovine incisors and demineralized by immersion in a 0.1 M lactic acid gel containing 6wt% carboxymethylcellulose (pH 4.5) at 37°C for 2 w. Demineralized enamel samples ($\Delta F = -36.7 \pm 3.1\%$, $\Delta Z = 5,011 \pm 1,175$ vol%. μm) were exposed to one of the following solutions up to 7 d: A: mineral solution containing 1.5 mM CaCl_2 , 0.9 mM KH_2PO_4 and 20 mM Hepes (pH 7), B: mineral solution containing 2-ppm F^- as NaF, C: mineral solution containing 0.1% POs-Ca and D: mineral solution containing 0.1% POs-Ca and 2-ppm F^- (n = 6 per group). Finally, the samples were assessed by the QLF™ to quantify mineral changes. The ΔF value in the group D ($-15.5 \pm 7.2\%$) was greater by 29% than that of the group C ($-21.8 \pm 8.6\%$; p = 0.099 by unpaired t-test) and significantly greater (p < 0.01 by Tukey-Kramer multiple comparisons test) by about 50% compared to the groups A ($-31.4 \pm 8.0\%$) and B ($-31.1 \pm 4.0\%$). The delta F values in this study significantly correlated (r = 0.980; p < 0.01) with the mineral loss values (ΔZ , vol%. μm) in our previous study employing the same treatments (51st ORCA, 2004). In conclusion, it was suggested that the QLF and TMR parameter values corresponded obviously and that POs-Ca may influence the potential of fluoride enhancing remineralization.

Induction of White Spot Enamel Lesion by *S. mutans* Biofilm in an Artificial Mouth System and Quantification by QLF

Khairul Matin^{1,2}, Shamim Sultana¹, Masahiro Ono¹, Junji Tagami^{1,2}

¹ Cariology and Operative Dentistry, Department of Restorative Sciences

² COE program for FRMDRTB, Tokyo Medical and Dental University, Tokyo

Objective: Aspects of an Artificial Mouth System (AMS) to model the caries process in bovine enamel biofilm induced white spot enamel lesions (WSEL) were analyzed.

Methods: Square shaped and polished bovine enamel slabs were covered with modeling wax and 2.5 mm diameter window was prepared to expose enamel surface at the center of each slab. Artificial biofilms were grown inside an AMS on the slabs using freshly cultured *S. mutans* (MT8148) in suspended in phosphate buffered saline (PBS), heart infusion (HI) with 1% sucrose and PBS for 20, 30 and 40 hrs at 37°C. The severity of demineralization was quantified by Quantitative Light-induced Fluorescence (QLF, Inspector, Netherlands), nano-mechanical property changes were studied by a Nanoindenter (ENT-1100, Elionix, Japan), fine-structural change was observed by SEM after argon ion-etching. All experiments were repeated three times (n=5 for each group).

Results: A circular WSEL could clearly be detected at the center of each slab by naked eyes, which was prominent after dehydration by mild air drying. QLF data showed that severity of demineralization occurred with the increase of time interval, after 40 hours both ΔF (23 \pm 2.9) and ΔQ (148.75 \pm 26.78) were significantly more compared to ΔF (10.14 \pm 2.3) and ΔQ (47.63 \pm 30.67) of 20 hours. Hardness measured by nanoindenter at the center of all lesions was significantly reduced from unaffected enamel, 40-hr sample showed about 95% reductions. Perpendicularly trimmed surface topography after argon ion-etching by SEM clearly visualized depth of demineralized WSEL, widened inter-enamel prism channels, dislodgement of prism crystals and perforated prism structure at outer most layers.

Conclusion: An advanced in vitro model of biofilm induced WSEL was developed that showed promises to be useful in studying enamel demineralization.

エナメル質初期齲蝕の再石灰化に及ぼす Nd:YAG レーザー及びフッ素の影響

何 陽介¹、本川 渉¹、宮崎光治²

¹ 福岡歯科大学成長発達歯学講座成育小児歯科学分野

² 福岡歯科大学歯科医療工学講座生体工学分野

【目的】近年の小児歯科の日常臨床において、重篤な齲蝕は減少傾向にあるものの、エナメル質初期齲蝕病変である white spot を目にする機会はいまだ多い。また、white spot は初期う蝕から窩形成へと進行するため、その対応に苦慮することが多い。そこで、我々は white spot の再石灰化に対するフッ素塗布およびレーザー照射の影響を検討するため、ヒト抜去歯牙に人工的に white spot を作製し、フッ素塗布および Nd:YAG レーザー照射を行ったのち、石灰化溶液に浸漬し、QLF 装置（定量的光誘導蛍光装置）を用いて ΔF 、 ΔA および ΔQ の変化を経時的に測定し、若干の知見が得たので報告する。

【材料及び方法】臨床的理由により抜去され、生理食塩水中に保存されていたヒトの大白歯と小白歯の中から舌側および頬側面に白濁、亀裂、齲蝕のないものを選び、ロビンソンブラシで歯石、色素、沈着物を除去し、さらに #600~1500 の耐水研磨紙を用いて研磨したのち、マニキュアを用いて 3~4 mm 角の窓を形成した。そして、この歯牙を 0.1M 乳酸緩衝溶液（pH: 4.5, Ca: 3.0mM, P: 1.8mM, CMC: 1%, Thymol: 0.01%）20ml 中に浸漬し、37°C の恒温槽内で 72 時間脱灰を行った。脱灰後、アセトンを用いてマニキュアを溶解、除去し表層下脱灰試料とした。実験は下記の 4 群に分けた。

- Nd:YAG レーザー照射のみ（DLR 群）
- フッ化物（APF）塗布のみ（DFR 群）
- Nd:YAG レーザー照射後、フッ化物塗布（DLFR 群）
- フッ化物塗布後、Nd:YAG レーザー照射（DFLR 群）

各群の試料を再石灰化溶液（pH: 7.4, Ca: 3.0mM, P: 1.8mM, CMC: 1%）に浸漬し、石灰化状態の変化を 48 時間おきに 240 時間まで、QLF（Inspeceor Pro Ver2.0.0.16）を用いて測定した。なお、再石灰化溶液は 48 時間毎に新しいものと交換した。

【結果および考察】ヒトエナメル質に作製した white spot の ΔQ は、DLFR 群において特に日数の増加に伴う顕著な減少傾向が見られた。これは、レーザー照射後に APF を作用させるとフッ素の取り込みが増大し、耐酸性が増したという Tagomori らの報告¹⁾や、フッ素がエナメル質の再石灰化を促進する²⁾といわれていることなどに起因するものと思われる。また、DFLR 群では、レーザー照射後 2 日目に一旦増大したのち、日数の増加に伴って減少傾向を示し、DFR 群は日数の増加に伴って僅かに減少傾向を示したが、DLR 群は 2 日後に一旦増大し、その後変化が見られなかった。

【文献】

- 1) Tagomi S, Morioka T *et al.*: Combined Effects of Laser and Fluoride on Acid Resistance of Human Dental Enamel, *Caries Res.*,23:225~231,1989
- 2) Whitford G *et al.*: Effects on Physiologic and Biochemical Processor, *J Dent Res*,66:1072-1078,1987

唾液タンパクが初期う蝕の再石灰化に及ぼす影響について

藤川晴彦^{1,2}、内山 章¹、中嶋省志^{1,2}、氏家高志¹、利倉隆浩³、杉森康二³、渡部英夫⁴

1 ライオン株式会社オーラルケア研究所 2 九州大学大学院歯学研究院口腔保健開発学講座
 3 株式会社島津製作所 4 島津サイエンス東日本株式会社

【目的】初期う蝕の再石灰化に影響を及ぼす因子のひとつとして唾液成分がある。唾液中のタンパク成分は、ハイドロキシアパタイト等のリン酸カルシウムの結晶化や結晶成長を抑制することが知られている^{1,2}。そのメカニズムとして、タンパク成分と唾液中の無機イオンとの結合、または結晶成長部位への吸着等が指摘されている。本研究では、ヒト唾液のタンパク成分が初期う蝕の再石灰化進行に及ぼす影響を明確にすることを目的とし、ヒトエナメル質に人工的に作製した初期う蝕の再石灰化試験を行った。

【方法】

1) 脱灰サンプルの調製：エナメル表面を研磨し、約7×7mmのブロックに切断後、2mm×2mmのウィンドウを除いて、マニキュアで被覆した。エナメルブロックを37℃の脱灰液(CaCl₂:12mM, KH₂PO₄:10mM, NaCl:100mM, 乳酸:50mM, 酢酸:100mM; pH4.5)に浸漬し、初期う蝕を形成させた。2) 再石灰化液の調製：ヒト(6人)からパラフィン刺激によって吐出させた全唾液を混合、遠心分離(12000×g, 4℃, 20min)後、上清液を透析チューブ(Spectra/por MW1000)に注入し、4℃のリン酸緩衝液(NaH₂PO₄:5mM; pH6.9)および再石灰化液(CaCl₂:1mM, KH₂PO₄:3mM, NaCl:100mM, 酢酸:100mM, NaN₃:0.02%; pH 6.3)に対して透析した。透析後、チューブ内部液に蒸留水またはフッ化物イオン水溶液を添加し、唾液タンパク含有(P(+))再石灰化液とした(以下、P(+)/0 ppm F、P(+)/1 ppm F群)。また唾液タンパクを含まない(P(-))再石灰化液を調製した(以下、P(-)/0 ppm F、P(-)/1 ppm F群)。3) 再石灰化試験：脱灰サンプルを37℃の各再石灰化液に浸漬した(n=10/群)。液は7日毎に交換し、試験は4週間行った。4) 初期う蝕の評価：QLFシステムを用いて、経時的に蛍光強度を測定した。またマイクロCTシステム(SMX-100CT-SV; 株島津製作所)を用いて、ハーフスキャンモードにて各群のCT画像を取得し、アルミニウムのStep wedgeによりCT値を補正した。

【成績】各群の平均蛍光値(ΔF)を表1に示す。F⁻を1 ppm含む系において、唾液タンパクの添加により再石灰化反応は顕著に進行した(p<0.01)。一方、F⁻を含まない系において、唾液タンパクの添加により再石灰化反応は抑制された(p<0.01)。マイクロCTによる非破壊画像観察においては、TMR法と同様に初期う蝕を二次元で鮮明に視認でき、さらに各群の特徴的な再石灰化現象を確認した。

【結論】唾液タンパク成分は、再石灰化反応に大きな影響を及ぼす因子であり、フッ化物の再石灰化促進効果を増大させることが明らかになった。マイクロCTシステムは、新たな非破壊型の再石灰化評価法として有用であることが示唆された。

【文献】

- 1) Moreno EC *et al.*: Calcif Tissue Int. 28: 7-16, 1979
 2) Gliman H *et al.*: J Inorg Biochem. 55: 21-30, 1994

表. 各群の平均蛍光値(ΔF)の経時変化

	0W	1W	2W	3W	4W
P(+)/0 ppm F 群	-36.1±2.3	-33.1±1.8	-31.6±2.0	-31.3±1.8	-29.9±1.9
P(-)/0 ppm F 群	-36.4±1.6	-33.5±1.7	-31.9±2.2	-28.5±3.2	-25.0±3.9
P(+)/1 ppm F 群	-36.4±2.5	-31.6±3.6	-27.1±4.1	-24.9±4.3	-22.6±4.3
P(-)/1 ppm F 群	-36.3±1.6	-32.5±1.7	-32.2±2.6	-29.9±3.7	-31.6±3.3

QLF法とデジタル写真の相関関係の検討

山岸 敦

花王株式会社 ヘルスケア研究所

【目的】QLF法は非侵襲的に初期う蝕の検出が可能であり、我々もフッ化物の応用等が初期う蝕の再石灰化に及ぼす影響を調べるために活用している。通常、QLF法での測定にデジタルカメラによる写真撮影を組み合わせて調査を行っているが、QLF法で検出される初期う蝕は写真でも判別できることが多い。そこで、QLF法によって得られる各種パラメーターとデジタル写真から得られるパラメーターの相関関係を調べることに、それぞれの特徴を把握しより有効に活用すべく検討を開始した。QLFのデータと比較するための今回はデジタル写真の前処理について報告する。

【方法】初期う蝕は表層下で脱灰であるため、情報をデジタル写真で得るためには表面反射光が阻害因子になるため取り除く必要がある。そこで、光源（ストロボ）レンズにそれぞれ直線偏光フィルタを装着し、偏光の向きを垂直にすることにより表面反射を除去できるようにしたデジタルカメラを用いた。このカメラとQLF装置を用いて抜去歯の隣接面に生じた初期う蝕を撮影した。QLF法は通常通りの解析を行い、デジタル写真は色分解および2値化により初期う蝕の部位の抽出を行った。

【結果】デジタル写真（図1）をRGB各チャンネルに分離したところ（図2-1, 2, 3）、初期う蝕と思われる部位のコントラストが一番高いのはBで一番低く判別が困難だったのはRであった。そこで、Bの画像を解析した。2値化は隣接する健全部の輝度より10%高い値を閾値として用いた。検出された部分の形状は、デジタル写真とQLFでは若干異なっていた（図3-2, 4）。初期う蝕の面積は1.54mm²となり、QLF法で求めた1.25mm²と比較して約20%大きくなっていた。

これらの結果から、蛍光を用いて測定するQLF法と可視光を使用するデジタル写真では初期う蝕の検出については、類似性はあるものの同一ではないことが明らかになった。今後は輝度に関しても検討を加え、更にサンプル数を増やして相関関係の検討を行う予定。

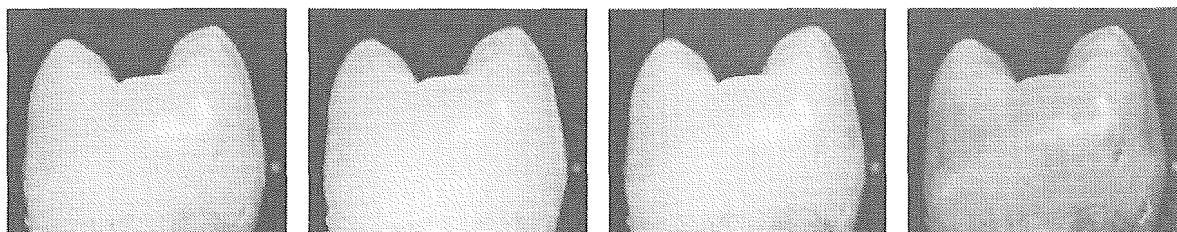


図1 元画像

図2-1 Rチャンネル

図2-2 Gチャンネル

図2-3 Bチャンネル



図3-1 QLF像

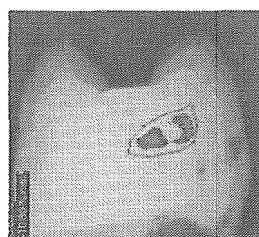


図3-2 QLF解析

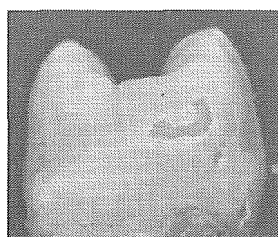


図4 Bチャンネル解析

QLFの特徴と今日のMI Dentistryの接点

飯島洋一

長崎大学大学院医歯薬学総合研究科医療科学専攻
健康予防科学講座口腔保健管理学分野

QLFの特徴に関しては、ミネラル喪失量とQLFデータとの関連を文献的に考察した結果について、ならびに臨床応用する際にQLFの留意点となる事項についても報告する。また今日のMI dentistryの概念に照らしてQLFはどのような役割が期待され、果たしているのか両者の接点について感想を含めてご紹介をいたします。