

図8 唾液成分とその機能 (Van Nieuw Amerongen A, et al : Salivary proteins : protective and diagnostic value in cariology?. Caries Res, 38 : 247-253, 2004.).

はホスト要因だけで成り立つことになる。その意味で、筆者は現在、口腔内の休養とは、口腔内環境液としての唾液が口腔内に適切に存在し、歯や粘膜組織が唾液に常に覆われていることが口腔内に休養を与えていると考えている。唾液がもつさまざまな機能は後述するが、口腔内環境液としての唾液は、口腔の健康増進という意味でも非常に重要であると言える。

#### IV. う蝕から歯を守る（う蝕予防に果たす）唾液の存在

う蝕予防を考えるためには、う蝕の原因論を明確にしておく必要がある。宿主—病原因子—食事要因の三大要因を基礎にした多要因説に基づき、それぞれの要因のバランスでう蝕の病因論は説明される。このうち、宿主要因がこれまで最も把握しにくい要因であった。健全歯を疾患から予防するためには、この宿主要因の客観的把握を目的とした歯科医学、デンタルサイエンスのさらなる進展が望まれる。その中で、唾液からの情報は、試料採取が容易なことからよく研究されてきており、唾液成分とその機能

をまとめると図8のようになる。唾液のもつ機能が口腔保健の維持および歯の保護に果たす役割は、以下の5点を挙げることができる。

- ① 唾液ムチンやプロリンリッチ糖タンパク質の膜に覆われることによる持続的保持。
- ② 初期のペリクルタンパク質、プロリンリッチタンパク質およびスタセリンがカルシウムイオンを引き寄せ、エナメル質の再石灰化を促進。
- ③ 唾液や歯垢液中のカルシウムおよびリン酸イオンと共同して、ペリクルタンパク質が脱灰を防止。
- ④ 各種の唾液由来の（糖）タンパク質がエナメルタンパク質への口腔内細菌の付着を防ぎ、細菌の成長を抑制。
- ⑤ 唾液の重炭酸／炭酸イオンによる緩衝システムが酸の急激な中和に寄与。

このうち、う蝕予防に果たす唾液の役割について詳述する。

##### 1. 歯に対し飽和溶液である唾液

歯を蒸留水に浸漬すると、歯からカルシウムおよびリン酸イオンが溶出する。その溶出は、溶液中の

カルシウムやリン酸イオンが過飽和となる平衡関係になるまで継続する。唾液が歯に対して過飽和溶液であることは、歯の表層下脱灰(subsurface lesion)、すなわち表層エナメル質の下で脱灰が起こることと関わっている。すなわち、エナメル質に白斑(ホワイトスポット white spot, 表層下脱灰)が生じるためには唾液が必要になる。白斑は、最近、初期う蝕(early caries)とも呼ばれ、臨床的には実質欠損を伴わない脱灰で、学校検診で言う CO(Caries Observation, 要観察)にも含まれ、う蝕の分類では健全歯として評価される。また、この初期脱灰状態では可逆的、すなわち健全に戻る(再石灰化、回復性)、脱灰が進行し Caries Grade 1になる(進行性)、また、そのままの状態では推移する停滞性など三態を示す。

過飽和溶液である唾液が存在せず、直接酸溶液で歯を脱灰すると表層エナメル質が残らず、表層からの脱灰である、いわゆる酸蝕症(エロージョン erosion)が生じる。エロージョンはこれまで酸を扱う工場で問題とされてきたが、現在ではほとんど見られなくなってきている。しかし欧米では、缶コーヒーなど清涼飲料水によるエロージョンが問題になってきており、日本でも今後、う蝕に関わる課題として浮上してくると考えられる。

## 2. 唾液の抗菌作用(表1)

唾液には抗菌性を示す物質が含まれている。たとえば、ラクトフェリンは口腔内の第二鉄イオンと結合するはたらきがある。第二鉄イオンは細菌が成長するために必要な成分であるため、このイオンが補充できない状況では繁殖ができなくなる。リゾチームは細菌の細胞壁に作用し分解させるはたらきがあり、細胞壁が分解されると細胞は自然と溶解しはじめ、結果として細菌を死滅させる。

## 3. 唾液の緩衝作用

pHの変化に抵抗する能力を緩衝能(buffer capac-

表1 唾液タンパク質と細菌との関わり

| 唾液タンパク質                       | 特 性               |
|-------------------------------|-------------------|
| Agglutinin                    | 細菌凝集              |
| Cathelicidin (LL37)           | 広範囲の殺菌            |
| Cystatins/VEGh                | Protease 抑制       |
| Defensins                     | 広範囲の殺菌            |
| EP-GP                         | 未知                |
| Histatins                     | 広範囲の殺菌            |
| Immunoglobulins               | 細菌の不活性化と凝集        |
| Lactoferrin                   | 生育抑制              |
| Lactperoxidase                | 生育抑制              |
| Lysozyme                      | 殺菌                |
| MUC5B (mucin MG1)             | ペリクル内 proton 拡散障壁 |
| MUC7 (mucin MG2)              | 凝集                |
| Proline-rich glycoprotein     | 未知(凝集?)           |
| Proline-rich proteins (aPRPs) | 付着                |
| Proline-rich proteins (bPRPs) | 未知(細胞壁破壊)         |
| Statherin                     | 付着                |

(Van Nieuw Amerongen A, et al : Salivary proteins : protective and diagnostic value in cariology?. Caries Res, 38 : 247-253, 2004.)

ity)という。唾液の pH が中性に保たれているのは、この緩衝能による。ヒト唾液の緩衝能は、炭酸/重炭酸塩システム、リン酸塩システムおよびタンパク質によって調整される。このうち、最も重要なのは炭酸/重炭酸塩システムである。これは次の平衡関係に基づいている。



酸が添加されたときには、重炭酸が弱い炭酸を放出する。この炭酸は急激に水と二酸化炭素に分解されて溶液から遊離する。多くの緩衝剤と対照的に、この仕組みは弱酸の蓄積だけでなく、酸を完全に除去する結果となる(J O Tenovuo ed. (石川達也, 高江洲義矩監訳): Human Saliva; Clinical Chemistry and Microbiology (唾液の科学). 38-51, 一世出版, 東京, 1998.)。

グルコース溶液含有後の歯垢中の pH 変動を示したステファン・カーブ(Stephan curve)が、いったん pH が低下した後、時間経過に伴い中性領域に戻ることも歯垢中の緩衝作用(タンパク質およびフッ素が緩衝物質)による。唾液における同様の pH

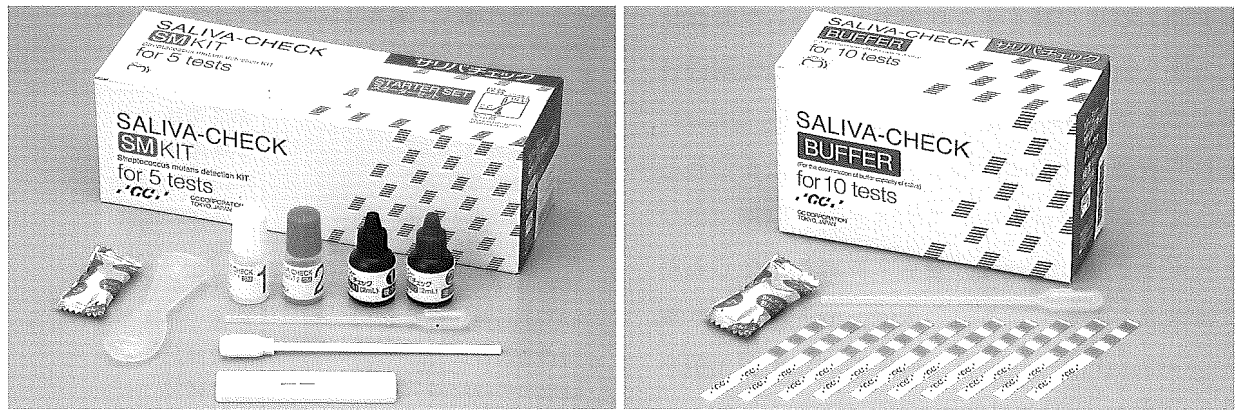


図9 サリパチェック SM (左) とサリパチェック Buffer (右, 共にジーシー).

測定でも pH の変動幅は少ないが, 同様の変化を示し, 唾液中の緩衝能により pH は中性領域に戻る.

唾液緩衝能は唾液分泌量に比例する. すなわち唾液分泌量が多い人は緩衝能が高く, 少ない人は緩衝能が低いことになる. この性質を利用してう蝕活動を調べるのが唾液緩衝能テストであり, 簡便に調べられるキットが市販されている (図9).

図10は, う蝕罹患状況が低い某小学校学童 (4 ~ 6 年生) の唾液緩衝能の分布を示している. Dentobuff 法およびチェックバフ法の 2 種類による緩衝能検査の結果は, 近似した唾液緩衝能値を示している. 図11に, 20歳代の唾液緩衝能と永久歯う蝕罹患状況を示す. 唾液緩衝能が高い群は永久歯う蝕が低く, 低い群は永久歯う蝕が高いことを示し, 唾液緩衝能と永久歯う蝕罹患状況との関係が強いことがわかる. 図12は, 学童 (小学校 4 ~ 6 年生) の唾液緩衝能と永久歯う蝕罹患状況を示しているが, 唾液緩衝能が低い群は中程度および高い群に比べ, 有意に高いう蝕罹患状況を示す. 唾液緩衝能が低い学童に対する, プログラムされたう蝕予防が必要であることがわかる. 図13は, 学童 (小学校 4 ~ 6 年生) の唾液緩衝能と 1 年後永久歯う蝕発生者率との関係を見たものであるが, 唾液緩衝能が低い群では 1 年後のう蝕発生者が多く, 予測性が高いことがわかる. す

なわち唾液緩衝能はう蝕現症との関係が強く, また低い群でのう蝕予測性が高いことから, 唾液緩衝能をう蝕プログラムに効率的に使用することが望まれる.

#### 4. 唾液と再石灰化

初期う蝕の表層下脱灰は, 適切な条件下で再石灰化する. 人間の組織の中で最も硬いエナメル質は, 1960年代までは脱灰方向への変化のみが起こると考えられてきた. しかし, Kourorides による実験的研究や Backer-Dirks による白斑に対する臨床的研究から, エナメル質の初期う蝕は脱灰方向にも再石灰化方向にも動く, 可逆的変化を示すことがわかってきた. 再石灰化はエナメル質が石灰化する remineralization と言われるが, 当初, 再硬化 rehardness や再結晶化 recrystallization とも呼ばれた. 図14に, *in vitro* でのエナメル質表層下脱灰像と再石灰化した像を示す. 脱灰したエナメル質が完全に再石灰化されていることを示している. また, 図15に *in vivo* での所見を示すが, 表層下脱灰の白斑が 1 年後には完全に消失し, 再石灰化したこと, 脱灰エナメル質が修復されたことを示している.

このエナメル質の再石灰化現象の際, エナメル質に対して飽和溶液である唾液は非常に重要なはたら

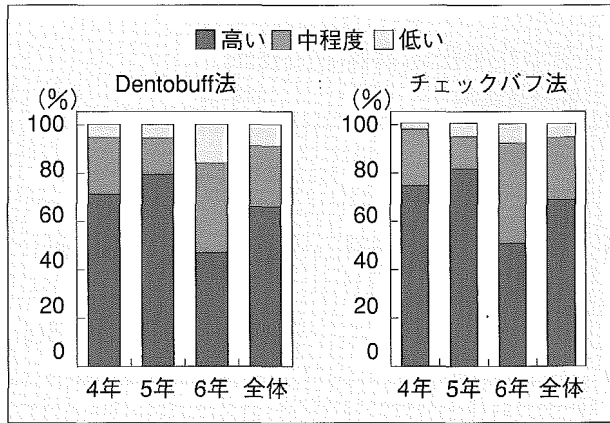


図10 学童（小学校4～6年生）の唾液緩衝能の分布。

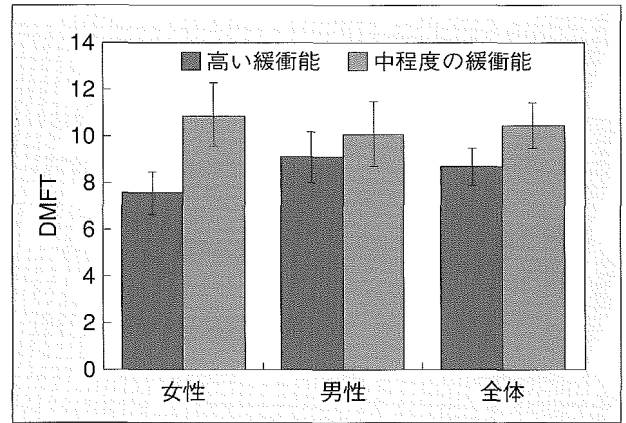


図11 20歳代の唾液緩衝能と永久歯う蝕経験状況。

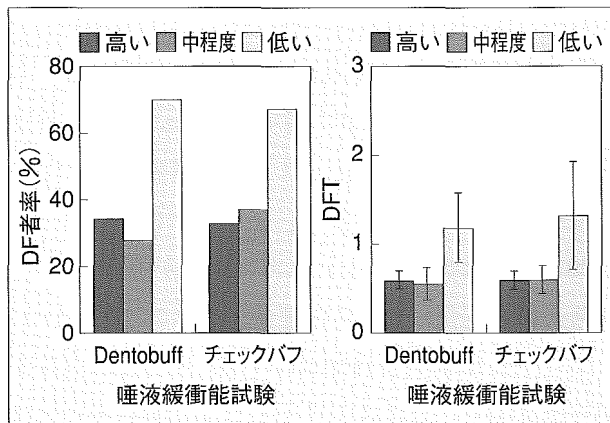


図12 学童（小学校4～6年生）の唾液緩衝能と永久歯う蝕経験状況。

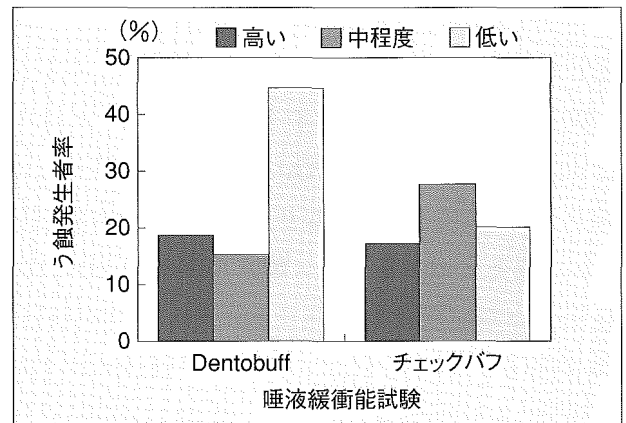


図13 学童（小学校4～6年生）の唾液緩衝能と1年後永久歯う蝕発生者率。

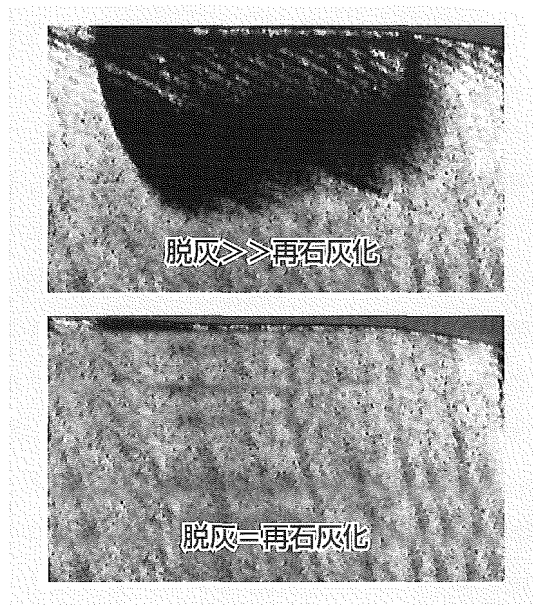


図14 エナメル質表層下脱灰像と再石灰化像。

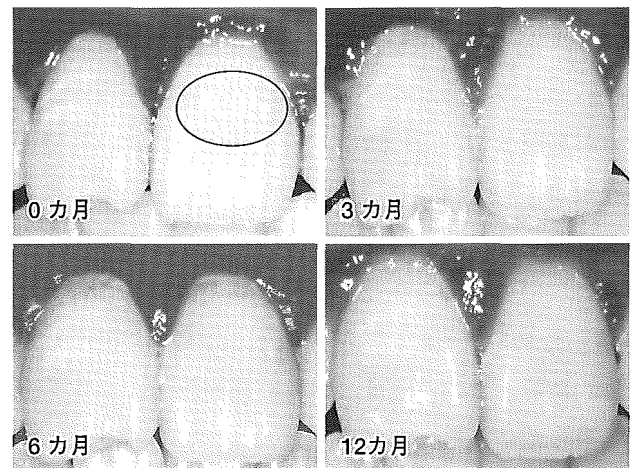


図15 白斑の1年後の再石灰化による消失。

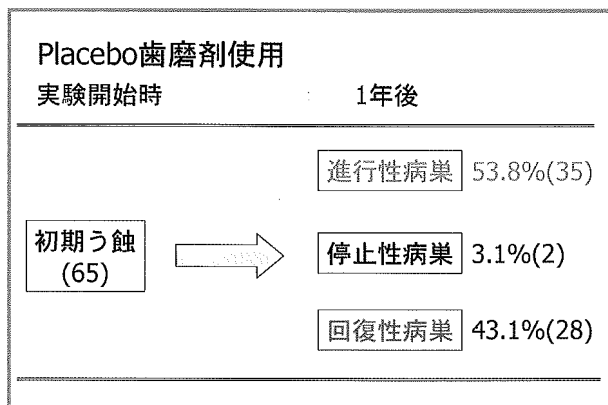


図16 初期う蝕病巣の追跡結果①.

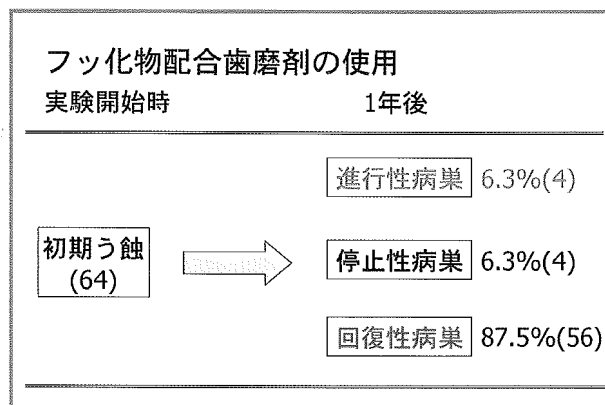


図17 初期う蝕病巣の追跡結果②.

きをする。リン酸カルシウムの結晶体であるエナメル質は、基本的には hidroキシアパタイト (Hydroxyapatite,  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ) から成っているが、アパタイトは多様なリン酸カルシウム塩を呈する。たとえば、第二リン酸カルシウム (DCPD,  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )、オクタ・リン酸カルシウム (OCP,  $\text{Ca}_4\text{H}(\text{PO}_4)_3 \cdot 21/2\text{H}_2\text{O}$ )、 $\beta$ -第三リン酸カルシウム (TCP,  $\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ )、フルオロアパタイト (Fluoroapatite,  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$ ) 等である。

再石灰化するということは、脱灰した表層下脱灰が再び石灰化し、上記のようなアパタイト構造に修復されることを意味する。再石灰化した部位には元のエナメル質構造とは異なる成分・構造を有するものが形成され、この新たに再石灰化した構造物は元のものに比べ溶解しにくいとも言われている。再石灰化が起こる条件として、エナメル質を覆う飽和溶液としての唾液の存在が最も重要であり、この外部環境液中にフッ素が存在すると、再石灰化はより促進される。このことは、われわれが行った臨床研究で明らかになってきている。

129名の少なくとも1つの白斑をもつ被検者を、フッ化物配合歯磨剤とフッ化物が配合されていないPlacebo歯磨剤との2群に分け、1年間、これら2群の歯磨剤を使用した後の白斑の動向について調べた研究である。図16に、Placebo歯磨剤群での結果

を示す。総数65の白斑は、1年後に進行性を示したのが53.8%、停止性を示したのが3.1%、回復性を示したのが43.1%であった。フッ素が配合されていない歯磨剤を使用した群では、フッ素が存在しなくても40数%の回復性、すなわち再石灰化が生じており、唾液の再石灰化に及ぼす影響が大きいことがわかる。一方、フッ化物配合歯磨剤群では、87.5%の白斑が回復性を示し、いまさらながらフッ化物の再石灰化促進作用が非常に大きいことが明らかとなった(図17)。日本でも、フッ化物配合歯磨剤の市場占有率がやっと先進国と同様に90%を超える状況を迎えているが、このことが日本のう蝕減少に大きく関わっていることが想像される。

この初期う蝕の臨床研究ができるようになったのは、初期う蝕早期検出機器が開発されてきたことによる。これまで初期う蝕の診断は、視診によって主観的に行われてきたが、最近の初期う蝕検出機器は、客観的かつ定量的に初期う蝕を評価できるようになってきている。現在開発され、臨床的に使用されている初期う蝕検出機器には、①ECM(電気伝導度測定, Electrical Conductance Measurement)、②DIFOTI(Digital Imaging Fiber Optical Transillumination)、③DIAGNOdent(Infra-Red Laser Fluorescence)、④QLF(定量的光誘導蛍光法; Quantitative Light-Induced Fluorescence)などが

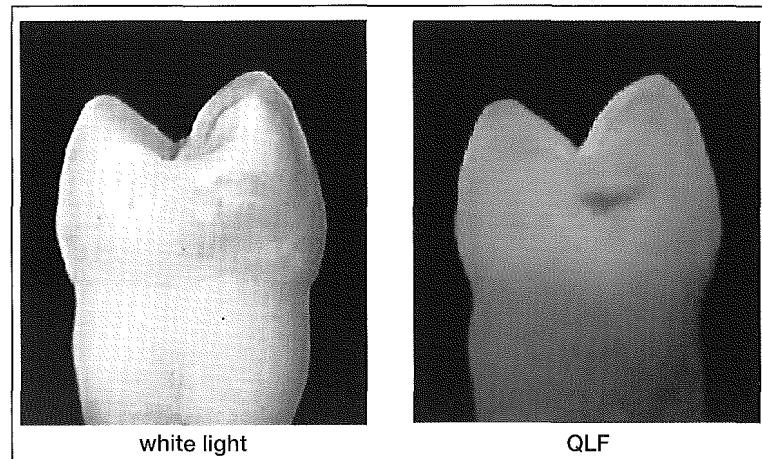


図18 自然光(左)とQLF(右)による比較画像。

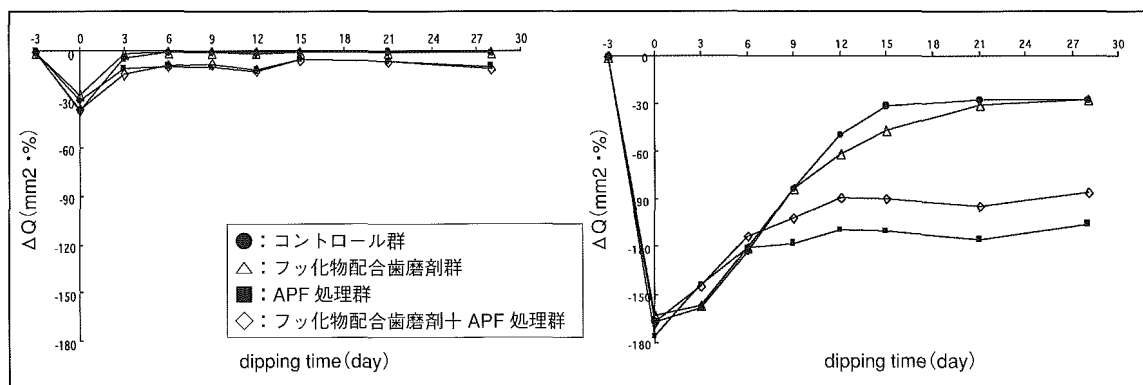


図19 各種フッ化物応用と再石灰化。

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確認する必要がある。APF処理群では、試料表層にCaF<sub>2</sub>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<br>ほぼなし                    | 砂糖少なく<br>う蝕原性少                  | 中等度の<br>砂糖摂取                    | 砂糖摂取多く<br>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<br><10 <sup>5</sup> cfu/ml | クラス1<br>>10 <sup>5</sup> cfu/ml | クラス2<br><10 <sup>6</sup> cfu/ml | クラス3<br>>10 <sup>6</sup> cfu/ml |
| 刺激唾液<br>分泌速度 | 正常<br>>1.1ml/1min               | 低い<br>0.9~1.1ml/1min            | 低い<br>0.5~0.9ml/1min            | 非常に低い<br><0.5ml/ 1min           |
| 唾液緩衝能        | 適正<br>Dentobuff =青              | 減少<br>Dentobuff =緑              | 低い<br>Dentobuff =黄              |                                 |
| 臨床判断         | 上記データ<br>より良好                   | データと一致                          | データより<br>リスクが高い                 | 非常に高い<br>リスク確信                  |

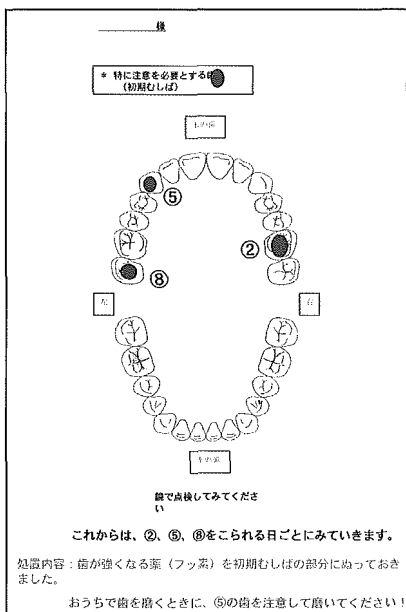
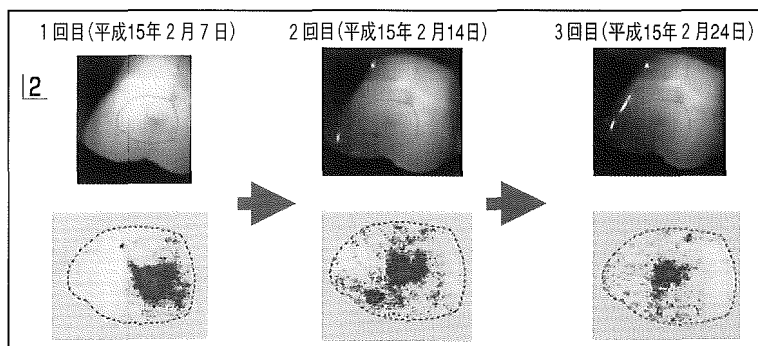
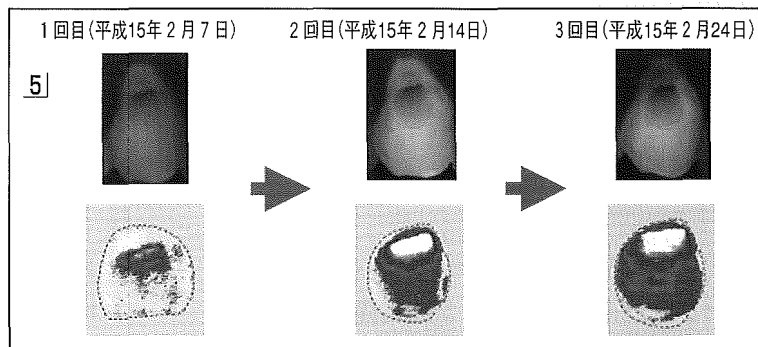


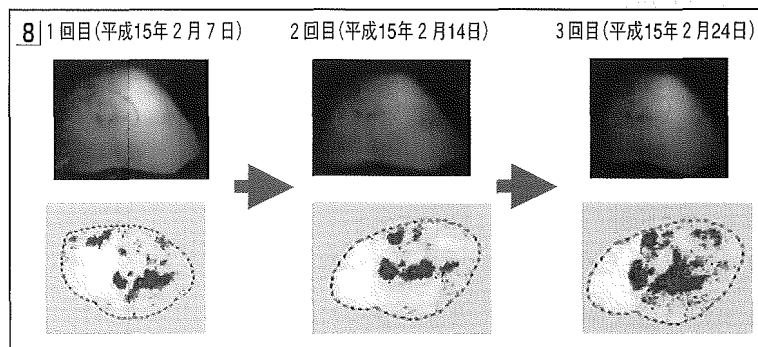
図20-a 患者へのQLF臨床応用例.



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：少し虫菌が進んでいる→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

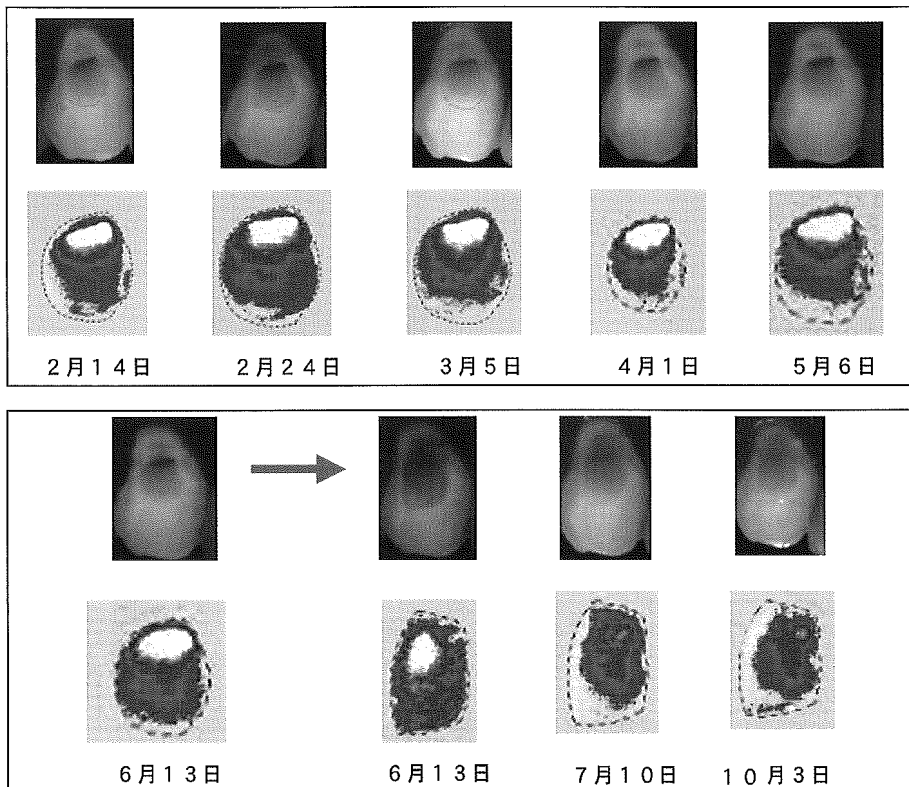


図20-b 5]の経日的QLF観察結果.

|            | 0カ月                  | 6カ月                  | 18カ月                 | 24カ月                 |
|------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| $\Delta F$ |                      |                      |                      |                      |
| Area       | 3.24 mm <sup>2</sup> | 2.28 mm <sup>2</sup> | 4.38 mm <sup>2</sup> | 3.60 mm <sup>2</sup> |
| Average    | -26.8 %              | -26.0 %              | -33.3 %              | -33.7 %              |
| $\Delta R$ |                      |                      |                      |                      |
| Area       | 0.78 mm <sup>2</sup> | 0.72 mm <sup>2</sup> | 3.25 mm <sup>2</sup> | 3.88 mm <sup>2</sup> |
| 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 ( $\Delta F$ :根面う蝕,  $\Delta R$  根面う蝕部歯垢のQLF分析).



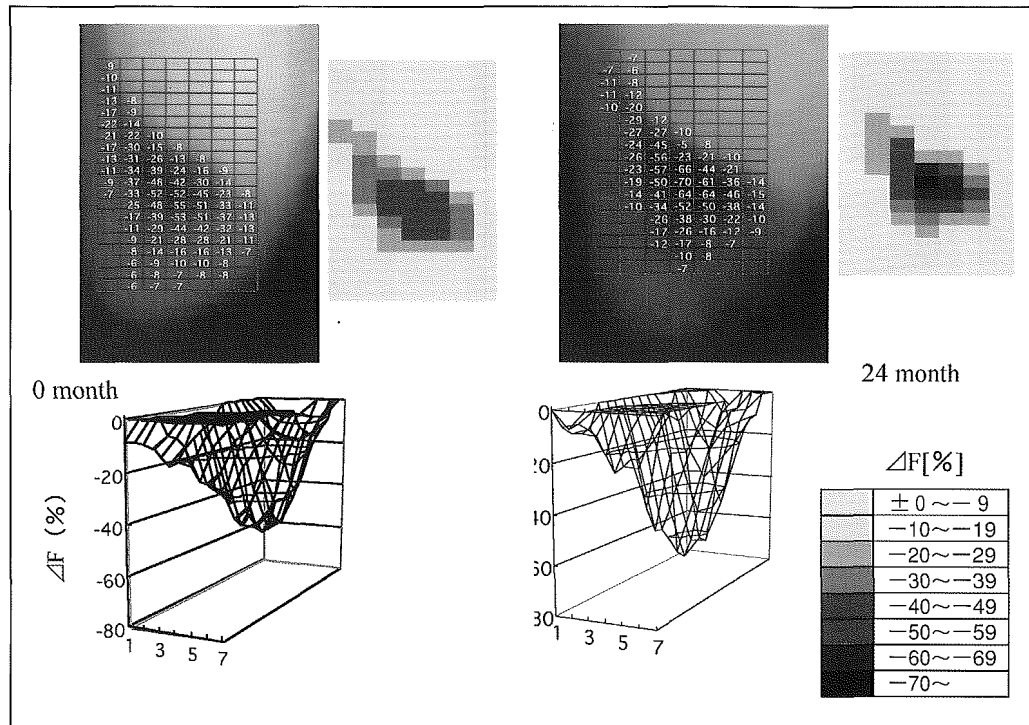


図22 QLF 画像からの根面う蝕の三次元化像。

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、齶蝕減少期に必要である初期齶蝕の捉え方、診断、評価について、検討することにいたしました。現在、新たな齶蝕評価システムの開発が世界の齶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。今後の日本の齶蝕診断・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 PhD<sup>1</sup>, Elbert Waller, Monique H van der Veen PhD<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Inspektor Research Systems B.V., Amsterdam, The Netherlands

<sup>2</sup> 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<sup>1,2</sup>, Thomas Mattousch<sup>3</sup> DDS, Johan G. Boersma<sup>4</sup> DDS

<sup>1</sup> Inspektor Research Systems B.V., Amsterdam, The Netherlands

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

<sup>3</sup> Department of Orthodontics, Academic Center for Dentistry Amsterdam (ACTA), Amsterdam, The Netherlands

<sup>4</sup> 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<sup>1,2</sup>, Shamim Sultana<sup>1</sup>, Masahiro Ono<sup>1</sup>, Junji Tagami<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Cariology and Operative Dentistry, Department of Restorative Sciences

<sup>2</sup> 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<sup>1</sup>、本川 渉<sup>1</sup>、宮崎光治<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 福岡歯科大学成長発達歯学講座成育小児歯科学分野

<sup>2</sup> 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<sup>1,2</sup>、内山 章<sup>1</sup>、中嶋省志<sup>1,2</sup>、氏家高志<sup>1</sup>、利倉隆浩<sup>3</sup>、杉森康二<sup>3</sup>、渡部英夫<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ライオン株式会社オーラルケア研究所

<sup>2</sup> 九州大学大学院歯学研究院口腔保健開発学講座

<sup>3</sup> 株式会社島津製作所

<sup>4</sup> 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 PhD<sup>1</sup>, Elbert Waller, Monique H van der Veen PhD<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup> Inspektor Research Systems B.V., Amsterdam, The Netherlands

<sup>2</sup> 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 km<sup>2</sup> with an average population density of 380 persons/km<sup>2</sup>, 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 1988<sup>1</sup>.

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 dentists<sup>2</sup>). 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

- <sup>1</sup> 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
- <sup>2</sup> 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<sup>1, 2</sup>, Thomas Mattousch<sup>3</sup> DDS, Johan G. Boersma<sup>4</sup> DDS

<sup>1</sup> Inspektor Research Systems B.V., Amsterdam, The Netherlands

<sup>2</sup> Department of Cariology Endodontology Pedodontlogy, Academic Centre for Dentistry Amsterdam (ACTA), Amsterdam, The Netherlands

<sup>3</sup> Department of Orthodontics, Academic Center for Dentistry Amsterdam (ACTA), Amsterdam, The Netherlands

<sup>4</sup> 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 ( $\Delta F$  [%]) and area of lesions [ $\text{mm}^2$ ] were determined for all lesions found. A total of 421 carious lesions were recorded at debracketing with an average fluorescence loss ( $\Delta F_0$ ) 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* [49<sup>th</sup> 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%. $\mu\text{m}$ ) were exposed to one of the following solutions up to 7 d: A: mineral solution containing 1.5 mM CaCl<sub>2</sub>, 0.9 mM KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> and 20 mM Hepes (pH 7), B: mineral solution containing 2-ppm F<sup>-</sup> as NaF, C: mineral solution containing 0.1% POs-Ca and D: mineral solution containing 0.1% POs-Ca and 2-ppm F<sup>-</sup> (n = 6 per group). Finally, the samples were assessed by the QLF™ to quantify mineral changes. The  $\Delta F$  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 ( $\Delta Z$ , vol%. $\mu\text{m}$ ) in our previous study employing the same treatments (51<sup>st</sup> 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.