

図6 1 成人叢生症例の一例

- A : 上顎前歯部
- B : 口蓋側からの蛍光像に見られた捻転・叢生のある上顎左側中切歯近心面の初期う蝕 (→)
- C : 叢生のない上顎右側側切歯口蓋側の蛍光像)

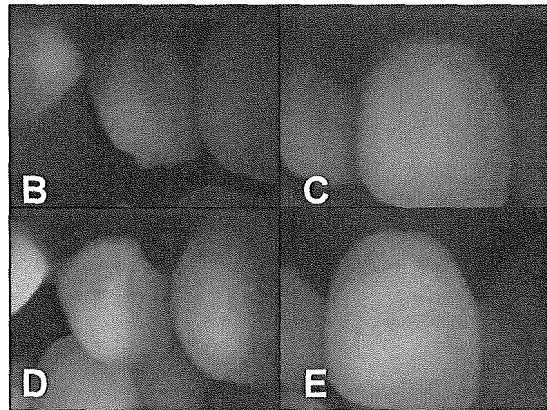
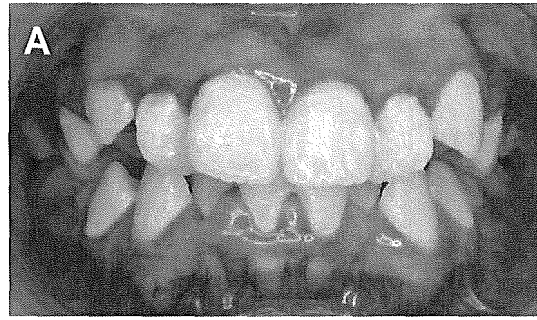


図6 2 叢生および低位歯を伴う若年者の口腔清掃不良症例の一例

- A : 赤色蛍光を発する歯垢の沈着および歯肉炎
- B - D : 蛍光像
- B, C : 歯面清掃前
- D, E : 歯面清掃後
- B, D : 上顎右側側切歯部叢生
- C, E : 上顎右側犬歯萌出中で低位

叢生部位でもう蝕好発部位である臨在歯との接触部に存在するう蝕の疑わしき蛍光像は認められたが、確証を得るには至らなかった。隣接面の接触点周辺と同様、QLF法での検出はやや困難で、歯の移動中に接触部位を離開することによってう蝕の存在が確認できた (図6 3)。

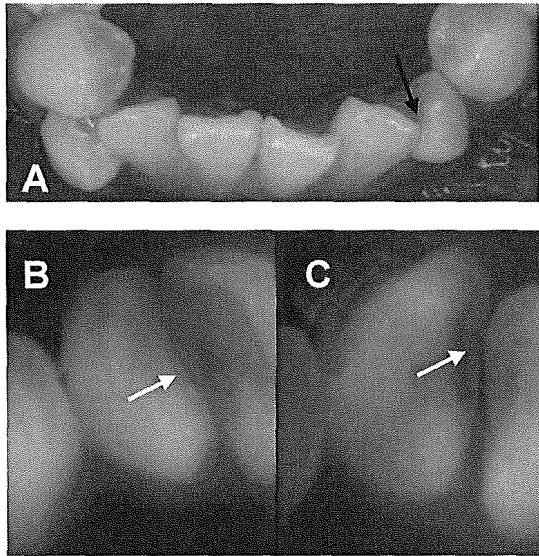


図 6 3 叢生のある下顎左側犬歯舌側面
 (隣在歯との接触部位：→) の齶蝕例
 A：治療前
 B：治療前の蛍光像
 C：拡大後の蛍光像

同一個人内において、叢生、空隙、低位咬合がない部位(図 6 4)に比べ、叢生(図 6 2、6 5)、空隙(図 6 6)、低位咬合(図 6 7)がある部位では、赤色蛍光を発する歯垢や歯石の付着が多かった。特に舌側転位している歯の唇側面(図 6 2)、唇側転位している歯の舌側面(図 6 7)および捻転歯では顕著であった。

母集団全体でも同様の傾向であった(図 6 8、6 9、7 0)。すなわち、叢生、空隙、低位咬合がない部位に比べ、叢生、空隙、低位咬合がある部位では、赤色蛍光を発する歯垢や歯石の付着が多く、分割表分析と Fisher の正確な検定により、下顎の空隙を除き、叢生、空隙、低位咬合と赤色蛍光を発する歯垢や歯石の付着に関連性があることが示唆された。

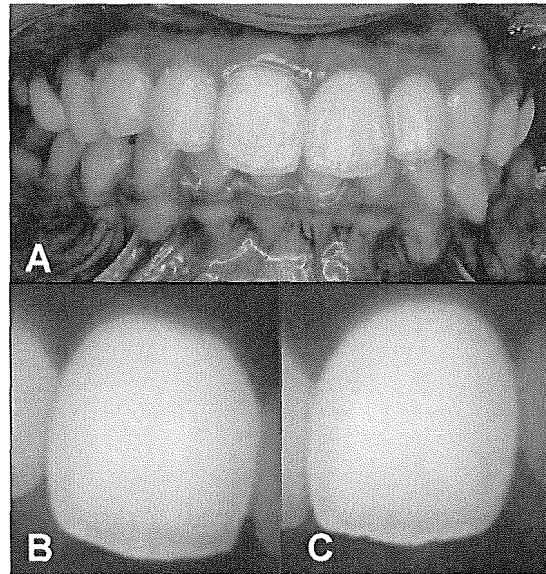


図 6 4 叢生が少ない若年者の過蓋咬合例
 B, C：叢生、空隙、低位咬合がない上顎中切歯の蛍光像、周囲に赤色蛍光は認められない

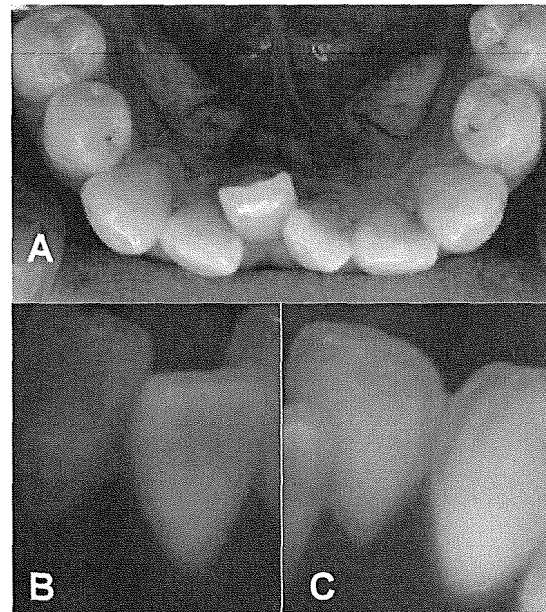


図 6 5 叢生のある下顎前歯部舌側の一例
 A：下顎中切歯が舌側転位している
 B：叢生のある中切歯歯頸部には赤色蛍光を発する歯石が見られる
 C：叢生のない右側犬歯周囲には明らかな赤色蛍光は認められない

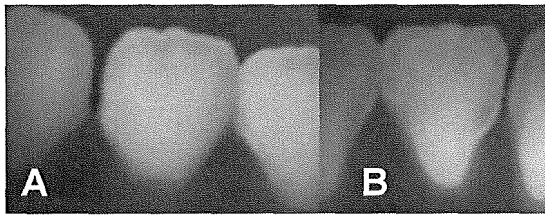


図66 空隙のある下顎切歯唇側面の一例
A, B: 切歯部は接触点が離開してわずかな空隙が認められ、隣接面歯頸部付近に赤色蛍光を発する歯石の沈着が認められる

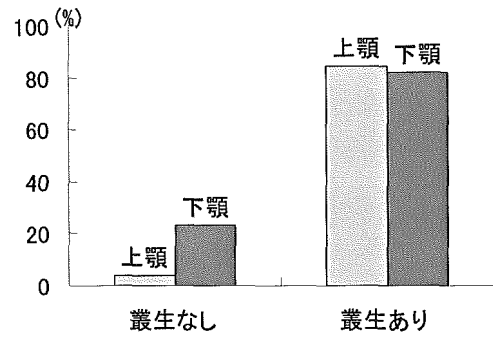


図68 叢生の有無による赤色蛍光を発する歯垢・歯石が付着している歯の割合

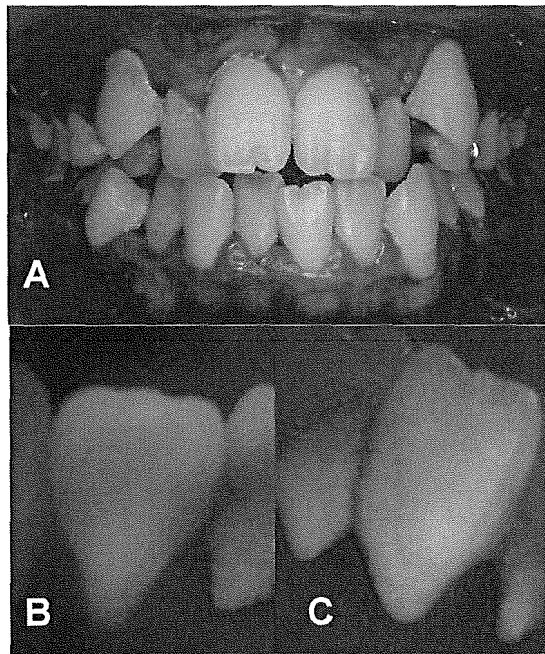


図67 叢生と低位咬合（開咬、犬歯低位唇側転位）を伴う口腔清掃不良症例の一例
B: 叢生と低位咬合のない左側側切歯周囲に赤色蛍光を発する歯石は少ない、
C: 叢生と開咬を伴う下顎中切歯部に赤色蛍光を発する歯石の沈着が多く認められる

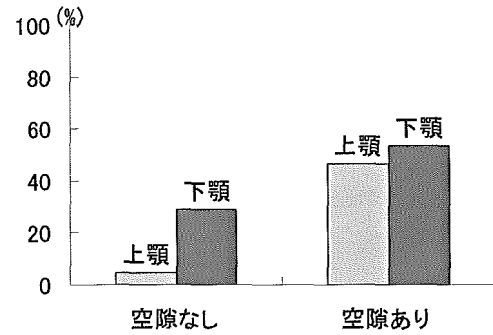


図69 空隙の有無による赤色蛍光を発する歯垢・歯石が付着している歯の割合

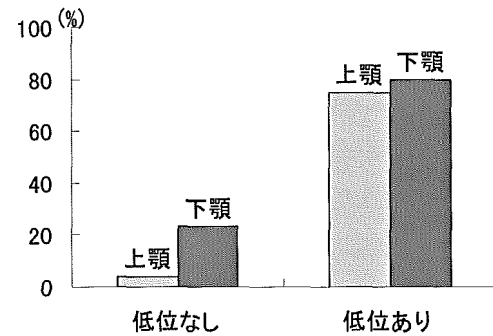


図70 低位咬合の有無による赤色蛍光を発する歯垢・歯石が付着している歯の割合

矯正歯科治療既往者では、叢生、空隙、低位咬合の改善に伴い、赤色蛍光を発する歯垢・歯石の付着も少なかった（図71）。

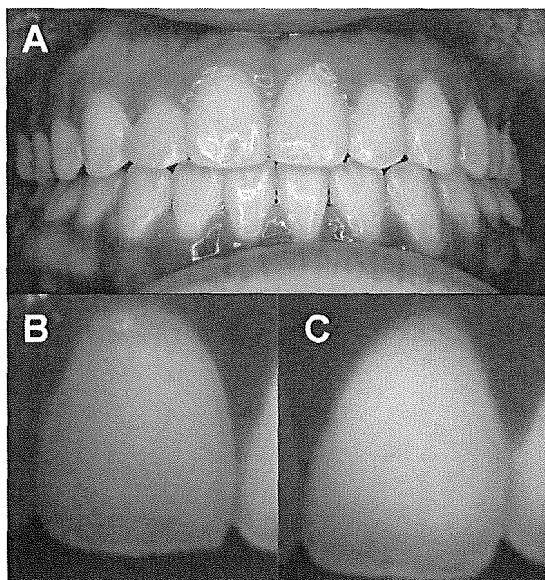


図71 矯正歯科治療既往者の一例
B, C: 上顎中切歯唇側面の蛍光像

D. 考察

①QLF法によるエナメル質人工初期う蝕試料の脱灰および再石灰化に関する研究

a) エナメル質表面性状および脱灰溶液の違いによる表層下脱灰エナメル質の脱灰程度の差異について

鏡面試料において脱灰程度が大きかった理由は、鏡面研磨操作によりエナメル質最表層が200~400 μ m取り除かれることにより比較的均質な構造のエナメル質が得られ、脱灰溶液に含まれる酸の影響を受けやすくなったことによると考えている。また鏡面試料でサンプルごとのばらつきに大きな差は見られなかった理由も、比較的均質な構造のエナメル質が得られたことに起因していると考えている。

鏡面試料において脱灰溶液ごとの違いが観察された理由は、A液の方がpHが低いこと（A液:pH 4.5、B液:pH 5.0）、B液には水溶性レジンが添加されており、溶液に粘性があるためミネラル分の溶出がA液よりゆるやかである可能性があることなど、それぞれの溶液の特徴が反映されたものと考えている。

b) エナメル質人工表層下脱灰試料の脱灰程度と再石灰化溶液におけるフッ素濃度がエナメル質人工表層下脱灰試料の再石灰化に及ぼす影響

唾液中または歯垢中の低濃度フッ素イオンが十分に初期う蝕の再石灰化を促進するという多くの報告^{5, 8, 10, 12, 99})から、脱灰/再石灰化における低濃度フッ素イオンの存在の重要性が強調されてきている。しかしながら、再石灰化を促進するフッ素イオン濃度の値は個人のう蝕罹患性や、炭水化物摂取に伴う歯垢中pHの低下度の違いにより異なる⁵⁾との報告がなされており、再石灰化の促進に適切なフッ素イオン濃度について統一した見解が得られていないのが現状である^{100, 101})。

フッ素イオン含有の再石灰化溶液を用いた *in vitro* 研究では溶液中フッ素イオン濃度が1 ppm Fで再石灰化を促進することが報告されており^{102~106})、本研究の結果はこれらの報告と一致する。しかし、本研究においては0.1 ppm F条件下で再石灰化が促進されなかった。これまでに、0.03 ppm F条件下で再石灰化が促進された¹⁰⁷)との報告がある一方、0.2 ppm F条件下では再石灰化は促進されなかったとの報告もある^{108, 109})。すなわち低濃度のフッ

素イオンの存在が再石灰化に及ぼす影響についてはさらなる検討の余地があるのが現状である。

本研究で採用した再石灰化溶液のフッ素イオン濃度モデルは、ヒト唾液中のフッ素イオン濃度についての数多くの報告を根拠としている。これらの報告は水道水フッ化物濃度調整などの全身的にフッ化物を応用した後の唾液中フッ素イオン濃度に関するものと、フッ化物歯面塗布／フッ化物歯磨剤／フッ化物洗口などの局所的応用後の唾液中フッ素イオン濃度に関するものに大きく分けられる。ヒトの唾液中フッ素イオン濃度は日中変動があるため一定の値を示すわけではないものの水道水フッ化物濃度調整が行われていない地域では唾液中フッ素イオン濃度は 0.02 ppm 以下との報告¹¹⁰⁾がある。それに対して水道水フッ化物濃度調整が行われている地域では 0.04 ppm 程度と報告されている。一方、フッ化物の局所的応用を口腔内に行った際に唾液中のフッ素イオン濃度は応用直後から指数関数的な著しい減少を示すことが報告されている¹¹¹⁾。フッ化物含有ガムを用いた研究ではガムを噛んだ後の唾液中フッ素イオン濃度が 10 分で 1/10 程度に、3～6 時間すると元の値に戻ってしまうと報告している¹¹²⁾。フッ化物含有歯磨剤を用いてブラッシングを行った際の唾液中フッ素イオン濃度はブラッシング後 30 分から 1 時間後には 1 ppm 程度であり、2 時間後にはほぼ通常の値に戻ることが報告されている¹¹³⁾。フッ化物バーニッシュ／フッ化物歯面塗布／フッ化物洗口の 1 時間後の唾液中フッ素イオン濃度はそれぞれ 20 ppm、10 ppm、3 ppm であるが、応用後 3 時間では

いずれも 1 ppm 程度までフッ素イオン濃度が減少してしまう^{113、114)}。また private care においてフッ化物含有歯磨剤の使用を継続すると口腔内のフッ素イオン濃度を 0.1 ppm 程度に保つことができる^{115、116)}との報告もある。

以上より、我々は private care、professional care を想定し再石灰化溶液のフッ素イオン濃度をそれぞれ 0.1 ppm F、1 ppm F と設定した。本 *in vitro* 研究の結果では 0.1 ppm F のフッ素イオン存在下で再石灰化が促進されなかったのに比べ、1 ppm F のフッ素イオン存在下で再石灰化が促進されたため、初期う蝕に十分な再石灰化を起こすには private care に加えて professional care を行う重要性が示唆されたものと考えている。

② *In vitro* における各種フッ化物応用が再石灰化に及ぼす影響

a) 初期う蝕試料の脱灰程度が再石灰化に与える影響

本研究の結果、低脱灰群ではすべてのフッ化物応用群において高い回復率を示した。これは本研究の *in vitro* 環境下では低脱灰の初期う蝕試料に対するフッ化物応用は種類を問わないということの意味しており、再石灰化を促進させる環境が整っていれば、コントロール群のようにフッ化物を含んでいなくても高い回復が見られることが明らかとなった。すなわち、 ΔF 値が -16% までの低脱灰の初期う蝕においては、フッ化物応用の種類が重要なのではなく、いかに再石灰化に向かわせる環境を整えるかが重要であるといえる。

また、高脱灰群では APF 処理を行うと

再石灰化率が低下するということが明らかとなり、 ΔF 値が -24% 以上の高い脱灰を示す初期う蝕に対しては、高濃度のフッ化物塗布を行わず、低濃度のフッ化物を継続的に作用させることがより高い回復を導く可能性があることが明らかとなった。

これらの結果は、臨床の現場でQLF法を応用して、再石灰化療法プログラムを構築するには不可欠な基本的データであり、こうした知見はQLF法の応用によってはじめて明らかになる事柄であり、今後の臨床研究が不可欠であると考えている。

b) 各種フッ化物の応用が再石灰化に与える影響

本研究の結果、APFの応用は再石灰化率を減少させ、再石灰化過程において早い段階で平衡に達することが明らかとなった。初期う蝕の表層は多孔性であることがArendsら¹¹⁷⁾によって確認されている。そのため、エナメル表面の多孔度が再石灰化過程に影響することが考えられるが、APFの応用により再石灰化率を減少したのは表層にフルオロアパタイトが生成されることによる¹⁰⁴⁾。フルオロアパタイトは初期う蝕表面の多孔性をブロックするが、初期う蝕部へのミネラルの拡散を制限すると考えられる。低脱灰群において ΔF 値は早期に平衡に達したが、これは低脱灰群ではエナメル質表面の多孔度が低いため、APF処理が行われた場合であっても容易にミネラルによる初期う蝕部の修復が行われたものと考えている。

また、本研究ではコントロール群とフッ化物配合歯磨剤群のあいだに統計的な有意差はみられなかった。しかしながらこの四

半世紀、数多くの研究においてフッ化物配合歯磨剤の有用性は確認されている¹¹⁸⁾。この理由として、Arends¹¹⁹⁾らが指摘するように *in vitro* と *in vivo* における環境が大きく異なっていることが挙げられる。実際の口腔内環境においては、唾液、微生物、食事などの多様な要因が修飾していると考えられ、とくにスタセリン²⁰⁾ や高プロリンタンパク質²¹⁾ などの再石灰化抑制に働くタンパク質の影響が大きいことが考えられる。今後、タンパク質の介在した実験系の検索が必要であると考えている。

③唾液タンパク質およびフッ化物応用がエナメル質の脱灰に及ぼす影響

本研究の結果、コントロール群ではムチンの濃度によって脱灰が抑制される傾向にあることが分かった。唾液中に含まれているムチンは組織を被覆し、バイオフィルムが生成する酸の浸透と拡散を抑制し、pHの低下を防ぐことが知られているが、今回の結果から、少なくとも 0.29 以上 0.87 mg/ml の範囲でムチンが唾液中に存在すれば、脱灰を抑制する機能が発揮されていることが明らかとなったが、ムチンのみでは完全に脱灰を抑制することはできないことも同時に明らかとなった。とはいえ、唾液タンパク質の成分分析を行えば、宿主要因におけるう蝕活動性の判定を行なえる可能性のあることが明らかとなった。また、APFの応用は高い脱灰抑制効果を導くことが明らかとなった。さらに、口腔内に十分な濃度でムチンが存在すれば、低濃度のフッ化物の持続的な応用であったとしても、脱灰は高度に抑制されることも明らかとなった。研究課題②「*In vitro* にお

ける各種フッ化物応用が再石灰化に及ぼす影響」において、筆者は初期う蝕の再石灰化には持続的な低濃度のフッ化物応用を行なうべきで、高濃度のフッ化物応用は表面の過石灰化のため、再石灰化を阻害してしまう可能性のあることを指摘したが、フッ化物の応用には、QLF法を応用した局所応用プログラムの策定が口腔内の健康の実現のために効果的であることが明らかとなった。すなわち、QLF法は初期う蝕のみを検出する機器ではなく、健全な部分をも検出できるポテンシャルを持った機器であるということが重要なポイントである。QLF法により健全と診断された部位には高濃度のフッ化物応用を行なうことによって、未来に発生しうるう蝕の発生＝脱灰の予防を行い、あるいは、十分な濃度のムチンが口腔内に存在し、微生物要因や環境要因が良好であれば、低濃度のフッ化物応用によって、脱灰を抑制し、さらに、QLF法によって初期う蝕であると診断された部位には、高濃度のフッ化物応用を行わず、持続的な低濃度のフッ化物応用を行ない、再石灰化を促進させるプログラムの確立、および歯面のごく一部に効果的に高濃度のフッ化物を応用する手段の確立が急務である。これらの知見は、臨床の現場でQLF法を応用して、脱灰抑制療法ならびに再石灰化療法プログラムを構築するには不可欠な基本的データであり、こうした知見はQLF法の応用によってはじめて明らかになる事柄であり、今後の臨床研究が不可欠であると考えている。

④唾液タンパク質および各種フッ化物応用がエナメル質の再石灰化に及ぼす影響

低脱灰群においてはフッ化物応用の種類にかかわらず高い回復率を示すが、高脱灰群においては高濃度フッ化物応用であるAPF応用に比べ、低濃度フッ化物応用であるフッ化物配合歯磨剤の応用が有効であることがわかった。

唾液総タンパク質と再石灰化については、低脱灰群、高脱灰群ともに再石灰化過程における唾液総タンパク質の影響は明確でなく、対照群とタンパク質添加群の間に実験期間中、統計的有意差はみられなかった。

また、唾液総タンパク質とフッ化物配合歯磨剤とが再石灰化に及ぼす影響は明らかではなかった。理由として、唾液総タンパク質およびフッ化物配合歯磨剤溶液の濃度が低いことが考えられる。

今後の課題としてAPF応用による有効性の検討、さらに本研究よりも高濃度フッ化物配合歯磨剤溶液への浸漬および高濃度唾液総タンパク質また特定の唾液タンパク質添加による初期う蝕の再石灰化に及ぼすフッ化物と唾液タンパク質の影響を検討する必要があると考えている。

⑤QLF法による歯垢検出技術の評価に関する研究

口腔内の二大疾患であるう蝕と歯周疾患の原因のひとつである歯垢は、肉眼的に識別が困難であるため、その付着部位を知るためにさまざまな歯垢顕示剤が古くから開発、応用されてきた。歯垢顕示剤は大きくヨウ素系¹²⁰⁾、色素系¹²¹⁾、蛍光色素系¹²²⁾の染色剤に分かれ、ヨウ素系の染色剤は染色性が弱いことや、過敏症の問題があるため現在では色素系の染色剤が多く用いられている。しかし、色素系の染色剤につ

いてもエリスロシン、フロキシシン、アシッドレッドなどの色素成分には発ガン性や遺伝子損傷性などの人体に対する為害性のあることが指摘されている^{123, 124)}。

本研究で使用したQLF法による光診査では、染色剤の使用により生ずるような為害性を人体に与えないことが考えられ、安全性の高いQLF法の利用は推進されるべきものと考えられる。

色素系の染色剤を使用した歯垢の顕示に関する研究は数多くみられる^{25~28, 121~123, 125, 126)}。いずれの報告も歯垢の付着部位あるいは付着面積を肉眼的に識別するものであるが、口腔内の画像を取得する研究では口腔内の撮影の困難さから診査部位を前歯部に限定したものが多く^{25, 26, 122)}、臼歯部をも評価した研究ではインデックスによる主観的評価によるものが主であり¹²⁷⁾、歯垢の定量的評価については十分に解明されていないのが現状である。さらに、歯垢の成熟度という定性的な評価については、酸化還元指示薬を使用した研究¹²⁸⁾や色素の拡散性の違いを応用した研究^{125, 126)}がみられるが、いずれも比較的新しい歯垢と比較的古い歯垢の二つへと大別を試みたに過ぎず、定性的な研究についても十分に解明されているとはいえないのが現状である。

本研究では、図43から図45に示すように各被験者の歯垢付着状態に差があることが明確に示され、QLF法により歯垢付着における定量的評価が可能であることが明らかとなった。さらに、歯垢の成熟に比例して平均蛍光強度および最大蛍光強度も増加していくことが示され、その増加の程度は各被験者において異なっていることか

ら、歯垢の付着量および蓄積速度という定性的な面についてもQLF法により評価できることが明らかとなった。すなわち、これらの結果は個人の口腔清掃状態の評価にQLF法が応用できる可能性を示唆している。

⑥QLF法およびPCR法の応用による歯垢特性の評価

歯垢の顕示には色素による歯垢染色法が応用されてきたが、色素による歯垢の染色は評価が難しい。各種インデックスや写真撮影による評価を行っても、得られる情報は歯垢付着面積の解析に留まってきたのが現状である^{29~31)}。さらに、診査者の主観による各種インデックスや写真撮影による歯垢付着面積の評価は標準化が困難であった。

QLF法を応用した光学的診査による歯垢の検出は、赤色～オレンジ色の蛍光を発する歯垢のなかには、歯周病に関連する微生物が特に多く含まれていることが明らかとなった。赤色～オレンジ色の蛍光を発する物質は*Porphyromonas gingivalis*などのポルフィリン産生菌が算出するポルフィリンであると考えられており^{129, 130)}、今後はその解析が必要である。

すなわち、QLF法を応用した歯垢診断の臨床研究により、健全なヒトにおける歯垢の微生物の構成とその光学的診断との関連が明らかとなり、QLF法は病原性歯垢の選択的検出ならびに質的診断が可能であることがわかった。

⑦歯周疾患患者における光診査法の応用による歯垢特性の評価

光診査法を用いて歯垢を観察する際に歯垢の赤色蛍光を励起する物質としては、現在のところ、歯周病原性の強い *Prevotella intermedia* や *Porphyromonas gingivalis* などの、ポルフィリン産生菌の代謝産物、ポルフィリンが有力視されている³²⁾。そこで本研究では、蛍光性歯垢の歯周病原性に着目し、蛍光性歯垢の付着部位や蛍光強度が、歯周組織状態や歯周病関連菌の割合とどのように関連しているかについて検索した。

その結果、歯周組織状態と蛍光性歯垢の付着部位との間には直接的な関係は認められず、局所においても、歯垢の蛍光強度と歯周組織状態との間に関連は認められなかった。光診査法において観察される歯垢は歯肉縁上歯垢であるため、蛍光性歯垢の付着状態が現在の歯周組織状態と直接結びつかなかったのではないかと考えられる。

しかし、今回の被験者は歯周治療科を受診中の者であり、歯口清掃に関しての介入を受けていることも影響している可能性があるため、今後介入を受けていない対象者に対しての診査を行っていく必要があるものと考えられた。次に、歯垢の蛍光強度と歯周病関連菌の割合との関係であるが、今回の結果では、蛍光強度と *T.d* の割合との間に関連性が認められたが、ポルフィリン産生菌である *P.i* や *P.g* との関連はほとんど認められなかった。

歯垢はその粘着性により、細菌の代謝産物や、唾液成分等を蓄積する性質があるが、歯垢が古くなると、さらに粘着性が増し、有害物質をより長く局所に留めることになる。一般に歯石が強い蛍光を発することや、*T.d* が古い歯垢で多くなるといわれている

ことから、蛍光強度は現在の菌叢を反映している訳ではなく、蛍光物質の蓄積を示すのではないかと考えられた。さらには、被験者の中には *P.i* や *P.g* が検出されなかった者も含まれることから、ポルフィリン以外にも、唾液成分などが蛍光の励起に関与している可能性も考慮する必要があると思われる。

以上のことから、蛍光性歯垢と歯周疾患の関連については、さらなる検討が必要であるが、歯垢の蛍光強度が歯垢の古さと関連していると考えられ、光診査法が歯垢の成熟度や病原性の診断へ応用できる可能性が示された。

⑧感染象牙質の除去におけるQLF法の応用

Inspektor Pro システムによる解析結果において *Area* が一定の傾向を示さなかったのは、感染象牙質がほぼ除去できたケースや、露髄の危険性があったため感染象牙質の除去途中で暫間の間接覆髄法に移行したケースが存在したためであり、 ΔR *Average* がほぼ一定の値を示したのは平均値による表現では局所的な感染象牙質の存在を明示できなかったためと考えている。

一方、 ΔR *Max* は感染象牙質の除去に対応した局所的な蛍光強度の変化が観察できたものと考えている。

⑨義歯装着患者に対するQLF法の応用

Inspektor Pro システムおよびペンスコープによる撮影を行った結果、義歯床部、クラスプおよび残存歯のうち全部鑄造冠などの金属部は蛍光が観察されなかったが、残存天然歯、人工歯（レジン歯、硬質レジ

ン歯)には蛍光が観察された。人工的な歯科材料でも材質によっては蛍光が見られることから、これらの材料の評価にQLF法の応用が可能であることがわかった。

天然残存歯のうち、すべての被験者に初期う蝕の存在を示す蛍光強度の減少した灰色部分を保有する歯が観察されたが、支台歯には観察されなかった。その理由として、多くの支台歯には全部鑄造冠が装着されており、蛍光を発しなかったためQLF法による評価ができなかったこと、義歯装着期間の長短、および被験者の口腔清掃行動の優劣が関与したためと考えている。

一方、川崎ら¹³¹⁾によると歯垢あるいは歯石の付着を示すといわれている赤い蛍光は、被験者Bの支台歯および被験者Cの人工歯表面に観察された。画像解析の結果、最大蛍光強度を示す $\Delta R \text{ Max}$ の値は被験者Bの鉤歯で29%、被験者Cの人工歯表面で502%であった。人工的な歯科材料でも材質によっては蛍光が見られることから、義歯装着患者の評価にQLF法の応用が可能であることが分かり、歯垢あるいは歯石の付着を示すといわれている赤色蛍光が鉤歯および人工歯表面に観察されることが分かった。

⑩画像解析を応用した初期歯肉炎診査

本研究では口腔内写真画像および上顎右側中切歯歯肉拡大像では、明確な歯肉炎症像の観察はできなかった。このような歯肉炎症像の変化を示さなかったのは、実験開始3日前に行ったPMTcや被検者の年齢が20代と若年者であったことの影響であると考えている。すなわち、若年者ではPMTcが歯肉炎抑制に効果的であることを

示す結果であり、また今後、高齢者に対しても同様の研究が必要であるといえる。

一方、CCDカメラやQLF法により得た画像に対する分析では、視診による観察ではとらえられなかった歯肉の変化をとらえることができた。すなわち、辺縁歯肉の頂点部位が炎症が進行するにつれて、一度歯頸部側によってから外のほうへ張り出していくという動きを示すことが示唆された。また、活動期と非活動期が繰り返して歯肉炎が進行していく様子に関しては、歯周病の進行に関する新しい概念であるバースト仮説と一致する。このことから、初期歯肉炎の進行を詳細かつ客観的に観察でき、歯肉炎の予防のための診査技術の一つを示すことができたと考えている。

⑪口腔内蛍光測定用のプローブ開発

Poly-L-lysine コートのヘマタイト粒子はPLL分子量がある程度大きな方が吸着し易い傾向が見られた。また、脱灰が中程度あるいは処理/非処理境界面近傍に吸着粒子は多くみられる傾向であった。

⑫歯列不正と齶蝕との関連評価、臨床試験

歯垢付着や初期う蝕発生には、食生活習慣や口腔清掃習慣・方法、口腔内細菌層の分布など多くの因子が関与することから、個体間の比較が困難な場合があると想像できる。本研究では、歯垢・歯石付着に関わる条件の変動が比較的少ないと考えられる同一個体内において、叢生、空隙および低位咬合がある部位とない部位での比較検討を行った。その後、個体間の差についても比較検討を行った。

不正咬合患者の叢生部位は叢生がない部

位に比べ、すでにう蝕治療されていることが多く、叢生とう蝕との関連が再確認された。予防学的見地から、初期う蝕の段階での早期検出・再石灰化のためは、萌出直後の若年者の集団などでの検査が必要であると考えられる。

叢生部位でもQLF法による隣接接触面のう蝕検出は容易ではなかったが、QLF法でX線の被爆なく隣接面う蝕を検出できる可能性があるため、今後も隣接接触面のう蝕検出に対してQLF法の応用を検討していかなければならない。

空隙部位には、歯垢・歯石が沈着する傾向があったが、これは食片圧入の頻度や、歯ブラシを隣接面に当てる向きなど口腔清掃との関連が考えられた。今後、空隙の程度など因子も含めて検討が必要であろう。

開咬、犬歯低位唇側転位などの低位咬合歯でも歯垢・歯石が沈着する傾向があったが、これは、局所的な咬合機能低下による自浄作用低下や垂直的な転位による口腔清掃の困難さなどが原因と考えられる。

矯正歯科治療既往者では、当然ながら、叢生、空隙、低位咬合が改善し、赤色蛍光を発する歯垢・歯石の付着も少ない傾向にあった。また、近年、赤色蛍光を発する歯垢には、歯周病関連菌が多いことを明らかにしつつある^{129, 130)}。以上のことから、叢生、空隙、低位咬合などの歯列不正や不正咬合を改善する矯正歯科治療は、う蝕および歯周疾患のリスクファクターを減らし、これら二大歯科疾患の予防につながる重要な歯科治療の一分野であると考えられる。

QLF法を用いた本研究により、う蝕や歯周疾患の予防に対する矯正歯科治療の意

義がより客観的に再認識された。

E. 結論

①QLF法によるエナメル質人工初期う蝕試料の脱灰および再石灰化に関する研究

a) QLF法は経時的に人工的ヒトエナメル質脱灰試料における再石灰化過程を観察することができ、QLF法はヒトエナメル質における脱灰/再石灰化の観察に有用であることがわかった。

b) *in vitro* で作製するエナメル質表層下脱灰試料は、エナメル質試料の作製方法の違いおよび使用する脱灰溶液の組成の違いによって、それぞれ異なる脱灰進行速度のもと形成されていくことがわかった。そのなかでとくに鏡面研磨試料を用いると、溶液の組成にかかわらず安定したエナメル質表層下脱灰試料が得られることがわかった。

c) 1 ppm F フッ素が再石灰化溶液中に存在すると、低脱灰の初期う蝕に対してより再石灰化を促進することがわかった。しかし、0 ppm F と 0.1 ppm F 濃度では回復率に差が認められず、本 *in vitro* 研究では 0.1 ppm F のフッ素イオン濃度は再石灰化を促進していないことがわかった。

②In vitro における各種フッ化物応用が再石灰化に及ぼす影響

本研究の結果、 ΔF 値が -1.6% までの低脱灰の初期う蝕においては、フッ化物応用の種類にかかわらず高い再石灰化率がみられることがわかった。

ΔF 値が -2.4% 以上の高い脱灰を示す

初期う蝕に対しては、高濃度のフッ化物塗布を行わず、低濃度のフッ化物を継続的に作用させることがより高い回復を導く可能性があることが明らかとなった。

③唾液タンパク質およびフッ化物応用がエナメル質の脱灰に及ぼす影響

唾液タンパク質の存在は脱灰抑制に作用することが分かり、高濃度フッ化物応用は高い脱灰抑制効果のあることが分かった。さらに、低濃度フッ化物応用も、唾液タンパク質の存在下では、高い脱灰抑制効果を示すことが明らかとなった。

④唾液タンパク質および各種フッ化物応用がエナメル質の再石灰化に及ぼす影響

本研究では唾液総タンパク質の存在が初期う蝕の再石灰化に及ぼす影響については明らかではなかった。

低脱灰群においてはフッ化物応用の種類にかかわらず高い再石灰化を示し、高脱灰群においては低濃度フッ化物であるフッ化物配合歯磨剤応用に比べ、高濃度フッ化物であるAPF応用は再石灰化を低下させることがわかった。

⑤QLF法による歯垢検出技術の評価に関する研究

a) QLF法の応用により歯垢の付着面積における定量的評価が可能であることが明らかとなった。

b) QLF法の応用により個人の歯垢の成熟度および蓄積速度の差異という定性的評価が可能であることが明らかとなった。

c) 個人の口腔清掃状態の評価にQLF法が応用できる可能性が示唆された。

⑥QLF法およびPCR法の応用による歯垢特性の評価

蛍光を発する歯垢のなかには、歯周病関連菌が多いことがわかり、各被験者の歯垢付着状態、成熟度および蓄積速度のみならず、歯垢の質的评价にもQLF法が応用できることがわかった。

⑦歯周疾患患者における光診査法の応用による歯垢特性の評価

光診査法により測定される歯垢の蛍光強度が蛍光性物質の蓄積度を示し、古い歯垢ほど蛍光強度が増すと考えられることから、光診査法により歯垢の成熟度や病原性を診断できる可能性が示された。

⑧感染象牙質の除去におけるQLF法の応用

a) QLF法の応用により、Hidden cariesの検出が可能であることが明らかとなった。

b) QLF法の応用により感染象牙質の露出状態が定量的に評価できることが明らかとなった。

c) QLF法の応用により感染象牙質の除去の程度が定量的に評価できることが明らかとなった。

⑨義歯装着患者に対するQLF法の応用

人工的な歯科材料でも材質によっては蛍光が見られることから、義歯装着患者の評価にQLF法の応用が可能であることが分

かり、歯垢あるいは歯石の付着を示すといわれている赤色蛍光が鈎菌および人工歯表面に観察されることが分かった。すなわち、義歯装着患者においてもQLF法による歯石や歯垢の定量的評価が応用可能であることが示唆された。

⑩画像解析を応用した初期歯肉炎診査

CCDカメラで撮影したデジタル画像の三次元処理により、初期歯肉炎のわずかな変化、すなわち腫脹および色調の拡大を観察することができた。

また、QLF法による初期歯肉炎の画像を解析した結果、歯肉の初期変化を実験的に観察できることが明らかとなった。

⑪口腔内蛍光測定用のプローブ開発

通常のQLF法では判別が難しい極めて初期のう蝕発見の可能性がこのプローブ併用法で行える可能性が高いことが確認されたが、まだサンプル試料数が少ないため今後の詳細な研究が期待される。

⑫歯列不正と齲蝕との関連評価、臨床試験

上下顎前歯部の歯列不正、不正咬合である叢生、空隙および低位咬合の状況と、歯垢・歯石付着および初期う蝕状態との関連性について、QLF法を用いて検討を行ったところ、以下の結論が得られた。

1. 叢生、低位咬合部位は齲蝕リスクが高い。
2. 叢生、空隙、低位咬合部位は歯周病関連菌付着のリスクが高い。
3. 叢生、空隙、低位咬合を改善する矯正歯科治療は、齲蝕および歯周疾患の

スクファクターを減らし、これら二大歯科疾患の予防法の一つとして重要である。

引用文献

- 1) Hafstorm-Bjorkman U, Sundstorm F, de Josselin de Jong E et al. : Comparison of laser fluorescence and longitudinal microradiography for quantitative assessment of in vitro enamel caries. Caries Res 26 : 241-247,1992.
- 2) de Josselin de Jong E, Sundstorm F, Westerling H et al. : A new method for in vivo quantification of changes in initial enamel caries with laser fluorescence. Caries Res 29 : 2-7,1995.
- 3) AL-Khateeb S, Ten Cate J M, Angmar-Masson B. et al. : Quantification of formation and remineralization of artificial enamel lesions with a new portable fluorescence device. Adv Dent Res 11 : 502-506,1997.
- 4) Ten Bosch JJ. :Summary of research of Quantitative Light-induced Fluorescence. Early Detection of Dental Caries II. Indianapolis, Indiana University, 2000, pp.261-277.
- 5) Ismail AI, Brodeur JM, Gagnon P, Payette M, Picard D, Hamalian T, Olivier M, Eastwood BJ. Prevalence of non-cavitated and cavitated carious lesions in a random sample of 7-9-year-old schoolchildren in

- Montreal, Quebec. *Community Dent Oral Epidemiol* 1992; 20: 250-255.
- 6) Clark DC, Hann HJ, Williamson MF, Berkowitz J. Effects of lifelong consumption of fluoridated water or use of fluoride supplements on dental caries prevalence. *Community Dent Oral Epidemiol* 1995; 23: 20-24.
- 7) Marthaler TM. Changes in dental Caries 1953-2003. *Caries Res* 2004; 38: 173-181.
- 8) Borsboom PCF, van der Mei HC, Arends J. Enamel lesion formation with and without 0.12 ppm F in solution. *Caries Res* 1985; 19: 396-402.
- 9) Page DJ. A study of the effect of fluoride delivered from solution and dentifrices on enamel demineralization. *Caries Res* 1991; 25: 251-255.
- 10) Lammers PC, Borggreven JPM, Driessens FCM. Influence of fluoride and pH on in vitro remineralization of bovine enamel. *Caries Res* 1992; 26: 8-13.
- 11) Ten Cate JM: Review on fluoride, with special emphasis on calcium fluoride mechanisms in caries prevention. *Eur J Oral Sci* 1997; 105: 461-465.
- 12) Featherstone JDB. Prevention and reversal of dental caries: role of low level fluoride. *Community Dent Oral Epidemiol* 1999; 27: 31-40.
- 13) Mellberg R. Relationship of original mineral loss in caries-like lesions to mineral changes in situ. *Caries Res* 1991; 25: 459-461.
- 14) Al-Khateeb S, Exterkate R, Angmar-Mansson B, ten Cate JM. Effect of acid-etching on remineralization of enamel white spot lesions. *Acta Odontol Scand* 2000; 58: 31-36.
- 15) Marinho VCC, Higgins JPT, Logan S, Sheiham A. Topical fluoride (toothpastes, mouthrinses, gels or varnishes) for preventing dental caries in children and adolescents. *The Cochrane Database of Systematic Reviews* 2003 (4): CD002782.
- 16) Brudevold F et al. A study of acidulated fluoride solutions 1: In vitro effects on enamel. *Arch Oral Biol* 1963; 8: 167-177.
- 17) Baud CA, Bang S. Electron probe and X-ray diffraction microanalyses of human dental enamel treated in vitro by fluoride solution. *Caries Res* 1970; 4: 1-13.
- 18) Ripa LW. Professionally (operator) applied topical fluoride therapy: a critique. *Int Dent J* 1981; 31: 105-120.
- 19) van Nieuw Amerongen A, Bolscher JGM, Veerman ECI. Salivary proteins: Protective and diagnostic value in cariology? *Caries Res* 2004; 38: 247-253.
- 20) Schlesinger DH, Hay DI. Complete covalent structure of statherin, a tyrosine-rich acidic peptide which

- inhibits calcium phosphate precipitation from human parotid saliva. *J Biol Chem* 1977; 252: 1689-1695.
- 2 1) Hay DI, Carlson ER, Schluckebier SK, Moreno EC, Schlesinger DH. Inhibition of calcium phosphate precipitation by human salivary acidic proline-rich proteins: structure-activity relationships. *Calcif Tissue Int* 1987; 40: 126-132.
- 2 2) Heinrich-Weltzien R, Kuehnisch J, van der Veen M, de Josselin de Jong E, Stoesser L. : Quantitative light-induced fluorescence (QLF) - A potential method for the dental practitioner. *Quintessence International* 34 : 181-188, 2003.
- 2 3) Loe H : The gingival index, the plaque index and the retention index system. *J Periodontol* 38 : 610-616, 1967.
- 2 4) O'leary T J, Drake R B, Naylor J E : The plaque control record. *J Periodontol* 43 : 38, 1972.
- 2 5) 細見環, 柴谷貴子, 椿井孝芳, 上村参生, 神原正樹 : 二色性染色液による歯垢付着状態の把握 画像解析の応用. *口腔衛生学会雑誌* 50 : 833, 2000.
- 2 6) 細見環, 大岡知子, 弘田恭子, 柴谷貴子, 上村参生, 神原正樹 : 二色性染色液およびデジタル画像解析による歯垢付着状態の把握 齲蝕活動性試験との関係. *口腔衛生学会雑誌*. 52 : 724, 2002.
- 2 7) Arnim S S : The use of discoloring agents for measuring tooth cleanliness. *J Periodontol* 34 : 227-245, 1963.
- 2 8) Caldwell R C, Hunt D E : A comparison of the antimicrobial activity of disclosing agents. *J Dent Res* 48 : 913-915, 1969.
- 2 9) Sagel PA, Lapujade PG, Miller JM, Sunberg RJ. Objective quantification of plaque using digital image analysis. *Monogr Oral Sci* 2000; 17: 130-143.
- 3 0) Smith RN, Rawlinson A, Lath D, Elcock C, Walsh TF, Brook AH. Quantification of dental plaque on lingual tooth surfaces using image analysis: reliability and validation. *J Clin Periodontol* 2004; 31: 569-573.
- 3 1) Carter K, Landini G, Walmsley AD. Automated quantification of dental plaque accumulation using digital imaging. *J Dent* 2004; 32: 623-628.
- 3 2) Pretty IA, Edgar WM, Smith PW, Higham SM. Quantification of dental plaque in the research environment. *J Dent*. 2005;33(3):193-207.
- 3 3) Pretty IA, Edgar WM, Higham SM. A study to assess the efficacy of a new detergent free, whitening dentifrice in vivo using QLF planimetric analysis. *Br Dent J*. 2004;197(9):561-566.
- 3 4) Coulthwaite L, Pretty IA, Smith PW, Higham SM, Verran. The Microbiological Origin of Fluorescence Observed in Plaque on Dentures during QLF Analysis. *Caries Res*. 2006;40(2):112-116.
- 3 5) Qvist V, Qvist J, Mjor IA.

- Placement and longevity of tooth-colored restorations in Denmark. *Acta Odontol Scand* 1990; 48: 305-311.
- 3 6) Mjor IA, Medina JE. Reasons for placement, replacement, and age of gold restorations in selected practices. *Oper Dent* 1993; 18: 82-8.
- 3 7) Friedl KH, Hiller KA, Schmalz G. Placement and replacement of amalgam restorations in Germany; *Oper Dent* 1994; 19: 228-232.
- 3 8) Deligeorgi V, Mjor IA, Wilson NH. An overview of reasons for the placement and replacement of restorations. *Prim Dent Care* 2001; 8: 5-11.
- 3 9) Tyas MJ, Anusavice KJ, Frencken JE, Mount GJ. Minimal intervention dentistry - a review; *Int Dent J* 2000; 50: 1-12.
- 4 0) Mount GJ. Minimal intervention dentistry: rationale of cavity design; *Oper Dent* 2003; 28: 92-99.
- 4 1) van Amerongen JP, van Loveren C, Kidd EAM. Caries management: Diagnosis and treatment strategies, ed: Summitt JB, Robbins JW, Schwartz RS, dos Santos J. *Fundamentals of Operative Dentistry*; 2nd ed, Quintessence Publishing, Illinois, 70-90, 2000.
- 4 2) Sato Y, Fusayama T. Removal of dentin by fuchsin staining; *J Dent Res* 1976; 55: 678-683.
- 4 3) 伊藤和雄. EDTA、GM によるデンティンボンディング理論の確立と新しい齲蝕検知液「カリエスチェック」. *歯界展望* 2004; 104: 910-923.
- 4 4) Kidd EA, Joyston-Bechal S, Beighton D. Microbiological validation of assessments of caries activity during cavity preparation. *Caries Res* 1993; 27: 402-408.
- 4 5) van der Veen MH, Ando M, Stookey GK, de Josselin de Jong E. A Monte Carlo simulation of the influence of sound enamel scattering coefficient on lesion visibility in light-induced fluorescence. *Caries Res* 2002; 36: 10-18.
- 4 6) Pretty IA, Edgar WM, Higham SM. The effect of dehydration on quantitative light-induced fluorescence analysis of early enamel demineralization. *J Oral Rehabil* 2004; 31: 179-184.
- 4 7) Lennon AM, Buchalla W, Switalski L, Stookey GK. Residual caries detection using visible fluorescence. *Caries Res* 2002; 36: 315-319.
- 4 8) Lennon AM. Fluorescence-aided caries excavation (FACE) compared to conventional method; *Oper Dent* 2003; 28: 341-345.
- 4 9) Ackerman M: Evidence-based orthodontics for the 21st century; *J Am Dent Assoc* 135(2): 162-7; quiz 227-8, 2004.
- 5 0) Staufer K, Landmesser H: Effects of crowding in the lower anterior segment--a risk evaluation depending

- upon the degree of crowding. *J Orofac Orthop* 65(1): 13-25, 2004.
- 5 1) Glans R, Larsson E, Ogaard B: Longitudinal changes in gingival condition in crowded and noncrowded dentitions subjected to fixed orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 124(6): 679-82, 2003.
- 5 2) Chung CH, Vanarsdall RL, Cavalcanti EA, Baldinger JS, Lai CH: Comparison of microbial composition in the subgingival plaque of adult crowded versus non-crowded dental regions. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 15(4): 321-30, 2000.
- 5 3) Diedrich P: Periodontal relevance of anterior crowding. *J Orofac Orthop* 61(2): 69-79, 2000.
- 5 4) Richardson ME: Late lower arch crowding in relation to skeletal and dental morphology and growth changes. *Br J Orthod* 23(3): 249-54, 1996.
- 5 5) Frankel R, Loffler U: Functional aspects of mandibular crowding. *Eur J Orthod* 12(2): 224-9, 1990.
- 5 6) Palin-Palokas T, Ruokokoski-Pirkkanen S: Occlusal features and caries experience. *Proc Finn Dent Soc* 86(2): 77-82, 1990.
- 5 7) Helm S, Petersen PE: Causal relation between malocclusion and periodontal health. *Acta Odontol Scand* 47(4): 223-8, 1989.
- 5 8) Matsue M, Sato H, Tawara H, Yamaguchi S, Lee JH, Masunaga H, Matsue I: Morphological study of periodontal tissues in the initial stage of periodontal disease. Part 1. Application of a morphological measurement and a system for evaluating the periodontal status. *Nippon Shishubyo Gakkai Kaishi.* 31(2): 691-703, 1989. in Japanese.
- 5 9) Schneider HG, Markowski B: Tooth crowding and plaque development. *Fortschr Kieferorthop* 48(5): 397-406, 1987.
- 6 0) el-Mangoury NH, Gaafar SM, Mostafa YA: Mandibular anterior crowding and periodontal disease. *Angle Orthod* 57(1): 33-8, 1987.
- 6 1) Lombardi AV: The adaptive value of dental crowding: a consideration of the biologic basis of malocclusion. *Am J Orthod.* 81(1): 38-42, 1982.
- 6 2) Buckley LA: The relationships between malocclusion, gingival inflammation, plaque and calculus. *J Periodontol* 52(1): 35-40, 1981.
- 6 3) Ingervall B, Jacobsson U, Nyman S: A clinical study of the relationship between crowding of teeth, plaque and gingival condition. *J Clin Periodontol* 4(3):214-22, 1977.
- 6 4) Geiger AM, Wasserman BH: Relationship of occlusion and periodontal disease: part IX-incisor inclination and periodontal status. *Angle Orthod* 46(2): 99-110, 1976.
- 6 5) Paunio K: The role of malocclusion

- and crowding in the development of periodontal disease. *Int Dent J* 23(3): 470-5, 1973.
- 6 6) Geiger AM, Wasserman BH, Turgeon LR: Relationship of occlusion and periodontal disease. 8. Relationship of crowding and spacing to periodontal destruction and gingival inflammation. *J Periodontol* 45(1): 43-9, 1974.
- 6 7) Paunio K: The role of malocclusion and crowding in the development of periodontal disease. *Int Dent J*. 23(3): 470-5, 1973.
- 6 8) Matsumoto M, Kuroda Y, Taki S, Sakuda M, Takimoto K: Relationships between crowding and gingivitis: correlation between the degree of displacement of tooth and the severity of gingival. *Nippon Shishubyo Gakkai Kaishi* 15(1): 73-8, 1973. in Japanese.
- 6 9) Jacobson L, Linder-Aronson S: Crowding and gingivitis: a comparison between mouthbreathers and nosebreathers. *Scand J Dent Res* 80(6): 500-4, 1972.
- 7 0) Al-Khateeb S, Ten Cate JM, Angmar-Mansson B, de Josselin de Jong E, Sundstrom G, Exterkate RA, Oliveby A: Quantification of formation and remineralization of artificial enamel lesions with a new portable fluorescence device. *Adv Dent Res* 11(4):502-6, 1997.
- 7 1) Vieira AP, Hanocock R, Eggertsson H, Everett ET, Grynbas MD. Tooth quality in dental fluorosis genetic and environmental factors. *Calcif Tissue Int* 76(1): 17-25, 2005.
- 7 2) Pretty IA, Edgar WM, Higham SM: The validation of quantitative light-induced fluorescence to quantify acid erosion of human enamel. *Arch Oral Biol* 49(4): 285-94, 2004.
- 7 3) Ando M, Eckert GJ, Stookey GK, Zero DT: Effect of imaging geometry on evaluating natural white-spot lesions using quantitative light-induced fluorescence. *Caries Res* 38(1):39-44, 2004.
- 7 4) Pretty IA, Ingram GS, Agalamanyi EA, Edgar WM, Higham SM: The use of fluorescein-enhanced quantitative light-induced fluorescence to monitor de- and re-mineralization of in vitro root caries. *J Oral Rehabil* 30(12): 1151-6, 2003.
- 7 5) Pretty IA, Pender N, Edgar WM, Higham SM: The in vitro detection of early enamel de- and re-mineralization adjacent to bonded orthodontic cleats using quantitative light-induced fluorescence. *Eur J Orthod.* 25(3): 217-23, 2003.
- 7 6) Ando M, Schemehorn BR, Eckert GJ, Zero DT, Stookey GK: Influence of enamel thickness on quantification of mineral loss in enamel using laser-induced fluorescence. *Caries Res.* 37(1): 24-8, 2003.
- 7 7) Rousseau C, Vaidya S, Creanor SL, Hall AF, Girkin JM, Whitters CJ,

- Strang R, McHugh S: The effect of dentine on fluorescence measurements of enamel lesions in vitro. *Caries Res* 36(6): 381-5, 2002.
- 7 8) Buchalla W, Lennon AM, van der Veen MH, Stookey GK: Optimal camera and illumination angulations for detection of interproximal caries using quantitative light-induced fluorescence. *Caries Res.* 36(5): 320-6, 2002.
- 7 9) Pretty IA, Hall AF, Smith PW, Edgar WM, Higham SM: The intra- and inter-examiner reliability of quantitative light-induced fluorescence (QLF) analyses. *Br Dent J* 27:193(2): 105-9, 2002.
- 8 0) Tranaeus S, Shi XQ, Lindgren LE, Trollsas K, Angmar-Mansson B: In vivo repeatability and reproducibility of the quantitative light-induced fluorescence method. *Caries Res.* 36(1): 3-9, 2002.
- 8 1) Amaechi BT, Higham SM: Quantitative light-induced fluorescence: a potential tool for general dental assessment. *J Biomed Opt* 7(1): 7-13, 2002.
- 8 2) 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* 31(2): 125-31, 1997.
- 8 3) Higham SM, Pretty IA, Edgar WM, Smith PW: The use of in situ models and QLF for the study of coronal caries. *J Dent* 33(3): 235-41, 2005.
- 8 4) 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.* 39(1): 41-7, 2005.
- 8 5) Amaechi BT, Podoleanu A, Higham SM, Jackson DA: Correlation of quantitative light-induced fluorescence and optical coherence tomography applied for detection and quantification of early dental caries. *J Biomed Opt* 8(4): 642-7, 2003.
- 8 6) Benson PE, Pender N, Higham SM: Quantifying enamel demineralization from teeth with orthodontic brackets- a comparison of two methods. Part 2: validity. *Eur J Orthod* 25(2):159-65, 2003.
- 8 7) Benson PE, Pender N, Higham SM: Quantifying enamel demineralization from teeth with orthodontic brackets- a comparison of two methods. Part 1: repeatability and agreement. *Eur J Orthod*: 25(2):149-58, 2003.
- 8 8) 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* 35(6): 464-70, 2001.
- 8 9) Angmar-Mansson B, ten Bosch JJ:

- Quantitative light-induced fluorescence (QLF): a method for assessment of incipient caries lesions. *Dentomaxillofac Radiol* 30(6):298-307, 2001.
- 9 0) Tranaeus S, Al-Khateeb S, Bjorkman S, Twetman S, Angmar-Mansson B: Application of quantitative light-induced fluorescence to monitor incipient lesions in caries-active children. A comparative study of remineralisation by fluoride varnish and professional cleaning. *Eur J Oral Sci* 109(2): 71-5, 2001.
- 9 1) Shi XQ, Tranaeus S, Angmar-Mansson B: Comparison of QLF and DIAGNOdent for quantification of smooth surface caries. *Caries Res* 35(1): 21-6, 2001.
- 9 2) van der Veen MH, de Josselin de Jong E: Application of quantitative light-induced fluorescence for assessing early caries lesions. *Monogr Oral Sci* 17: 144-62, 2000.
- 9 3) Fontana M, Yanikoglu FC, Ozturk F et al. : Comparison of QLF, ultrasound and confocal microscopy in the measurement of demineralization/remineralization of enamel lesions developed on natural smooth surfaces. *Early Detection of Dental Caries II*. Indianapolis, Indiana University, 2000, pp.301-316.
- 9 4) Al-Khateeb S, Exterkate RA, de Josselin de Jong E, Angmar-Mansson B, ten Cate JM. Light-induced fluorescence studies on dehydration of incipient enamel lesions. *Caries Res* 2002; 36: 25-30.
- 9 5) Kapsimalis P, Rosenthal SL, Updegrave W, Evans R, Hurley B, Cobe HM. The relationship between caries activity, flow rate, total nitrogen and the mucin content of saliva. *J Oral Med* 1966; 21: 107-110.
- 9 6) Fox PC, Bondner L, Tabak LA, Levine MJ. Quantitation of total human salivary mucins. *J Dent Res* 1985; 64: 327.
- 9 7) Meyer-Lueckel H, Umland N, Hopfenmuller W, Kielbassa AM. Effect of mucin alone and in combination with various dentifrices on in vitro remineralization. *Caries Res* 2004; 38: 478-483.
- 9 8) Russell A.L. The Periodontal Index. *J Periodontol*. 1967;38(6): 585-591.
- 9 9) ten Cate JM : Review on fluoride, with special emphasis on calcium fluoride mechanisms in caries prevention. *Eur J Oral Sci* 105 : 461-465, 1997.
- 1 0 0) Hellwig E, Lussi A : What is the optimum fluoride concentration needed for the remineralization process ?. *Caries Res* 35(Suppl.1) : 57-59, 2001.
- 1 0 1) Ismail AI. What is the effective concentration of fluoride? *Community Dent Oral Epidemiol* 23 : 246-251, 1995.