

学位論文題名

in vitro におけるフッ素含有修復材料の根面齲蝕進行への影響

学位論文内容の要旨

近年、高齢者人口の増加に伴い、根面齲蝕の増加が歯科医療を取り巻く環境の変化にあげられる。この根面齲蝕は発生部位や進行方向に歯冠部齲蝕との相違が認められている。歯冠部齲蝕は象牙細管に沿って齲蝕が進行するのに対し、根面齲蝕では、象牙細管に沿った進行だけでなく成長線に沿った進行も伴い、側方への拡大が認められている。このような進行の特徴から齲蝕の拡がりを明確にできないまま窩洞外形を設定してしまい、場合によって齲蝕を取り残してしまう危険性が考えられる。そして根面齲蝕の発生部位は清掃性が悪く不潔になりやすい部位であり、また修復処置を行う際、窩洞辺縁が脱灰された象牙質など罹患した歯質の場合がほとんどと考えられ、十分な接着が期待できない。根面齲蝕の修復について界面やその周囲の歯質に対し予防的であることが望まれ、新しい修復法が確立されるべきである。

最近、グラスアイオノマーセメント(以下 GIC)などフッ素含有修復材料から溶出するフッ素による歯質の再石灰化や耐酸性の向上が認められており、根面齲蝕にも有用であるという報告もある。しかし、窩洞周囲に残存した齲蝕象牙質に対する材料の効果に関する報告は少ない。また、材料からのフッ素溶出量は時間とともに減少し、口腔内では修復物周囲のフッ素供給量が低下することが予想される。しかし従来の研究では、同一溶液に一定期間試料を浸漬し続けるものが大多数であり、溶液中にフッ素が蓄積してしまう。実際の口腔内のように、フッ素供給の変化を考慮し、経時的減少を想定している研究は少ない。

そこで本研究では *in vitro* において人工根面齲蝕を作製し、修復物周囲に齲蝕を残存させた状態において、口腔内環境をシミュレートできる pH サイクリングを用いた際の、齲蝕進行に対するフッ素含有修復材料の影響を検討した。

【材料および方法】

フッ素含有修復材料として、従来型 GIC のフジアイオノマー TYPE II (以下 FII)、光硬化型 GIC のフジアイオノマー TYPE II LC (以下 LC)、フッ素含有ボンディングシステムのインパーバフルオロボンド (以下 FB)、対照としてフッ素を含まないボンディングシステムのクリアフィルライナーボンド II (以下 LB) をそれぞれ用いた。

ヒト抜去白歯を用い、隣接面の解剖学的歯頸部に近い象牙質部を露出させて平滑な面を作り、4mm 四方の window を残し全面にネイルバーニッシュを塗布した。脱灰溶液 (pH=4.5) に 3 日間浸漬することで window 部に人工齲蝕

を作製した。齲蝕作成後軟化象牙質取り残しを想定し、窩洞周囲に脱灰部が残るように窩洞を形成し、メーカーの指示に従って修復材料を充填した。充填後、実験歯個々に齲蝕の影響が比較できるように window の頬・舌いずれか半側にネイルバーニッシュを塗布した。その後脱灰溶液に1時間、再石灰化溶液(pH=7.0)に4時間浸漬することを連続して1日3回繰り返し、残りの時間を再石灰化溶液に保存する操作(pH サイクリング)によって、齲蝕を進行させた。これらの操作を6日間連続して行い、7日目は再石灰化溶液に保存する操作を2週間または6週間行った。

試験後マイクロラジオグラフィーを用い、光学顕微鏡観察と、マイクロデンシトメーターで測定したフィルム濃度の変化より求めた脱灰深さから算出した齲蝕進行率で、象牙質の齲蝕進行度を評価した。

【結果および考察】

1. 再石灰化層について

マイクロラジオグラフ(以下 MR)の顕微鏡観察において、試験後の FⅡ、LC では材料と接した窩壁部の象牙質に厚みの薄い X 線不透過層を認め、窩洞外部の脱灰象牙質内にも明瞭な X 線不透過層を認めた。FB においては、材料と接する象牙質にのみ僅かに X 線不透過層を認め、LB については X 線不透過層は認めなかった。この X 線不透過層は試験後のフッ素含有修復材料の試料にのみ認められたことから、pH サイクリングと修復物のフッ素の存在が関連しているものと考えられ、X 線不透過層は象牙質が再石灰化されていることを表している再石灰化層と考えられる。そして、材料からのフッ素溶出量が多い FⅡや LC では多くのフッ素量が外部象牙質に供給されたため、明瞭な X 線不透過層を認めたと考察できる。

MR をマイクロデンシトメーターでスキャンしたときのプロフィールを試験前後で比較したとき、MR のフィルム濃度を試料と同時に撮影したアルミステップの厚みに換算した値(以下アルミ値)が、試験前は、表層から深層に向かって単調増加のプロフィールを示し、健全部でプラトーになっていた。このアルミ値は、大きいほど石灰化度が高いことを示している。試験後については、まず、プロフィールの立ち上がりの位置が試験前よりも深部へ移動し、健全部を示す位置も深部へ移動していた。FⅡ、LC ではプロフィールが健全部を示す前に、アルミ値が増減する像を示したが、FB、LB ではアルミ値の増減は認めなかった。アルミ値の増減は脱灰層内に石灰化度の高い層の存在を表しており、再石灰化層と思われる。このプロフィールは材料からのフッ素の影響によると考えられ、MR の顕微鏡観察と一致する。

2. 齲蝕の進行について

齲蝕進行率において、2 週群では測定点が材料から離れていくに従い、FⅡ、LC と FB、LB との間に明確な差が認められた。これは材料より溶出したフッ素量の大小が関係しているものと思われる。一方 6 週群では、材料より最も離れた位置以外で FⅡが他の材料より低い齲蝕進行率を示し、同じ GIC でも従来型と光硬化型の間に差が認められた。この結果はフッ素溶出量の他に pH サイクリングを導入したことによるものと考えられる。口腔内環境をシミュレートしている pH サイクリングを導入した今回の実験は、これまでのような同一溶液に一定期間浸漬し続ける実験とは違い、浸漬溶液を頻繁に交換することに

なる。そのため修復材料から溶出されるフッ素が希釈され、フッ素供給の経時的減少をある程度再現できることになる。その結果、2週群では認められなかったFⅡとLCの間にも進行率の相違が認められたものと思われる。

さらに2週群と6週群の間で齲蝕進行率を比較したとき、FⅡの材料に近い部位以外では差を認めず、2週から6週の間では齲蝕の進行がほとんど認められないことがいえる。その要因としてpHサイクリングによる脱灰、再石灰化のバランスがとれていたことが考えられる。そしてデンスitomーターのプロファイルにおいて、最表層の立ち上がりの位置が6週になると深部に移動する傾向が認められたこととあわせると、齲蝕の表層では経時的に脱灰が進んでいて、深部の齲蝕とは違う挙動を示していることが示唆された。

【結論】

以上の結果より、齲蝕が残存している根面象牙質に対し、グラスアイオノマーセメントを修復材料として使用したとき、象牙質の再石灰化が起き、齲蝕進行抑制に効果を表すことが示唆され、今回の方法が*in vitro*における根面齲蝕実験に対する有用性が示された。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 佐 野 英 彦
副 査 教 授 谷 宏
副 査 教 授 向 後 隆 男

学 位 論 文 題 名

in vitro におけるフッ素含有修復材料の根面齲蝕進行への影響

審査は谷、向後および佐野審査員全員が出席のもとに、申請者に対し提出論文の内容と、それに関連する学科目について口頭試問によって行われた。提出論文の概要と審査の内容は以下の通りである。

近年、高齢者人口の増加に伴い、根面齲蝕の増加が問題となってきた。根面齲蝕は発生部位や進行方向に歯冠部齲蝕との相違が認められている。この根面齲蝕の特徴から、齲蝕の拡がりを不明確にしたまま窩洞外形を設定してしまい、場合によっては齲蝕を取り残す危険性が考えられる。そして、根面齲蝕の発生部位は清掃性が悪く不潔になりやすくまた、対象となる歯質が健全でないことから、根面齲蝕の修復について接着に期待した治療ではなく、修復物周囲やその界面に予防的に働くような新しい治療法が確立されるべきである。

最近グラスアイオノマーセメント（以下 GIC）などフッ素含有修復材料の、齲蝕に対する有用性が報告されているが、窩洞周囲に残存した齲蝕に対する材料の効果に関する報告は少ない。また、材料からのフッ素溶出量は時間とともに減少し、口腔内ではフッ素供給量の低下が予想されるが、このことを考慮して材料の抗齲蝕性を検討した研究も少ない。そこで本研究では *in vitro* において修復物周囲に齲蝕が残存している根面齲蝕を作製し、齲蝕進行に対するフッ素含有修復材料の影響を、口腔内環境を想定した pH サイクリングを用いて検討した。

【材料および方法】

フッ素含有修復材として、従来型 GIC、光硬化型 GIC、フッ素含有ボンディングシステム、対照としてフッ素を含まないボンディングシステムをそれぞれ用いた。

ヒト抜去臼歯を用い、隣接面の解剖学的歯頸部に近い部分に作製した象牙質面に人工齲蝕を作製した。齲蝕作成後軟化象牙質取り残しを想定し、窩洞周囲に脱灰部が残るように窩洞を形成し、各修復材料を充填した。その後、脱灰溶液（pH=4.5）に1時間、再石灰化溶液（pH=7.0）に4時間浸漬することを連続して1日3回繰り返し、残りの時間を再石灰化溶液に保存する操作（pH サイクリング）によって齲蝕を進行させた。これらの操作を2週間または6週間行い、齲蝕の進行を、マイクロラジオグラフィーの光学顕微鏡観察と、脱灰深さから算

出した齲蝕進行率で評価した。

【結果および考察】

1. 再石灰化層について

マイクロラジオグラフ（以下 MR）の顕微鏡観察において試験後、2つの GIC については材料と接する窩壁部との窩洞外部象牙質に明瞭な X 線不透過層（以下不透過層）を認めた。フッ素含有ボンディングでは窩壁部にのみ不透過層を認め、フッ素を含まないボンディングでは不透過層は認めなかった。この不透過層は石灰化度が高くなった再石灰化層と考えられる。そしてこの不透過層は試験後の試料にのみ認められ、フッ素溶出量の多い GIC で明瞭に認められたことから、pH サイクリングとフッ素量が大きく関連していることが考察できる。

MR をマイクロデンシトメーターでスキャンしたときのプロフィールを比較すると、ボンディングでは病巣の表層から深層に向かって、不透過性が単調増加する像を示したが、GIC ではプロフィールが健全部を示す前に、一度不透過性が増減する像を示した。これは脱灰された層の内部に石灰化度の高い層の存在を表しており、光学顕微鏡観察と一致した。

2. 齲蝕の進行について

試験期間 2 週群では、フッ素溶出量の多い GIC がボンディング材よりも低い齲蝕進行率を示した。これは材料からのフッ素溶出量が関係していると思われる。一方 6 週群では従来型 GIC のみが他の 3 者に対し低い進行率を示し、2つの GIC 間にも差を認めた。2つの GIC 間にフッ素溶出量では差がないため、進行率の差は pH サイクリングを導入したためと考えられる。pH サイクリングを導入することで、これまでのような同一溶液に一定期間浸漬する研究とは違い、試験溶液を頻繁に交換することで材料から溶出するフッ素が希釈され、フッ素供給の経時的減少がある程度再現できることになる。その結果、従来の報告とは異なり、2つの GIC 間に進行率の差が認められたものと思われる。

以上の結果より齲蝕が残存している根面齲蝕に対し、グラスアイオノマーセメントの使用が有効であることが示唆され、また、今回の方法が *in vitro* における根面齲蝕実験に対する有用性が示された。

次いで、各審査員から申請者に対して、本論文の内容とそれに関連する項目について質問が行われた。いずれの質問についても申請者から明快な回答が得られた。本研究では根面齲蝕に対する有用な材料と、簡便な実験方法を示したもので、21 世紀の高齢社会を迎えるにあたり、増加が見込まれる根面齲蝕に対し、その治療法の確立に大いに寄与するものであり、歯科医学の発展に貢献する研究である。よって博士（歯学）の学位授与に値すると認められた。