

SDF 法

フッ化ジアンミン銀を活用した
根面う蝕マネジメント

編著

福島正義
二階堂 徹

著

井上 剛 陳 雪霏 松崎英津子
坂下和真 西野瑞穂 村瀬由起
高橋 基 平石典子
辰巳順一 藤森亮平



S I L V E R D I A M I N E F L U O R I D E

HYORON



はじめに

温故知新 — フッ化ジアンミン銀 (SDF)

根面う蝕は病理人類学的には新しい問題ではない。Fujita (2002)¹⁾ は「日本人集団において古代人には根面う蝕が多く、歯冠う蝕の頻度が根面う蝕のそれを上回るのは現代人だけであることから、根面う蝕は古代型う蝕、歯冠う蝕は現代型う蝕とみなすことができる」と述べている。日本では、第2次世界大戦後から現在に至る12歳児う蝕(歯冠う蝕)のDMFT指数のダイナミックな増減の変化をみると、「現代型う蝕の歯冠う蝕が減って、古代型う蝕の根面う蝕が増える」という回帰現象が起こることが予見される。歯冠う蝕は欧米諸国では19~20世紀に蔓延し、う蝕学の発展とフッ化物応用により減少してきた。20世紀初頭のGV Blackの著書²⁾では根面う蝕に関しては「senile decay(老人性う蝕)」としてわずか1ページ分の記述にとどまっている。そのなかで、治療の難しさから根面う蝕の修復材料としてストップピングが最良で、リン酸亜鉛セメントは多数歯には難しく、インレーや金箔充填は不可能であると述べている。また、保存修復の原則は根面う蝕には当てはまらないとも述べている。この記述は100年以上の時を経た現在でも共感するものがあり、根面う蝕の修復処置が難題であることを物語っている。

わが国では半世紀前の1970年代の高度経済成長絶頂期に、12歳児DMFTがピークとなり、歯科医師は氾濫するう蝕のDrill and Fillの対応に追われた。とくに乳幼児のランパントカリエスは患児の治療協力を得ることが困難で、歯科医師を悩ませていた。その状況を打開するために西野・山賀らによりう蝕抑制・象牙質知覚過敏鈍麻剤として硝酸銀とフッ化物の特長を合わせ持ったフッ化ジアンミン銀(Silver Diammine Fluoride, Silver Diamine Fluoride, 以下SDF)が世界で初めて開発された³⁾。SDF38%水溶液は商品名「サホライド®液(歯科用38%)」(ビーブランド・メディコーデンタル)として市販された。当時、この薬剤は「むし歯の進行止め」として国民に知られ、子供はう蝕の痛みから解放され、歯科専門職も悪夢のような状況から救われた。その後、若い世代の歯冠う蝕の減少とう蝕病変を黒変させる審美障害の理由により使用頻度は減っていった。

ところが、21世紀に入って、海外では南米やアジアの経済新興国における乳歯う蝕の急増や高齢化の進んでいる先進国の高齢者の根面う蝕に対して簡単、安価かつ費用対効果の高い非切削処置として評価が高まり、類似薬が多数市販されるようになった。

一方、わが国は超高齢社会となり高齢者に対する歯科治療の重要性が増大している。令和6年歯科疾患実態調査結果では8020達成者の増加に見られるように高齢者の現在歯数は確実に増え、それに伴い歯周病とう蝕が増加している。高齢患者に見られるう蝕の多くは根面う蝕である。とくに要支援・要介護者、認知症患者、在宅療養者、口腔乾燥症患者、精神疾患患者、障がい者、頭頸部放射線治療者などのう蝕ハイリスク者に見られる多発性根面う蝕は施設介護、在宅介護や歯科訪問診療の現場では深刻な問題である。たとえば、認知症患者は口腔清潔への関心が薄れ、セルフケアもできなくなり、開口拒否があるとプロフェッショナルケアも困難になり、根面う蝕が

短期間で多発する。患者の協力が得られないと修復処置は困難で、次々と残根化し、急速に咬合の崩壊が進む。こうなると歯科専門職でも対処に苦慮することがしばしばである。これは1970～80年代の乳歯ランバントカリエスに似た状況といえる。

筆者はう蝕汎濫期の1978年に大学を卒業し、大学院では旧東京医科歯科大学の総山孝雄研究グループの「う蝕検知液によるう蝕象牙質外層と内層との染め分けと象牙質接着性レジンを用いた無痛修復」のコンセプトを追試検証する研究を行い、その後、接着歯学領域で脱アマルガムを目指した臼歯修復用コンポジットレジン、重度変色歯のポーセレンラミネートベニア修復やセレクトシステムによるCAD/CAM修復などの歯冠部を対象にした審美修復法の基礎的・臨床的研究を行ってきた。しかし、歯根部のう蝕は間接修復法が適応できず、直接修復法で対応するしかない。また、修復操作が困難なため、術後の予後は必ずしも良いとは言えず、いつも悩んでいた。いろいろと試行錯誤していた中で根面う蝕の予防から修復に至る一連のマネジメントにSDFを活用することを2004年に提案した⁴⁾。本法の特長はSDFによるこれまでの予防と進行抑制に用いることはもちろんのこと、欠点といわれ続けたう蝕病変の選択的黑変を視診によるう蝕の早期検知、う蝕範囲の明確化、窩洞形成における窩洞外形設定などに利用することにある。そして、2017年に「SDF法」と命名して臨床的に体系化した。

この間、二階堂らの研究グループはSDF法の基礎的研究を行い、理論的裏付けを行ってきた。さらに歯周治療への応用も模索されている。また、日本歯科保存学会編「根面う蝕の診療ガイドライン—非切削でのマネジメント—」（2022年）においても根面う蝕の進行抑制にSDFを推奨しており、ようやくう蝕治療専門学会の支持を得る形になった。

本書はわが国で半世紀に及ぶ使用実績のあるSDFの有効性を再認識し、根面う蝕の非切削および切削対応のそれぞれの場面での活用法とその理論的根拠を紹介する温故知新の書である。

参考文献

- 1) Fujita H : Historical change of dental carious lesions from prehistoric to modern times in Japan. J Oral Biol, 2002 ; 44 : 87-95.
- 2) GV Black : A work on operative dentistry Vol 2, The technical procedure in filling teeth. Medico-Dental Publishing Company, Chicago, 1908 ; 210-211.
- 3) 山賀禮一, 横溝一郎 監修 : フッ化ジアンミン銀応用とその応用. 医歯薬出版, 東京, 1978 ; 6-11.
- 4) 眞木吉信, 福島正義, 鈴木丈一郎 : 歯根面う蝕の診断・治療・予防. 医学情報社, 東京, 2004 ; 71-89.

福島正義

新潟大学名誉教授

昭和村国民健康保険診療所 歯科長

昭和時代の乳歯う蝕の洪水が世界基準のSDFを生む

にし の みづ ほ
西野瑞穂
徳島大学名誉教授

1965年、筆者が歯学部を卒業し、小児歯科診療に従事した時代、日本は小児う蝕の洪水時代であった。来る日も来る日も乳歯う蝕の治療に追われ、次回来院時には前回治療したう蝕歯に再発が見られ、新生う蝕も見られる現実には、①永久歯う蝕より進行のきわめて速い乳歯う蝕は、まず進行を止めることが大切であり、②歯磨き習慣ならびに砂糖を含む飲食物の適正な摂取について、う蝕予防教育が肝要であることを強く感じた。

小児歯科診療に従事しながら、大学院生でもあった筆者は、当時口腔軟組織疾患に用いられていた硝酸銀溶液が持つ銀イオンの oligodynamic action 極微量作用に着目、う蝕予防に用いられていた NaF と合わせ AgF 溶液で乳歯う蝕の進行を抑制することを考えた。しかし、いざ AgF 溶液を作ろうとすると、 Ag^+ にはきわめて強い潮解作用があり、秤量しているうちに空中の水分をどんどん取り込み重量が増していくこと、苦勞して AgF 溶液を作製しても、部屋の明かりで Ag^+ が沈殿するので、実験機の下引き戸を開け暗い中で実験せねばならないこと、また、ピンセット等を錆びさせることから、AgF 溶液は臨床で使えないと結論した。 Ag^+ を安定させる方法を東洋製薬化成（ビーブランド・メディコーデンタル）の研究者に相談、ジアンミン銀 $Ag(NH_3)_2^+$ にすることで安定することがわかった。東洋製薬化成に $Ag(NH_3)_2F$ の試薬(図1)を作製してもらい、基礎実験、動物実験ならびにヒト臨床試験を行い、1969年博士論文として発表した¹⁾。

基礎実験で、乳歯エナメル質あるいは象牙質の粉末に $Ag(NH_3)_2F$ 溶液を作用させると、いずれも難溶性の Ag_3PO_4 ならびに CaF_2 が生成されることをエックス線結晶学的に証明、乳歯エナメル質あるいは象牙質の研磨面に $Ag(NH_3)_2F$ 溶液を作用させると、酸に対してもキレート剤に対しても、耐脱灰性の向上することを、硬度変化ならびに Ca^{++} の溶出量の測定から明らかにした。

動物実験では、cariogenic diet で飼育したう蝕感受性ラットの下顎臼歯に形成した窩洞に、 $Ag(NH_3)_2F$ 溶液を塗布することにより、そこに生ずるう蝕の発生頻度ならびに進行拡大率が、対照に比し62% および70% に抑制することができた。

ヒト臨床試験で、う蝕症第1度または第2度に罹患した上顎乳前歯に $Ag(NH_3)_2F$ 溶液、 SnF_2 溶液または $AgNO_3$ 溶液を塗布し、6カ月間観察したところ、 $Ag(NH_3)_2F$ 溶液塗布歯に最も大きい進行抑制効果を認めた。また、30カ月間にわたる乳歯う蝕への $Ag(NH_3)_2F$

2 根面う蝕の臨床像と疫学的特徴

ふくしままさよし
福島正義

新潟大学名誉教授
昭和村国民健康保険診療所 歯科長

1. 歯冠う蝕と根面う蝕のちがい

歯冠う蝕と根面う蝕の根本的な違いは組織構造にある¹⁾(表1)。歯根部のセメント質や象牙質はコラーゲン主体の有機成分を含み、う蝕の脱灰臨界 pH は 6.4 以下で、エナメル質の 5.5 以下より高い。これは歯冠部より歯根部がう蝕にかかりやすいことを意味しており、これまでのエナメル質う蝕に基づくう蝕リスク診断による低リスク者でも根面う蝕

表1 歯冠う蝕と根面う蝕の比較 (文献¹⁾より)

	歯冠う蝕	根面う蝕
病 因	う蝕原性菌 (<i>S. Mutans</i> , <i>Lactobacilli</i>) 発酵性炭水化物	う蝕原性菌 (<i>S. Mutans</i> , <i>Lactobacilli</i> , <i>Actinomyces</i>) 発酵性炭水化物
素 因	歯垢指数 炭水化物の摂取頻度 唾液流量の減少 フッ化物の応用なし	歯垢指数 炭水化物の摂取頻度 唾液流量の減少 フッ化物の応用無し 歯肉退縮 / 臨床的歯肉付着の喪失 加齢 貧困 巧緻度の低下 認知能力の低下
表面組織	エナメル質 / 象牙質	セメント質 / 象牙質
組織組成 (重量比)	エナメル質 : 95~97% 無機質 3~5% 有機質と水 象牙質 : 65~70% 無機質 30~35% 有機質と水	セメント質 : 45~55% 無機質 45~55% 有機質と水 象牙質 : 65~70% 無機質 30~35% 有機質と水
脱灰の開始	pH 5.5 以下	pH 6.4 以下
う蝕の過程	エナメル質内 : 細菌侵入に続き脱灰 象牙質内 : 象牙細管の細菌侵入 ; 管間象牙質の脱灰と有機質成分のタンパク分解 ; 象牙細管の硬化、細管腔の崩壊、管周象牙質の石灰沈着	セメント質内 : 細菌侵入と同時の脱灰とタンパク質分解 象牙質内 : 象牙細管の細菌侵入 ; 管間象牙質の脱灰と有機質成分のタンパク分解 ; 象牙細管の硬化、細管腔の崩壊、管周象牙質の石灰沈着

赤字が相違点

3 学会診療ガイドラインが推奨する 根面う蝕の非切削および切削での対応

まつぎ えつこ
松崎 英津子

福岡歯科大学口腔治療学講座
歯科保存学分野 教授

診療ガイドラインとは、エビデンス（科学的根拠）に基づいて、患者と医療者の意思決定を支援するために作成される文書である。特定の健康に関連した課題について標準的と考えられる検査や診断・治療法が提示され、診療のツールのひとつとして活用される。日本歯科保存学会では、Minimal Intervention Dentistry (MID) の理念を礎に、う蝕治療に関する診療ガイドライン^{1~3)}を発信している。根面う蝕については、第2版(2015年)²⁾において、非切削および切削での対応が初版(2009年)¹⁾に新たなエビデンスを加えた形で示されている。

一方、根面う蝕の診断法に関しては、う窩形成前の早期検査法が確立されていないこと、エックス線撮影によるう蝕の検出は歯根の隣接面に限り有効であることから、整備されているとは言えない現状がある。加えて、ひとつの根面う蝕病変の中にも活動性と非活動性を示す部位が混在するため、例えば最も進行している部位のう蝕病変の硬さをその歯の代表値とする、などの診断基準も定まっていない。近年、活動性根面う蝕病変であっても、とりわけう窩の形成されていない病変では、進行抑制を導くことができる^{4,5)}ことから、根面う蝕の早期発見とう蝕病変の長期管理が重要視されている。そこで、根面う蝕の再石灰化による進行抑制を導き、う蝕病変を非切削で管理することに焦点をあてた『根面う蝕の診療ガイドライン—非切削でのマネジメント—』³⁾を2022年に発出した。

本章では、根面う蝕の診断とエビデンスの概要を提示しながら、学会診療ガイドラインが推奨する根面う蝕の非切削および切削での対応について述べる。

1. 切削・非切削のどちらで対応する？ —根面う蝕の診断

根面う蝕の診断は、国際う蝕検出・評価システム (International Caries Detection and Assessment System : ICDAS) に基づき、コード判定を行う (表1)。加えて、根面う蝕病変部の活動性は、視診と触診により判定する (表2)。

視診には、客観的かつ経時的な変化を記録できる口腔内写真撮影が有用である。触診には、従来は探針 (エクスプローラー) が用いられてきた。しかし、先端が鋭利であるため、う蝕病変表面を損傷しないという考えのもと、CPIプローブを用いながら慎重に評価すべ

ふくしままさよし
福島正義新潟大学名誉教授
昭和村国民健康保険診療所 歯科長

1. 根面う蝕の診断と治療の難しさ

歯頸部付近のセメント質は約20~50 μm の厚みであり、セメント質に局限したセメント質う蝕は組織病理学的でしか診断できない。肉眼的に認められる状態はほとんど象牙質う蝕である。う窩形成前の表在性の活動性根面う蝕はエナメル質の白斑病変（white spot lesion）（図1-a）のような明確な色調変化がなく、視診では容易に認識できない（図1-b）。また、根面う蝕は日常的に清掃性の悪い隣接面歯頸部からの発生頻度が最も高い。したがって、視診によるう蝕の早期発見が歯冠う蝕に比べて難しい。エックス線検査でさえ、隣接面歯頸部付近の初期う蝕は判断しにくい。歯根象牙質内部へ進行し、歯根表面の凹凸感や自然着色によって病変に気づくことがほとんどである。現状ではう窩形成前の根面う蝕の早期検知手段がない。したがって、エナメル質初期う蝕に比べて再石灰化療法のような非切削処置が手遅れになりやすい。

う窩形成後では以下のような理由で修復処置が困難である。

- ・う窩が歯肉縁下に及んだ場合や隣接面歯頸部に存在する場合ではう蝕の広がりの確認しづらい（図2）。そのために窩洞形成の時に窩洞外形の設定に迷い、原発う蝕（primary caries）を取り残しやすい。
- ・歯冠う蝕における窩洞形成の原理・原則が当てはまらない。
- ・歯周組織が健常でないと窩洞形成中に歯肉出血しやすい。
- ・歯肉溝滲出液や唾液に対する防湿が困難である。
- ・充填操作が難しいため過剰充填あるいは充填不足になりやすい。とくに歯頸部全周に及ぶ環状う蝕の直接修復は技術的に最も難しい。
- ・修復物の辺縁漏洩や二次う蝕が根面上の歯肉側辺縁から発生しやすい。
- ・未だ修復技法が確立していないため、修復物の予後は修復材料の選択よりも術者の修復技術に依存するところが多い。

このように、歯根部を取り囲む修復処置はきわめて厳しい条件下で行われるため、修復操作が的確に行える環境を得るために歯周治療が先行されるべきである。また、明瞭なう

根面う蝕の早期診断と う蝕検知液としての可能性

に かい どう とおる
二階堂 徹
朝日大学 教授

歯根面は露出直後はセメント質で覆われている。しかし、歯ブラシやスクレーラーによる損耗によってセメント質は消失し、象牙質が露出する。象牙質の成分は、無機成分（主にヒドロキシアパタイト）、有機成分（主に象牙質コラーゲン）、および水である。特に、う蝕による歯の脱灰によって無機成分が失われると、象牙質コラーゲンが露出する。本章では、サホライド液歯科用38%（以下SDF、ビーブランド・メディコーデンタル、図1）をう蝕象牙質に塗布した場合の黒変について解説する。さらにSDF法においては黒変した根面象牙質をう蝕象牙質として除去する根拠について説明する。

1. う蝕象牙質へのSDFの塗布

う蝕のある抜去歯にSDFを塗布した簡単な実例を紹介する。図2-aは咬合面に深い象牙質う蝕を有する抜去歯である。う蝕部分にマイクロブラシを用いてSDFを塗布し（図2-b）、2日間放置したところ、う蝕部分が明らかに黒変しているのがわかる（図2-c）。このう蝕部分を割断したのが図2-dである。う蝕が歯髄にまで達しており^注、う蝕象牙質は黒変しているが、エナメル質や健全象牙質の変色は認められない。SDFを塗布することによって歯が黒くなる事実はよく知られているが、SDFを塗布するとなぜ黒変するのか、どこが黒変するのかについては以外と知られていないのではないだろうか。

注) 使用した抜去歯は、う蝕が歯髄に達する広範な深在性う蝕であり、抜歯と判断されたものである。SDFは、高濃度（38%）フッ化ジアンミン銀であり、区分は劇薬である。そのため臨床において露髄が疑われる深在性う蝕へのSDFの使用は避けるべきである¹⁾。「フッ化ジアンミン銀応用の手引き」²⁾にも「深在性う蝕に塗布した場合、歯髄障害を起こすことがあるので、本剤を薄めて塗布するか、塗布をさけてください」との記載がある。一般的な使用法においては安全に使用できることは間違いのない³⁾。