HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	根管充填法の違いが根尖孔の大きい根管の封鎖性に及ぼす影響
Author(s)	三上，大輔; Mikami, Daisuke; 菅谷，勉 他
Citation	北海道歯学雑誌, 32(2), 124-134
Issue Date	2012-03
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/48707
Type	journal article
File Information	03-mikami_gencho.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

北海道歯誌　32：124-134，2012.

原　著

根管充填法の違いが根尖孔の大きい根管の封鎖性に及ぼす影響

三上　大輔　　菅谷　　勉　　川村　直人　　川浪　雅光

抄　録：接着性シーラーであるスーパーボンド根充シーラー（SBS）を，通常の根管に用いた根管充填の封鎖性の報告は多いが，根尖孔が大きく開大した根管でSBSの封鎖性を他の方法と比較した研究はない．

本研究ではまず，SBSの硬化時の環境が封鎖性に及ぼす影響を検討した．厚さ１mmに切断した歯根の根管を，直径1.3mmの円形に形成し，SBSを填入，根管上部を開放して空気中で重合したものをAir群，アルジネート印象材で覆って重合したものをAN群として，色素侵入試験を行うとともにSEMで観察した．その結果，AN群はAir群に比較して有意に色素侵入が少なく，SEM観察ではAir群は象牙質とSBSの界面に間隙がみられ，硬化体表面には気泡が多く認められたことから，SBSの封鎖性を評価するためには，根尖孔をアルジネート印象材で被覆してモノマーの揮発を抑制して実験することが必要と考えられた．

その結果をもとに，根尖孔が大きく開大した根管にSBSを用いた場合の封鎖性を，側方加圧充填および垂直加圧充填と比較した．ヒト抜去歯30本を用い，根尖孔を楕円形に開大させて次の３群に分け，次の方法で根管充填した．SBS群：SBSを用いた単一ポイント法，LC群：キャナルス®Nを用いた側方加圧充填法，Ob群：ObturaⅡを用いた垂直加圧充填法にて根管充填した．封鎖性を色素侵入試験により評価し，さらにSEMで観察した．その結果，SBS群はLC群とOb群に比較して有意に色素侵入が少なく，SEMでもセメント質，象牙質とSBSの界面に間隙は見られなかった．

本研究の結果から，根尖孔が開大した根管では，側方加圧充填法や垂直加圧充填法よりSBSを用いた単一ポイント法が有効である可能性が示唆された．

キーワード：根管充填法・4-META/MMA-TBBレジン系シーラー・根尖封鎖性

緒　　言

根尖性歯周炎の予後不良の原因には，大きな根尖歯周組織の破壊，除去不可能な根管内の異物，穿孔，歯周-歯内病変，繰り返しの根管治療，根吸収などが挙げられる[1)]．これらの原因の中で，根管治療が繰り返し行われた歯や歯根吸収が生じた歯は，大きく根尖が開大してアピカルシートが適切に形成できず，根管充填時に加圧が十分に行えないため高い封鎖性が得らないことが予後不良の大きな要因と考えられる．根尖孔が開大した場合に対する治療法として，これまでにmineral trioxide aggregateやtricalcium phosphate，hydroxyapatiteを用いてアピカルバリアーを形成して封鎖する方法が報告されているが[2, 3)]，根管充填時の加圧に抵抗するための強度が十分に得られるとは考えにくい．一方，近年臨床応用されてきた接着性シーラーは，接着することで封鎖を得るため，従来の根管充填法と異なり加圧せずに良好な封鎖が得られ，根尖孔が大きく開大した症例ではより適切な根管充填法になる可能性がある．

接着性シーラーとして，セルフエッチングのデュアルキュア型シーラーであるリアルシールSEシーラー®（ペントロンジャパン，東京）やEndoREZ®（Ultradent Products, USA），化学重合型シーラーであるAH plus®（DENTSPLY, USA）およびエッチング後に水洗する化学重合型シーラーのスーパーボンド根充シーラー（サンメディカル，滋賀）などが臨床応用されている．根尖孔が開大した症例に用いる場合には，シーラーと根尖歯周組織との接触面積が大きくなるため，とくに高い生体親和性が必要と考えられる．さらに，根管が太くなっているとマスターポイントの形態に合わせて根管形成することが困難となり，シーラーが厚くなると考えられるが，根管内は露出しているレジンの表面積に対する接着界面の表面積（Configration-factor）が大きいことから，重合収縮による封鎖性の低下も考慮して，シーラーを選択しなければならない．

レジン系シーラーの中でスーパーボンド根充シーラーは

〒060-8586 北海道札幌市北区13条西７丁目
北海道大学大学院歯学研究科口腔健康科学講座歯周・歯内療法学教室（主任：川浪雅光 教授）

tri-*n*-butylborane（TBB）を重合触媒としているため化学的に高い重合率が得られ，SBSのベースレジンである4-methacryloxyethyl trimellitate anhydride/methacrylate tri-*n*-butylborane（4-META/MMA-TBB）は，root-end sealingや穿孔部の封鎖，垂直歯根破折の接着治療などに用いられて，良好な生体親和性と封鎖性，臨床成績が数多く報告されている[4-10]．さらにSBSは根管壁側から重合が開始されるため[11]，重合収縮に伴う根管壁のギャップ形成に対しても有利な重合様式と思われる．

SBSに関してはすでにいくつかの研究報告があり，従来型のシーラーと比較してSBSは生体親和性が高いことを吉嶺らは報告している[12]．封鎖性については，Ishimura et al. が通常の根管でSBSと従来型シーラーおよびデュアルキュア型レジンシーラーを用いて側方加圧根管充填を*in vitro*で行った場合に，有意差がないことを報告している[13]．市村らも，通常の根管で従来型シーラーおよびSBS，デュアルキュア型レジンシーラーにガッタパーチャを併用して垂直加圧根管充填を*in vitro*で行った場合，色素漏洩量は同等であったと報告している[14]．しかしこれらの報告は通常の根管であり，封鎖が困難な根尖孔が開大している場合の封鎖性については報告がない．

一方，SBSの封鎖性を抜去歯による*in vitro*の実験で評価する場合，SBSはモノマー液が揮発しやすい上に重合速度がきわめて遅いため，根尖部を開放した状態で実験を行うと重合率が十分に高くなる前にモノマーが根尖孔から揮発して，象牙質との接着が得られない可能性が考えられる．とくに根尖孔が大きい場合には，この影響が大きいと考えられることから，本研究は，SBSの硬化時の環境が封鎖性に及ぼす影響を検討し，それをもとに，根尖孔が大きく開大した根管にSBSを用いた場合の封鎖性を，従来型シーラーを用いた側方加圧充填およびObturaⅡ（Obtura社，USA）を用いた垂直加圧充填と比較し評価した．

材 料 と 方 法

実験１．SBS硬化時の環境が封鎖性に及ぼす影響の検討

１．試料作製方法

ヒト新鮮抜去歯を用い，歯軸と垂直に厚さ１mmにISOMET（BUHLER, USA）にて切断し，Kファイル（MANI，栃木）を用いて根管を直径1.3mmに形成した．その後，シリンジを用いて根管内を14.3% EDTA溶液（歯科用モルホニン®，昭和薬品化工，東京）と10％次亜塩素酸ナトリウム（ネオクリーナー，ネオ製薬，東京）にて１分間洗浄し，気銃で乾燥した．根管内をエタノール水溶液，芳香族スルフィン酸塩（アクセル，サンメディカル，滋賀）で10秒間，10％クエン酸３％塩化第２鉄溶液（表面処理材グリーン®，サンメディカル，滋賀）で10秒間処理後，水洗し，気銃で乾燥した．

次に，歯根底部と側面を軟化したパラフィンワックス（ジーシー，東京）で被覆して上面のみを開放し，SBSをメーカー指示に従ってモノマー液３滴キャタリスト１滴ポリマー粉末１カップを混和して，ガラスピペットにて気泡が入らないように根管内に満たした．硬化環境により以下の２群に分けた（図１）．

AN群（n＝５）：ただちにアルジネート印象材（アローマファインDF3，ジーシー，東京）を練和し，SBS填入１分後に根管を覆い37℃湿度100％で24時間保存した．

Air群（n＝５）：37℃空気中で24時間保存した．

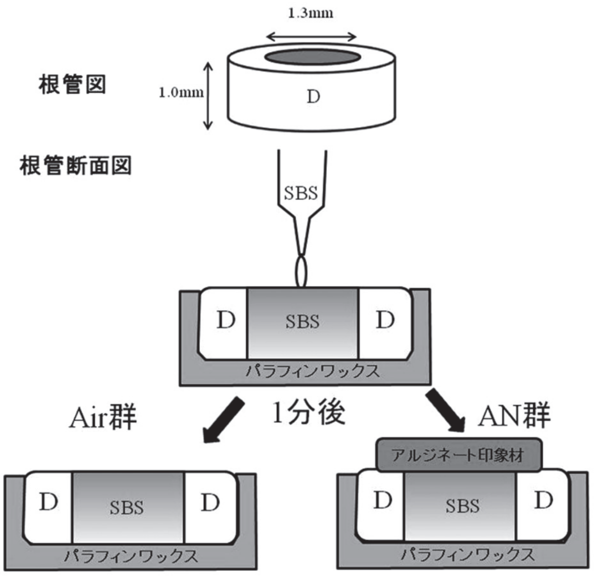

図１． 試料作製方法

歯根を厚さ１mmに切断，根管を1.3mmに拡大，スーパーボンド根充シーラー（SBS）を根管に填入し，Air群は上面を開放，AN群はアルジネート印象材で被覆した．D：象牙質

２．色素侵入試験

24時間後，アルジネート印象材とパラフィンワックスを除去し，歯根上部と側面，根管底部の象牙質面を３層マニキュアコーティングして，0.5％フクシン溶液に浸漬した．24時間後，ISOMETを用いて根管中央部で歯軸方向に切断し，切断面を光学顕微鏡（Olympus BX50，Olympus，東京）で観察し，4.0倍で撮影した画像をパーソナルコンピューターに取り込み，画像解析ソフト（Image J，NIH，USA）を用いて根管上端から色素侵入が認められた最下端までの距離を計測した．統計処理はSPSS 10.0J®（IBM，東京）を用いMann-Whitney *U*検定を行った．

３．SEM観察

色素侵入試験後，試料を乾燥し，白金蒸着して走査型電子顕微鏡（SEM：S-4000，日立ハイテクフィールディング，東京）を用いて，加速電圧10kVでSBSと根管壁の接着界面を観察した．

実験２．根尖孔が大きな根管における根管充填の封鎖性の検討

１．根尖孔開大歯根モデル作製方法

被験歯として，ヒト新鮮抜去単根歯30本を用いた．歯冠を切除して歯根長を12mmとし，髄腔開拡後，K-ファイル（MANI，栃木）にて＃80まで根尖孔を穿通し，超音波スケーラー（ENAC－10WA，SC5 チップ，長田電機工業，東京）にて根尖孔を長径1.3mm，短径0.8mmの楕円形に形成した．さらにピーソーリーマー＃1, 2（MANI，栃木）で根管上部をフレアー形成し，11.5mmで＃100まで形成した．形成終了後，アルジネート印象材（アローマファインDF3，ジーシー，東京）に歯根を植立（図２）し，シリンジを用いて歯科用モルホニン®とネオクリーナーにて各１分間根管洗浄，ペーパーポイントで乾燥した．

２．根管充填方法

以下の３群に分けて根管充填を行った．

SBS群（N＝10）：根管内をアクセル10秒，表面処理材グリーン®で10秒処理後，水洗，＃100ペーパーポイントで乾燥した．次に，SBSをメーカー指示に従ってモノマー液３滴キャタリスト１滴ポリマー粉末１カップを混和し，ディスポーザブルブラシにて根管内に塗布し，＃100マスターポイント（JMガッタパーチャポイント, モリタ）を挿入，単一ポイント法で根管充填した（図３－a）．

LC群（N＝10）：ステップバック法により10/100テーパーを付与して＃140まで形成，シリンジを用いて１分間歯科用モルホニン®とネオクリーナーで洗浄し，＃100ペーパーポイントで乾燥後，レンツロで根管内にキャナルス®N（昭和薬品化工，東京）を塗布し，＃100マスターポイント，アクセサリーポイント（JMガッタパーチャポイント，モリタ）を用いて側方加圧根管充填した（図３－b）．

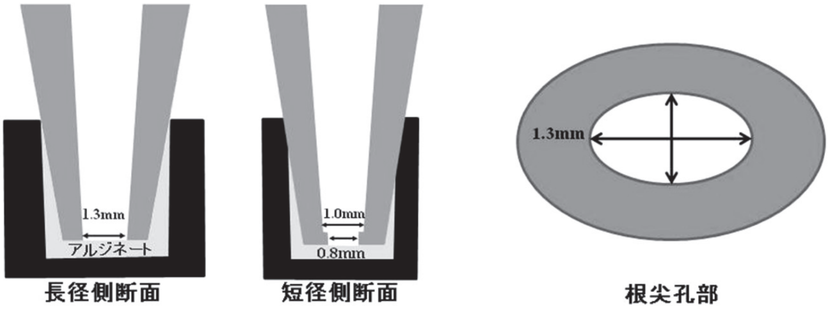

図２．根尖孔開大歯根モデル作製方法
根尖孔を長径部1.3mm 短径部0.8mmに形成．根管長より0.5mm短い長さで＃100まで根管拡大

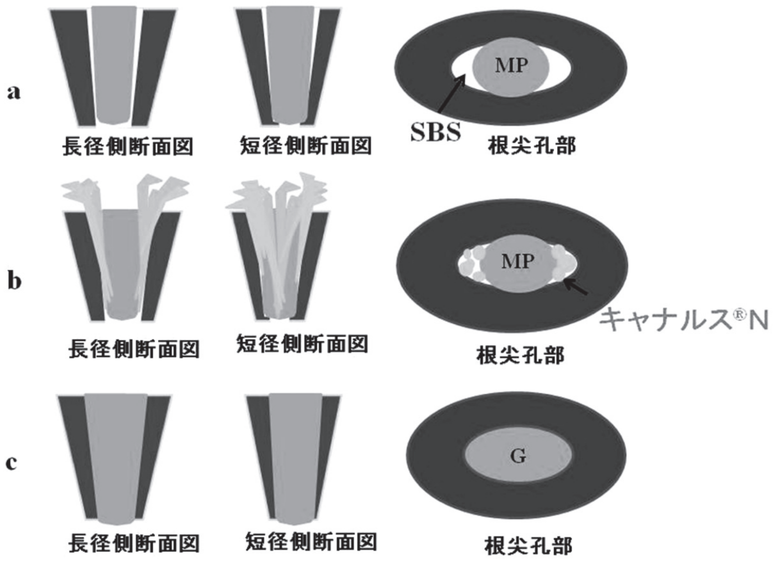

図３．各群の根管充填方法
a. SBS群：SBSを用いた単一ポイント法　b. LC群：キャナルス®Nを用いた側方加圧充填　c. Ob群：ObturaⅡを用いた垂直加圧充填
SBS：スーパーボンド根充シーラー，MP：マスターポイント，G：ガッタパーチャ

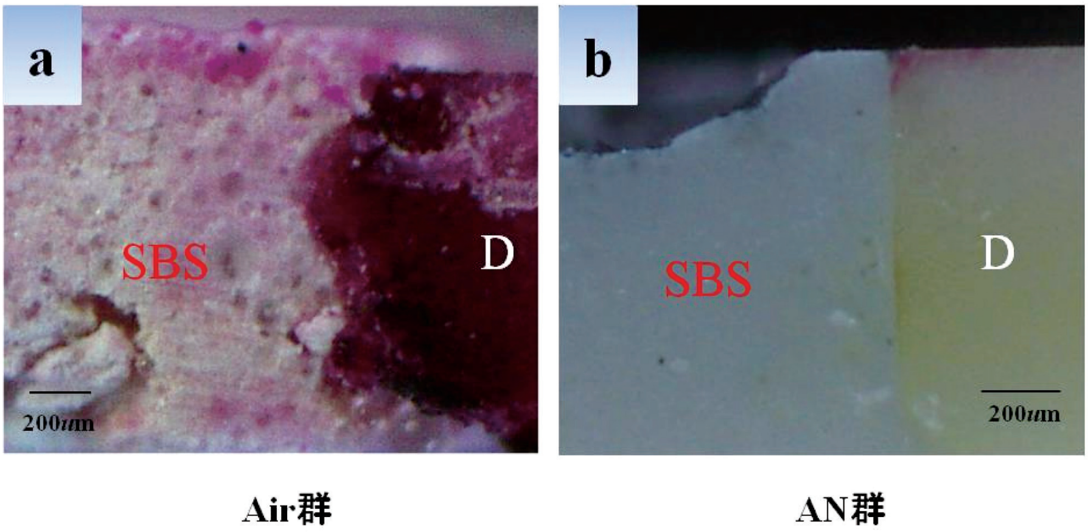

図４．実験１　色素侵入試験後の切断面（光学顕微鏡像）
a．Air群　b．AN群
SBS：スーパーボンド根充シーラー　D：象牙質
Air群はSBSと根管壁の間に色素が広範囲に侵入し，SBSには多くの気泡が認められた．
AN群は色素侵入なくSBS内の気泡もわずかであった．

Ob群（N＝10）：＃100ペーパーポイントにて乾燥後，ObturaⅡを用い，メーカー指示に従ってガッタパーチャを170℃に加熱，軟化したガッタパーチャを根管に填入してプラガーで根尖方向に垂直加圧根管充填した（図３－c）．

３．色素侵入試験

３群とも根管口をグラスアイオノマーセメント（FujiⅨ GP®，ジーシー，東京）で封鎖し．37℃湿度100％にて24時間保存後，根尖孔を除く全ての面をマニキュアで３層コーティングして，0.5％フクシン溶液に浸漬した．24時間後，ISOMETを用いて楕円形の根管の長径部分が評価できるように，根尖から３mmを根管中央で歯軸方向にて切断した．切断面は光学顕微鏡（Olympus BX50, Olympus，東京）で観察，4.0倍で撮影した画像をパーソナルコンピューターに取り込み，画像解析ソフト（Image J）を用いて根管充填材の最根尖側から色素が侵入した最歯冠側までの距離を計測した．統計処理はSPSS 10.0J®（IBM，東京）を用い一元配置分散分析およびTukey's-testを行った．

４．SEM観察

試料の切断面はアルミナバフで研磨後，SBS群は樹脂含浸層を観察するため6N塩酸５秒/１％次亜塩素酸ナトリウム７分の処理を経て，乾燥後白金蒸着した．LC群，Ob群は乾燥し白金蒸着した．走査型電子顕微鏡（SEM：S-4000, 日立ハイテクフィールディング, 東京）を使用し，10kVの加速電圧で根管壁と根管充填材の界面を観察した．

結　　果

実験１．SBS硬化時の環境が封鎖性に及ぼす影響の検討

１．光学顕微鏡観察

Air群では全被験歯でSBSと根管壁の間に根管全域に及ぶ色素侵入が認められ，さらにSBSの硬化体には気泡が多く見られた（図４－a）．また，５試料中３試料は，ISOMETにて切断中に硬化体が根管壁から脱落した．

AN群ではSBSと根管壁の間の色素侵入はわずかであり，硬化したSBS内に気泡はほとんど見られなかった（図４－b）．

２．色素侵入量

各群の色素侵入距離はAir群991.7±53.1μm，AN群273.4±57.4μmで，Air群はAN群に比べて有意に大きかった（$p < 0.05$）（図５）．

３．SEM観察

Air群では根管壁とSBSとの界面に間隙が認められた．またモノマー液に溶解しなかったと思われるポリマー粒子も多く認められた（図６－a）．さらに，AN群ではSBSと根管壁との界面は根管上部で微量の間隙が認められたが，ほとんどの部位で間隙はなかった（図６－b）．

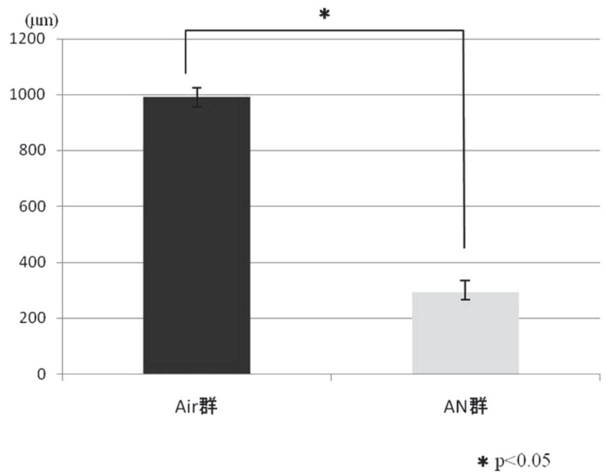

図５．実験１　色素侵入量
Air群はAN群より有意に色素侵入量が多かった．(p＜0.05)

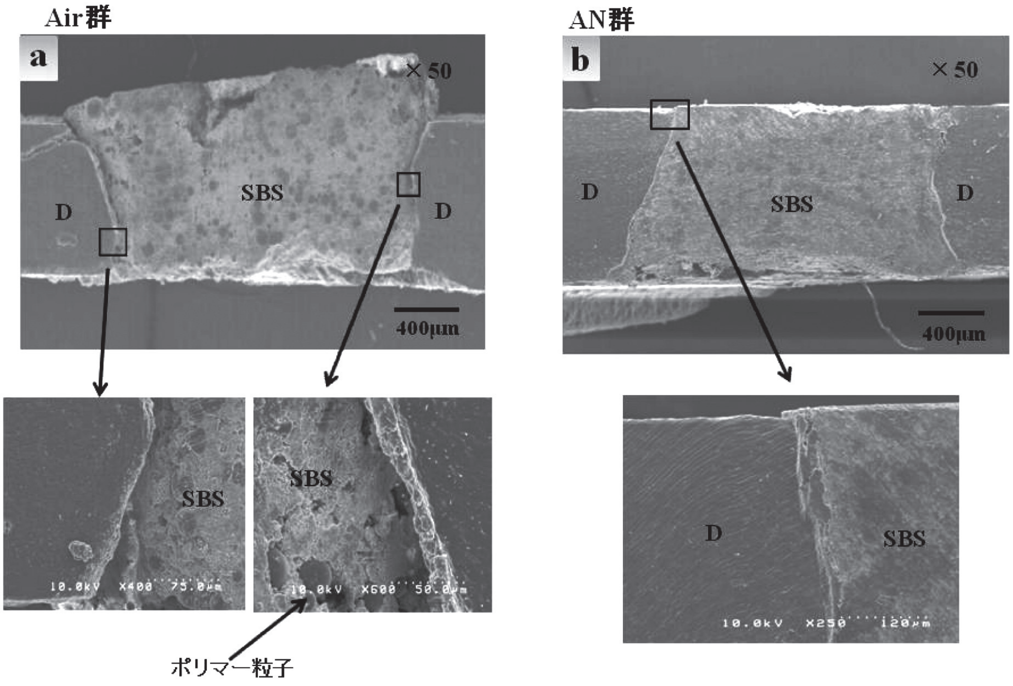

図６．実験１　切断面（SEM像）
SBS：スーパーボンド根充シーラー　D：象牙質
Air群は根管壁とSBS間に間隙が認められた．SBS内にモノマーに溶解しなかったと思われるポリマー粒子が認められた．
AN群は上部でわずかに間隙が認められたが，ほとんどの部位で間隙はみられなかった．

実験２．根尖孔が大きな根管における根管充填の封鎖性の検討

１．光学顕微鏡観察

SBS群はマスターポイントと根管壁の間に厚いシーラーの層が観察され，シーラーと根管壁の間に色素侵入はほとんど見られなかった（図７－a）．

LC群はマスターポイントとアクセサリーポイントおよび根管壁との間に厚いシーラーの層が見られ，根管壁とシーラーの間にわずかに色素侵入が認められた（図７－b）．

Ob群はガッタパーチャが根管全体を埋めており，一部の標本では根尖孔から溢出していた．根管壁との間には間隙が認められ，色素侵入も大きかった（図７－c）．

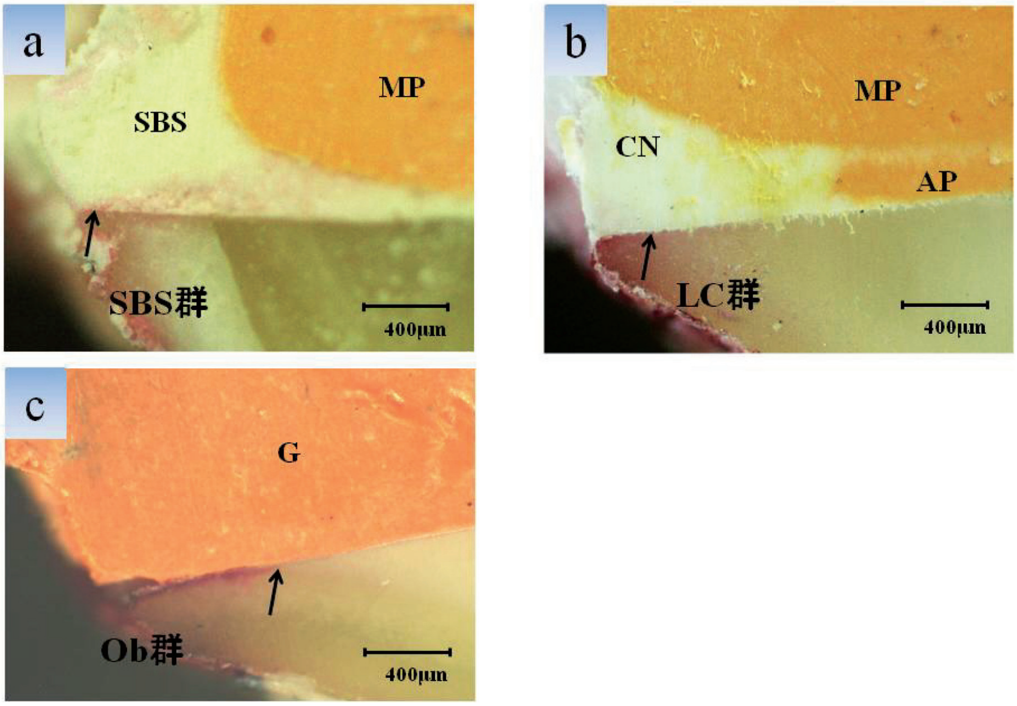

図７．実験２　色素侵入試験後の切断面（光学顕微鏡像）
SBS：スーパーボンド根充シーラー　MP：マスターポイント　CN：キャナルス®N
AP：アクセサリーポイント　G：ガッタパーチャ　↑：色素侵入の最歯冠側
SBS群はほとんど色素侵入がなかったが，LC群とOb群は根管充填材と根管壁の間に色素侵入が認められた．

２．色素侵入量

各群の色素侵入距離はSBS群196.2±202.2μm，LC群456.4±169.2μm，Ob群805.9±360.3μmだった．SBS群はLC群とOb群に比べて有意に小さく（$p<0.05$），LC群はOb群より有意に小さい値であった（$p<0.05$）（図８）．

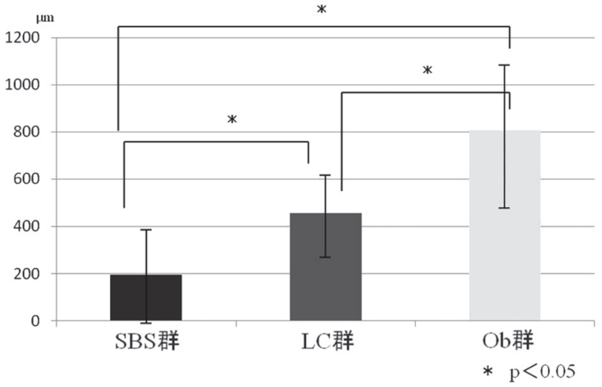

図８．実験２　色素侵入量
SBS群はLC群，Ob群に比べて有意に少なく，LC群はOb群に比べて有意に少なかった（$p<0.05$）．

３．SEM観察

SBSと最根尖側のセメント質との界面には，間隙が認められなかった（図９－a）．根尖部象牙質とSBSとの間にも間隙は認められず，象牙細管内にレジンタグの形成が認められた（図９－b）．さらに歯冠側部分のSBSが厚い部分でも根尖付近と同様に間隙は認められなかった．

LC群ではシーラーと根尖部のセメント質および象牙質との間に間隙が認められ（図10），また１mm程度歯冠側でも部分的にシーラーと象牙質との間に間隙が認められた．

Ob群は根尖部から歯冠側の１mm程度まで間隙が認められた（図11）．

またSEM観察後に切断面を再研磨し，色素が侵入した最歯冠側の位置で歯軸に垂直方向に切断して観察したが，色素侵入は一例も認められなかった．

考　察

根管充填の最も重要な目的は，根管を緊密に封鎖し根尖歯周組織への細菌の侵入を防ぐことである．臨床的に根管充填により高い封鎖性が得られにくい根管形態として，根尖孔が大きく，楕円形になっている場合が考えられる．すなわち，根尖孔が楕円形の場合，臨床的に根尖孔の太さはファイルの抵抗感で判断するため短径の太さで判断することになる．さらに，根管が太い場合には，ストリップパーフォレーションや歯根破折を避けるために過剰な根管拡大形成を避け必要最小限にとどめることになる．このような場合には根尖孔の長径部分にはマスターポイントが適合せずに加圧が不十分となるだけでなく，アクセサリーポイン

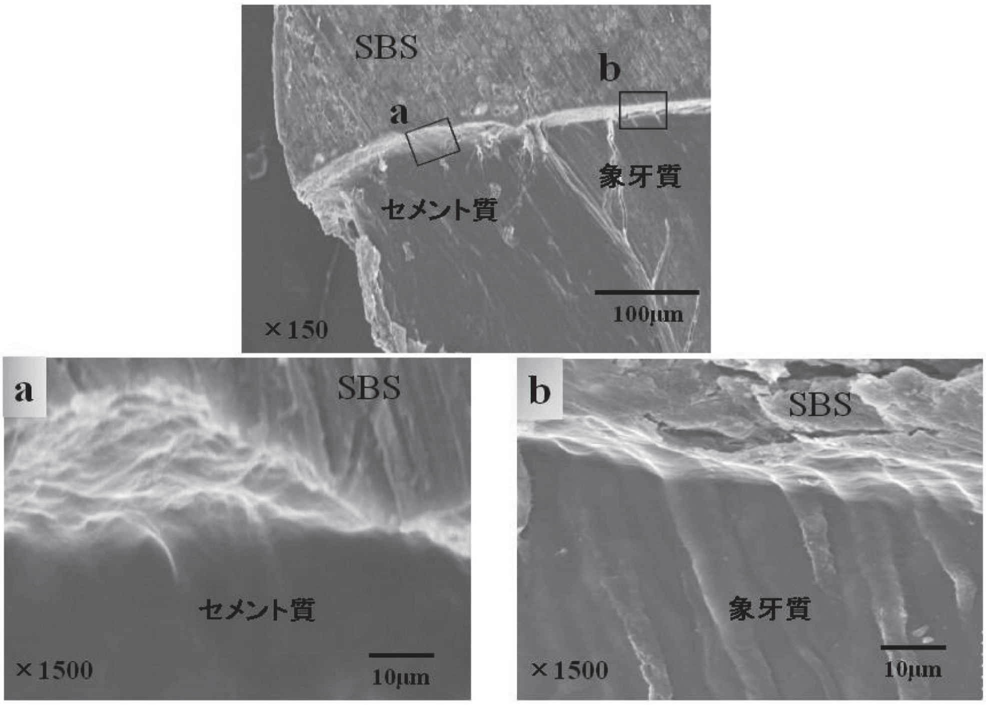

図９．実験２　SBS群の切断面（SEM像）
SBS：スーパーボンド根充シーラー
a. SBSとセメント質の界面には樹脂含浸層が認められた.
b. SBSと象牙質界面には樹脂含浸層とレジンタグが認められた.

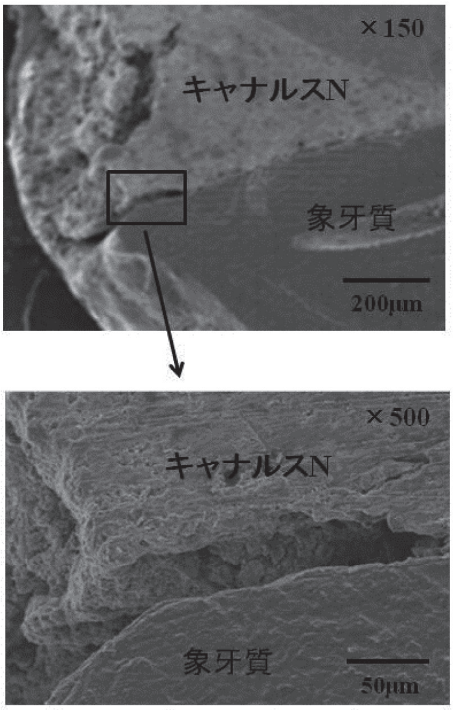

図10．実験２　LC群の切断面（SEM像）
シーラーと根尖部のセメント質および象牙質との間に間隙が認められた.

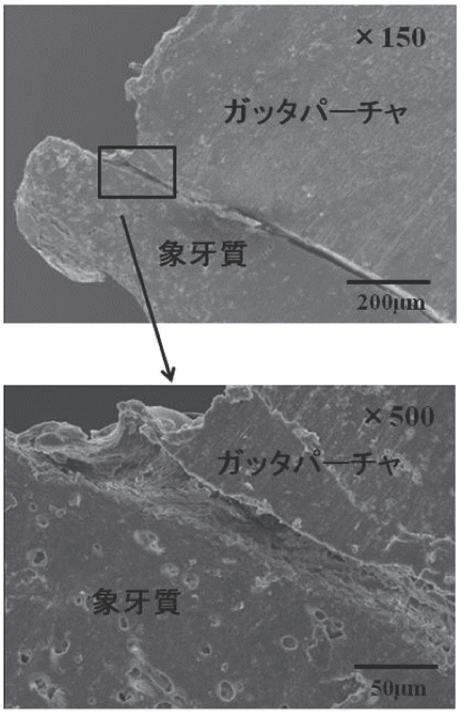

図11．実験２　Ob群の切断面（SEM像）
根管充填材と根管壁の間には、根尖から１mm程度まで連続した間隙が認められた.

トが根尖孔から溢出したりシーラーが厚くなったりすることがあるため，通常の根管より封鎖性が低下すると考えられる．本実験ではこのような状態を想定して根尖孔が楕円形に大きく開大した実験モデルを作製した．

接着性シーラーであるSBSを用いた根管充填法との比較には，臨床的に広く行われている従来型のシーラーを用いた側方加圧充填法，およびObturaⅡを用いた垂直加圧充填法を選んだ．

近年接着技術を歯内療法に応用し，根管封鎖性を評価した研究は数多く報告されている[15-24]．エポキシレジンやメタクリレートレジンを用いた根管充填が従来型シーラーを用いたものより封鎖性が優れているとの報告[22-24]がある一方，SBSを用いた場合の根管封鎖性は，従来型シーラーを用いた根管充填と比較して優れているという報告は少ない[13,14]．しかし，*in vitro*で行なわれたこれらの研究では，SBSの硬化環境が封鎖性におよぼす影響について考慮されていない．そこで本研究ではまずSBSの硬化環境，とくにモノマーの揮発が封鎖性におよぼす影響を検討した．

実験１ではAir群の根管壁全体に色素侵入を認め，５試料のうち３試料はISOMETにて切断中に根管壁から硬化体が脱落した．SEMでも根管象牙質とSBSとの間には間隙が認められ，接着していなかった．硬化体内部は気泡が多く，上面だけでなく底部まで同様に気泡が生じていた．さらに，モノマー液に溶解しなかったと思われるポリマー粒子も多く認められた．それに対してAN群は，根管象牙質とSBSの間隙はほとんど認めず，良好に接着していた．このような違いが生じた最大の原因として，キャタリストやモノマーの揮発が考えられる．すなわち，SBSは23℃での硬化時間が１時間30分程度であり，重合速度が遅いため，空気中で硬化させると重合前にキャタリストやモノマーが揮発してしまい，多数の気泡が発生するとともに重合率の遅延や低下が生じて接着も得られなかったと考えられた．さらに厚さ１mmの試料の全域に色素侵入がみられ，硬化体の気泡も表面だけでなく最底部まで認められたことから，その範囲は根尖孔から歯冠側に１mm以上に及ぶと思われた．

これらの結果から，実験２で根尖側の封鎖性を検討するには生体をシミュレートして行うことが必要と考えられた．臨床では根尖孔は歯根膜などの結合組織に覆われており，これらはきわめて水分の多い組織であることから，根尖孔を被覆する材料は水分を多く含んでいることが必要と考えられた．さらにSBSは流動性が高いため歯周組織がなければ根尖孔外に容易に流出してしまうことから，物理的にも歯根膜をシミュレートすることが必要なことから，アルジネート印象材に歯根を植立して根管充填を行った．

SBS群では根管充填に単一ポイント法を用いた．これは，根管充填中にスプレッダーで加圧操作を繰り返すことにより，硬化が始まっている象牙質とシーラーとの接着層を破壊してしまう可能性があり，側方加圧充填法を行うとむしろ封鎖性が低下することが指摘されているためである[17]．単一ポイント法ではスプレッダーで加圧する必要性はなく，根管のテーパーを大きくすることは歯根破折の危険性を高めるだけであり，根管形成は最低限に留めた．一方，LC群ではステップバック法で根管形成を行った．側方加圧充填法では7/100以上のテーパーが必要と報告されていることから[25]，拡大号数を１サイズ大きくするたびに作業長を１mm短くし，10/100テーパーを付与して根管拡大を行った．

根管洗浄にはネオクリーナーだけでなく14.3% EDTAである歯科用モルホニンを併用した．EDTAによる根管洗浄は根管壁のスメア層を除去し，根管充填の封鎖性を高めることが報告[26]されていることから，LC群とOb群でも封鎖性を十分に発揮できるように，EDTAによる洗浄も行った．

根管の乾燥はペーパーポイントで行った．スーパーボンドC&B®の接着では，エッチング，水洗後に気銃で十分に乾燥を行うが，SBSはメーカー指示では，ペーパーポイントによる乾燥でも十分に根管壁に接着するとされている．さらに根管が太く根尖が開大している場合には，気銃での乾燥は血液や浸出液が飛散して接着を阻害する要因となりやすく，また皮下気腫も懸念されることから，本研究ではペーパーポイントでの乾燥にした．

染色液への浸漬後，楕円形の根管の長径方向が観察できるように切断した．根尖孔が楕円形の場合，短径部分は根管壁とマスターポイントの適合が得られるが，長径部分は根管壁とマスターポイントとの間に間隙ができやすい．とくに本研究では根尖孔のサイズが短径0.8mmに対して長径1.3mm，根管拡大形成は＃100としていることから，長径部分はマスターポイントの適合が得られず，最も封鎖性が低下すると考えられ，この部分が評価できるように切断した．また，色素が侵入した最歯冠側の位置で歯軸に垂直方向に切断を行ったが，計測部位以外での色素浸入が認められた試料は一例もかったことから，長径部分の色素侵入距離を計測することにより，封鎖性が最も低下している部分を評価できたと考えられた．

色素侵入距離はSBS群がLC群とOb群に比べて有意に小さかった．SBS群が他の２群より高い封鎖性が得られた理由として，接着により封鎖する場合は加圧が不要である一方，側方加圧充填法や垂直加圧充填法では，根尖孔が楕円形の場合，短径より２段階太いサイズに拡大形成しても，長径部分には，抵抗形態が付与できず，根尖部分に適切に圧が加わらないため，ガッタパーチャと根管壁との密着が得られなかったものと思われた．

SBS群では，単一ポイント法のため楕円形の根管の長径部でシーラーが厚くなり，重合収縮によりギャップが形成される可能性があったが，色素侵入距離は200μm程度とわ

ずかであり，SEMでも根管壁とSBSの間に間隙はほとんどなく封鎖性は良好であった．単一ポイント法のため，根尖側より歯冠側の方がSBSは厚くなるが，根尖部から２mm程度歯冠側の部分でも，根尖部と同様に樹脂含浸層やレジンタグが認められ間隙はなかった．したがって，SBSがある程度厚くなっても根管の封鎖性は十分に得られると思われた．これは，SBSが根管壁から重合が開始されて重合速度が遅いため，重合収縮によるギャップが生じにくいというSBSの特性が影響したと思われた．

以上の実験結果から，根尖孔が大きく開大した比較的まっすぐな根管では，SBSを使用した単一ポイント法の根管充填により，きわめて高い封鎖性が得られると考えられ，これは繰り返し根管治療が施され根尖が開大した場合や，歯根吸収が生じている場合，湾曲根管がトランスポーテーションにより根尖孔の位置が変位した場合，樋状根管など，従来の方法では高い封鎖性が得ることが困難であった症例において，有効な根管充填方法となる可能性が示唆された．しかし，一般にレジンは時間の経過とともに接着力が低下することが報告されており，根管充填後の長期的封鎖性については今後さらに検討が必要である．

結 論

根尖孔が大きく開大した根管では，SBSを使用した単一ポイント法の根管充填は，従来型シーラーを用いた側方加圧充填およびObturaⅡを用いた垂直加圧充填よりも高い封鎖性が得られることが示唆された．

謝 辞

本研究に様々な面でご協力をいただきました教室員の皆様に心より感謝いたします．

参 考 文 献

１）興地隆史：歯内療法の争点—難治性根尖性歯周炎の病因と臨床—．新潟歯学会誌　36：1-15，2006.
２）吉田　剛，吉田隆一，加藤賢也，関根一郎：大きな根尖破壊に対するαTCPならびにHApの応用．日歯保存誌　42：72-85，1999.
３）石井信之，寺中敏夫：MTAによるアピカル・バリアー・テクニックの臨床応用．日歯内療誌　29：50-55，2008.
４）野口裕史，菅谷　勉，加藤　熈：縦破折した歯根の接着による治療法．第１報 培養歯根膜細胞を用いた接着性レジンセメントの毒性の検討．日歯保存誌　40：1445-1452，1997.
５）野口裕史，菅谷　勉，加藤　熈：縦破折した歯根の接着による治療法．第２報 接着性レジンセメントで接着・再植した場合の組織学的検討．日歯保存誌　40：1453-1460，1997.
６）山本俊樹，菅谷　勉，加藤　熈：髄床底穿孔の処置に4-META/MMA-TBBレジンを応用した場合の歯周組織反応に関する病理組織学的検討．日歯保存誌　43：1239-1248，2000.
７）菅谷　勉，野口裕史，長谷川有紀子，田中裕子，川浪雅光：歯根端切除時に4-META/MMA-TBBレジンをroot-end sealantとして用いた場合の臨床成績．日歯保存誌　45：62-67，2002.
８）川村直人，宮治裕史，菅谷　勉：4-META/MMA-TBBレジンの硬化条件が組織反応に及ぼす影響．日歯保存誌　46：853-859，2003.
９）Tanaka Y, Sugaya T, Tanaka S, Kawanami M : Long-term durability of root end -sealing with 4-META/MMA-TBB resin. Dent Mater J 23 : 453-456, 2004.
10）湯本泰弘，伊藤修一，森　真理，尾立達治，中島啓介，斎藤隆史，古市保志：歯根縦破折歯に対する接着性根管用シーラーの応用．日歯保存誌　51：514-522，2008.
11）今井庸二：歯科におけるトリブチルボランを重合開始剤とするMMAレジンに関する研究．生体材料工学研報　37：4-15，2003.
12）吉嶺嘉人，西垣奏一郎，松本妃可，小野真紀子，前田英史，赤嶺昭文：レジン系根管充填用シーラーの細胞毒性に関する研究．日歯内療誌　28：38-44，2007.
13）Ishimura H, Yoshioka T, Suda H : Sealing ability of new adhesive root canal filling materials measured by new dye penetration method. Dent Mater J 26 : 290-295, 2007.
14）市村賢二，須田光昭，乾はな子，福岡陽子：接着性シーラーの封鎖性について．日歯内療誌　28：87-91，2007.
15）Shipper G, Ørstavik D, Teixeira FB, Trope M : An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon). J Endod 30 : 342-347, 2004.
16）馬場忠彦，藤田　有，堀　良之，逸見浩史，曽　維平，戸田忠夫：試作レジン系根管用シーラーの封鎖性に対する根管清掃法の影響．日歯存保誌　46：382-390，2003.
17）石村　瞳，吉岡隆知，須田英明：接着性根管充填材のコロナルリーケージに関する評価．日歯保存誌　52：131-137，2009.
18）重谷佳見，竹中彰浩，飯塚直之，興地隆史：レジン系根管充填材料および接着性—固形根管充填材・シーラー界面に対する検討—．日歯内療誌　29：30-36，2008.
19）石村　瞳，坂上　斉，花田隆周，吉岡隆知，須田英明：

レジン系根管充填用シーラー（MetaSEAL™）の根管封鎖性に影響する因子について．日歯保存誌 53：159-165，2010.
20）de Almeida-Gomes F, Maniglia-Ferreira C, de Morais Vitoriano M, Carvalho-Sousa B, Guimaraes NL, dos Santos RA, Gurgel-Filho ED, Rocha MM : Ex vivo evaluation of coronal and apical microbial leakage of root canal-filled with gutta-percha or Resilon/Epiphany root canal filling material. Indian J Dent Res 21 : 98-103, 2010.
21）Wu MK, Ozok AR, Wesselink P.R : Sealer distribution in root canals obturated by three techniques. Int Endod J 33 : 340-345, 2000.
22）Limkangwalmongkol S, Burtscher P, Abbott PV, Sandler AB, Bishop BM : A comparative study of the apical leakage of four root canal sealers and laterally condensed gutta-percha. J Endod 17 : 495-499, 1991.
23）Economides N, Kokorikos I, Kolokouris I, Panagiotis B, Gogos C : Comparative study of apical sealing ability of a new resin-based root canal sealer. J Endod 30 : 403-405, 2004.
24）Sagsen B, Er O, Kahraman Y, Orucoglu H : Evaluation of microleakage of roots filled with different techniques with a computerized fuluid filtration technique. J Endod 32 : 1168-1170, 2006.
25）勝海一郎：根管充填を再考する．日歯保存誌 51：587-592，2008.
26）Fróes JA, Horta HG, da Silveira AB : Smear layer influence on the apical seal of four different obturation techniques. J Endod 26 : 351-354, 2000.

Hokkaido J. Dent. Sci., 32 : 124-134, 2012.

ORIGINAL

Influence of difference of root canal filling methods on apical sealing in apical foramen widening.

Daisuke Mikami, Tsutomu Sugaya, Naoto Kawamura and Masamitsu Kawanami

ABSTRACT : A number of reports of the sealing ability of ordinary root canal filling using Super Bond Sealer (SBS) have been published, however, SBS has not been compared with conventional sealers when used in apical foramen widening.

This study examined firstly the influence of the environment during SBS curing on the sealing ability. The SBS was filled into a standardized short canal of dentin, then cured in air (Air group), or covered with an alginate impression material (AN group). Dye penetration was evaluated and was observed by SEM, and the AN group showed significantly less dye penetration than the Air group. In the Air group, the gap between the SBS and the dentin surface and bubbles were commonly observed by SEM. The above results suggest that SBS must be cured under a cover of an alginate impression compound to prevent evaporation of the MMA monomer into the air and to ensure sealing on the dentin.

Based on the investigation, an evaluation of the apical sealing ability of SBS in comparison with the lateral condensation method and warm vertical compaction when used in apical foramen widening was designed. Thirty standardized root canal models with widened oval apical foramens were prepared. The apical part of the models were covered with an alginate impression compound. Those 3 groups, were investigated ; an SBS group using a single cone method ; an LC group using a lateral condensation method with Canals®N ; Ob group subjected to warm vertical compaction using Obtura II. The sealing ability was evaluated by dye penetration, and some of the specimens of each group were observed by SEM. The SBS group showed significantly less dye penetration than the Ob group and the LC group. No gap between the SBS and cementum and dentin were observed by SEM.

The above results suggest that the single cone method with SBS is efficient to obtain good apical root canal sealing of roots with widened oval apical foramen.

Key Words : root canal filling method, 4-META/MMA-TBB resin sealer, apical sealing

Department of Periodontology and Endodontology, Division of Oral Health Science, Hokkaido University Graduate School of Dental Medicine (Prof. Masamitsu Kawanami) Kita 13 nishi 7, kita-ku, Sapporo, 060-8586, Japan