

臼歯部修復用コンポジットと新しいバルクフィル材料

話題のレジン選択オプションに関する研究を評価する

Ronald D. Jackson (ロナルド・D・ジャクソン), DDS, FACD, FAGD, FAACD

1990年、臼歯部歯冠修復材料として、米国の歯科医師の94%がアマルガムを一番に選択していた¹。2010年までに、コンポジットレジン修復がアマルガムを上回り、その比率は2:1になった²。実際のところ、米国の歯科医師の3分の1は、もはやアマルガムを使用せず、使用している歯科医師においても、アマルガムの使用は着実に減少している²と推定される。

これは、100年以上ものあいだ歯科学に貢献してきた材料であるアマルガムを非難するものではない。修復歯科学における、この比較的急速で著しい変化には多くの理由がある。主な著者の意見を次に挙げる。

- 患者個人が金属でない、見た目が自然な修復物を望んでいること
- コンポジット修復の本質として侵襲性が少ないこと³
- コンポジットレジンの物理的性質が大きく改善され、耐久性が向上し寿命が延長されて、近年の臨床研究によるとアマルガムに匹敵するほどであること^{4,5}

それでもなお、臼歯部のコンポジット充填は厄介で、面倒で、時間がかかり、常に予測どおりとはいかないと、多くの歯科医は不満をもらしている。

臼歯部コンポジット材料の予後安定性

予後安定性は、主に二つの問題点があるように思われる。一番目は術後疼痛である。術後の咬合時の疼痛の原因は、コンポジット材料であると一部の歯科医師は考えている。しかしながら、適切に充填された場合、今日存在する高フィラー含有型の低収縮性コンポジット材料では、この可能性は

非常に低い。もし患者が咬んだ時に鋭い痛みがあり、ある「特定の」場所にあたった時にだけ、痛みを生じると訴える場合、ほぼ間違いなく、接着におけるエラーの結果（象牙質が完全に封鎖されていないため）生じた問題であり、それに対し、咬むと毎回痛むのは、修復物が原因である可能性が高い。つまり、臼歯部に継続的に生じる術後の不快症状は、大部分がテクニクエラーに起因するものである⁶。

ここで留意すべきことは、この問題は、かつてはエッチ・アンド・リンスの接着法を用いているためと誤報されていたのだが、近年大幅に少なくなってきた⁶。今では、このカテゴリーの接着の特性を理解し、この接着を適切に行う方法（すなわち、象牙質を過剰にエッチングしたりプライミング不足にしたりせず、塗布後にプライマーを完全に乾燥させて、十分に光重合すること）を多くの歯科医が学習している。

さらに、セルフエッチングアドヒーシブの使用が増えてきており、エナメルエッチングの併用も選択することができる。著者は、ユニバーサルタイプのアドヒーシブの開発の進展により、接着法を原因とする術後疼痛の発生がさらに減少されると予想している。

修復物装着後の冷たいものへの知覚過敏は、多因子性であり、全ての種類の術式と材料で生じる。象牙質は、必ずコンポジット材料充填前にアドヒーシブで封鎖されるため、接着されないアマルガム充填と比較して、臼歯部のコンポジット修復で、この問題の発生は少なく、発生期間は短いはずである。

予後安定性に関する二番目の懸念事項は、適切なコンタクトが得られないことである。これも、コンポジット材料そのものではなく、全て隔壁の装着の要因によるものである。幸いにも、特殊なリング形状マトリックスに加え、新たに考案された部分的隔壁法（例、Compositight 3D – ガリソン・デンタル・ソリューションズ [www.garrisonsdentalsolutions.com]、Triodent V3 及び V4 システム – ウルトラデント [www.ultradent.com]）が過去数年間に発売され、また、コンタクトフォーマー（Perform – ガリソン・デンタル・ソリューションズ、Contact Pro 2 – CEJ デンタル [www.cejdenタル.com]）との併用も可能であり、実質的にこの問題は解決されたのも同然である。※一部日本国内販売なし。

素早い充填

予後安定性の問題が解決されても相変わらず、実際のコンポジット充填に、歯科医師は時間と労力をかけている。最新のコンポジット材料は、硬度、曲げ強度、破折強度のほか、低収縮性や低摩耗性といった高い物理的特性を有している。しかしながら、このように高密度にフィラーが含有され粘性の高い材料は、重合深度が浅く、圧接とレイヤリングでの重合が複数回必要となり、窩壁に緊密に適合させることがより困難になる。メーカーは、新しいコンポジット材料や臼歯部用に特別に考案された技術を紹介し、歯科医がより素早く簡単に充填できるようにすることで、このような問題に対処しはじめている。バルクフィルレジンは、臼歯部のコンポジット修復の際のレイヤリングが不要である。さらに、フロアブルレジン（例、SureFill SDR Flow、デントプライ [www.dentsply.com] ; Filtek バルクフィルフロアブルレジン、3M/ESPE [www.3mespe.com] ）のほか、振動させて窩洞に注入される高フィラー含有型コンポジット（Kerr ソニックフィル [www.kerrdental.com] ）では、窩壁への優れた適合が得られる。言い換えると、従来の裏層やレイヤリング用の材料や手法に比べると、気泡や継ぎ目が少ないということである^{7,8}。このような最新の材料には、重合深度や収縮応力に対処するため、レジン化学に改良が必要であった（ソニックフィルの場合、音波振動エネルギーを採用）。最新材料では、特に、今日の光照射器の高出力を考慮した上で、光重合、重合反応速度論や収縮応力の科学の再検討も必要であった。

科学の検討

バルクフィル材料をめぐる議論やそれがメーカーの宣伝通りなのかどうかという議論があると、当然のことながら、歯科医は、入手可能な研究を調べることになる。共通して理解されていることは、コンポジット材料は、重合収縮応力を少なくするため、2mm ずつ充填し、重合しなければならぬということであり、この方法を支持する論文が優勢である⁸⁻¹⁰。しかしながら、1996年に、Versluis と同僚らにより *Journal of Dental Research* に論文が発表され、そこで初めて、レイヤリング充填で実際に全体の重合収縮応力が少なくなるのかどうか、疑問視された¹¹。著者らは、この方法で実際に収縮応力が増えたと結論付けた。それ以来、臼歯部修復でコンポジット材料をレイヤリング充填するのは、修復物全体の結果に、臨床的な意義があるとは思われないという結論に達している論文が多く発表されている¹²⁻¹⁷。

ごく最近では、咬頭の偏位を調査した論文が **Journal of the American Dental Association** に発表され、ここでも、このような前提が確認されている¹⁸。加えて、この論文ではさらに、重合深度を改善するため歯を透過させる光照射法の有効性が確認されており、これは2001年に **Belvedere** により取り入れられた方法である¹⁹。しかしながら、重合深度の限界から、バルクフィルでないコンポジット材料では、2mmのレイヤリングが依然として推奨されている。

コンポジットレジンの重合深度に関して、一般的に二つの方法を用いて、重合深度と重合範囲が測定されている。一つの方法は、国際標準化機構 (ISO) 規格 4049 : 2009 で、柱状コンポジットを最表層から重合する。次に、硬い重合された材料に到達するまで、底面から軟らかい未重合のコンポジットを削り取る。その後、重合されたコンポジットの残りの長さを2で割って、それを重合深度とする。

Tiba と同僚による、いくつかのバルクフィル材料の重合深度に関する研究が、2013年の **International Association of Dental Research (IADR)** 総会で発表され、著者らは結論として以下のように述べた。「今回の研究では、バルクフィルコンポジット材料のより重要な硬度比に関する重合深度の試験として、ISO 4049には限界がいくらかあることが示されている²⁰。」この著者の意見によると、ISO規格は、異なるコンポジットレジン材料の相対的「硬化性能」を比較することに限定されるものである。所定の深さで、実際にどれくらいコンポジットレジンが重合しているのか（炭素転換率）は、測定されないため、厳密には臨床的に意義のあるものではない²⁰。

二つ目の方法は、多くの研究者らによって用いられており、ヌープ硬度試験として知られているもので、重合深度は、重合された柱状コンポジットの最表層から、微小硬度の値が少なくとも最表層の値の80%の地点までの距離として定義される。硬さは、重合度と相関することが示されている（80%の底部から表層までの硬度は、90%の炭素転換率に匹敵する）。著者らの意見では、このようなことから、この重合深度測定法は臨床的に意義のあるものになる²¹。

上記の IADR 論文の同じ著者らは、いくつかのバルクフィル材料の物理学的特性の広範な研究を行い、そのデータをレイヤリングされた材料と比較し

た。この研究は、American Dental Association (ADA、米国歯科医師会) 研究所から発表されている¹⁹。重合深度について硬度比の方法を用いて、表 1 に記載されている材料は全て、メーカーの宣伝内容を満たしていた¹⁹。X-tra base、x-tra fill (ボコ・アメリカ、www.voco.com) と Kerr ソニックフィルは、それぞれのメーカーの宣伝内容をはるかに凌いでいた。ここで指摘すべきことは、ISO 4049 試験法を用いた場合、これらの著者らが得た数値とは異なり、低いものであった。残念なことに、これらの同じ著者らが IADR 研究の中で示した「より重要な硬度比」についての意見は見られなかった。硬度比の試験を用いた他の研究者らは、バルクフィル材料は、メーカーの宣伝内容を満たすか、それを凌ぐものであることを示しているが^{22,23}、硬度について異なるプロトコルを用いて発表された少なくとも一つの論文では、異なる結果が導き出された。したがって、歯科医は、多様な研究方法に細心の注意を払うべきである²⁴。

バルクフィルコンポジットレジンを経済的な窩洞に1回量で充填することに関するもう一つの懸念事項は、高い収縮応力を生み出す可能性である。ADA 研究の著者らが重合応力について調査した時、大部分の試験したバルクフィル材料の平均値は、レイヤリングされた (バルクフィルでない) 対照と比較して、統計学的に有意ではなかった。ソニックフィルの収縮応力の値は最も低く、統計学的に有意な量をもって、他の試験した材料よりも低かった²⁵。

症例

これらの新しい臼歯部用コンポジットレジン材料の主な目的は、歯科医が充填しなければならない重合層を少なくし、そうすることで効率を上げることである。材料は、少ない重合収縮と収縮応力と共に深い重合深度 (4mm 以上) を掘り所とし、ほとんどの窩洞形成部位を数回で素早く充填することが可能である。

著者の経験では、ソニックフィルは、素早く充填できるだけでなく、ベトつきが少なく、形態が容易に付与できることで、充填時間は短く、労力も少なく簡単であり、アマルガムと同程度である。これは、コンポジットレジンが初めて臼歯部修復に用いられてから、歯科医が求めてきたものである。図 1 から図 4 で示した症例では、窩壁の適合が明らかで、粘性の低い裏層 (フロアブルレジンやガラスアイオノマーセメント等) は不要であり、こ

の修復は、臨床的に良好かつより効率の良い充填であった。図 5 と図 6 は、バルクフィル材料で臨床的な成功と予後安定性の延長が示された症例である。

最終見解

これらの新しいバルクフィルコンポジットレジンは、あまりにも新しく、長期の臨床試験データを持たない。しかしながら、それらは、歯科医に好評であり、市場で成長を続けている。診療で歯科医が充填する臼歯部コンポジットの数を考えると、これらの新しい臼歯部用コンポジット材料や技術が開発されなければ、このようなバルクフィルコンポジットレジンの成長はなかったと思われる。

情報開示：

Ron Jackson 医師は、ソニックフィルの開発において顧問としての役を果たし、研究費として金銭的な契約があることを開示する。

経歴

Ron Jackson 医師は、ウェストバージニア大学歯学部 の 1972 年度卒業生である。審美歯科学、接着歯科学に関し多くの論文を発表し、米国と海外で講義を行っている。Jackson 医師は、Academy of General Dentistry（一般歯科学会）会員、American Academy of Cosmetic Dentistry（米国美容歯科学会）会員、American Board of Aesthetic Dentistry（米国審美歯科会）認定医であり、Mastering Dynamic Adhesion program at the Las Vegas Institute

for Advanced Dental Studies（ラスベガス先端歯科学研究所の接着歯学プログラム）の指導者である。

Jackson 医師は、バージニア州ミドルバーグで開業しており、包括的な修復歯科と美容歯科に重点を置いている。連絡先は、(540) 687-8075 または E メール ron@ronjacksondds.com まで。

症例写真:

図 1 及び 2 交換が必要なアマルガム II 級修復の術前の写真及び X 線写真。

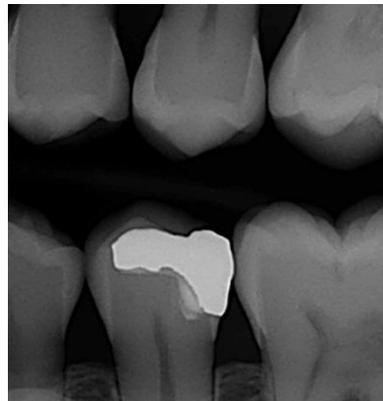


図 3 及び 4 Kerr ソニックフィル修復の術後 42 カ月の画像。粘性が低い裏層が不要な窩壁への適合に注目されたい。

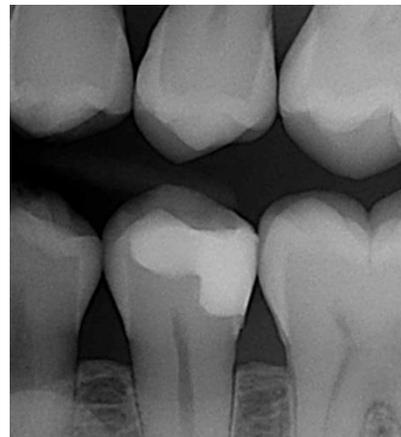


図 5 交換が必要なアマルガムⅡ級修復 2カ所を示す術前写真



図 6 Kerr ソニックフィル修復の術後 38カ月の画像



材料	コンポジットの種類	重合深度	エナメル質様レジ ン交換の必要性 ^b	低い粘性の象牙質 裏層の 必要性（ベース）
SureFil SDR Flow (デンツプライ/コーク) ^a	フロアブルレジ ン	4mm	有	無
X-tra Base (ボコ) ^a	フロアブルレジ ン	4mm	有	無
Venus Bulk Flow (ヘレウスクルツァー) ^a	フロアブルレジ ン	4mm	有	無
Filtek Flow Bulk Fill (3M/Espe) ^a	フロアブルレジ ン	4mm	有	無
Tetric EvoCeram Bulk Fill (イボクラービパデント)	高フィラー含有型 コンポジット	4mm	無	有
X-tra Fil (ボコ)	高フィラー含有型 コンポジット	4mm	無	有
ソニックフィル (カー) ^c	高フィラー含有型 コンポジット	5mm	無	無

(a) 象牙質裏層（ベース）

(b) 非咬合面への荷重負担がある場合を除く

(c) 音波振動型

-
1. In Your Dental Practice, is Dental Amalgam still the restorative material of choice? *J Am Dent Assoc.* 1997;128(11):1502.
 2. Jackson RD. Placing Posterior Composites: Increasing Efficiency. *Dent Today.* 2011;30(4):126-131.
 3. Lynch CD, Frazier KB, McConnell RJ, et al. Minimally invasive management of dental caries. *J Am Dent Assoc.* 2011;142(6):612-620.
 4. Opdam NJ, Bronkhorst EM, Roeters JM, Loomans BA. A retrospective clinical study on longevity of posterior composite and amalgam restorations. *Dent Mater.* 2007;23(1):2-8.
 5. Opdam NJ, Bronkhorst EM, Roeters JM, Loomans BA. 12 year survival of composite vs. amalgam restorations. *J Dent Res.* 2010;89(10):1063-1067.
 6. Perdigao J, Geraldini S, Hodges JS. Total-etch vs. Self-etch adhesive effect on Post-operative Sensitivity. *J Am Dent Assoc* 2003; 134(12): 1621-1629.
 7. Munoz C, Campillo-Funollet M, Microleakage in Class II preparations restored with the SonicFill System, Presented at: AADR/CADR Annual Meeting & Exhibition; March 22, 2012; Tampa Florida
 8. Ferracane JL, Resin Composite – State of the Art, *Dental Materials* 2011, Vol. 27 Iss: 1 pp. 29 – 38
 9. Meira JBC, Bragga RR, Understanding Contradictory Data in Contraction Stress Tests, *JDR* 2011, Vol. 9 issue 3 pp. 365-370.
 10. How should composite be layered to reduce shrinkage stress incremental or bulk filling, Park J, Chang J, et. al, *Dental Materials* 2008 24(11): 1501-1505
 11. Versluis A, Douglas WH, Cross M, Sakaguchi RL. Does incremental filling technique reduce polymerization shrinkage stresses? *J Dent Res.* 1996;75(3):871-878.
 12. Neiva IF, deAndrada MA, Baratieri LN, et al. An in vitro study of the effect of restorative technique on marginal leakage in posterior composites. *Oper Dent.* 1998;23(6):282-289
 13. Gallo JR 3rd, Bates ML, Burgess JO. Microleakage and adaptation of Class II packable resin-based composites using incremental or bulk filling techniques. *Am J Dent.* 2000;13(4):205-208.
 14. Choi KK, Condon JR, Ferracane JL. The effects of adhesive thickness on polymerization contraction stress of composite. *J Dent Res.* 2000;79(3):812-817.
 15. Leevailoj C, Cochran MA, Matis BA, et al. Microleakage of posterior packable resin composites with and without flowable liners. *Oper Dent.* 2001;26(3):302-307.
 16. Idriss S, Habib C, Abduljabbar T, Omar R. Marginal adaptation of Class II resin composite restorations using incremental and bulk placement techniques: an ESEM study. *J Oral Rehabil.* 2003;30(10):1000-1007.
 17. Rees JS, Jagger DC, Williams DR, et al. A reappraisal of the incremental packing technique for light cured composite resins. *J Oral Rehabil.* 2004;31(1):81-94.
 18. Campodonico CE, Tantbirojn D, Olin PS, Versluis A. Cuspal deflection and depth of cure in resin-based composite restorations filled by using bulk, incremental and transtooth-illumination techniques. *J Am Dent Assoc.* 2011;142(10):1176 -1182.
 19. Belvedere PC. Contemporary posterior direct composites using state-of-the-art techniques. *Dent Clin North Am.* 2001;45(1):49-70.

-
- 20.** Tiba A, Hong A, Zeller G. Examining the depth of cure for bulk fill composite materials, #2435; IADR, Seattle Washington, March 2013
- 21.** Bouschlicher MR, Rueggeberg FA, Wilson BM. Correlation of bottom-to-top surface microhardness and conversion ratios of various resin composite compositions. *Oper Dent.* 2004;29(6):698-704.
- 22.** Yapp R, Baumann A, Powers JM. Comparative curing and thermal properties of demi ultra LED curing light. Research Report – number 58. The Dental Advisor, 2014.
www.dentaladvisor.com/publications/research-reports/comparative-curing-and-thermal-properties-of-demi-ultra-led-curing-light.pdf. Accessed July 10, 2014
- 23.** Christensen G. Advantages and challenges of bulk-fill resins. *Clinician's Report* 2012; 5(1): 1-2
- 24.** Flury S, Hayoz S, et.al., Depth of cure of resin composites: Is the ISO 4049 method suitable fo bulk fill materials?, *Dent Materials* 2012 (28) pp. 521-528
- 25.** Tiba A, Zeller GG, Estrich CG, Hong A. A Laboratory evaluation of bulk-fill versus traditional multi-increment-fill resin-based composites. *ADA Professional Product Review*, 2013; 8(3):13-17
<http://www.oasisdiscussions.ca/wp-content/uploads/2013/12/Extration-of-A-Laboratory-Evaluation-of-Bulk-Fill-Versus-Traditional-Multi-Increment-Fill-Resin-Based-Composites.pdf>