

〔総説〕 松本歯学 9 : 1 ~ 6, 1983

key words: 4-META 接着性レジン — 接着性ブリッジ — 被着金属表面の処理

固定性ブリッジにおける 4-META 接着性レジンの応用

天野秀雄, 佐藤正文

松本歯科大学 歯科補綴学第2講座 (主任 天野秀雄 教授)

Applications of 4-META Adhesive Resin to Fixed Bridge Restorations

HIDEO AMANO and MASAFUMI SATO

*Department of Crown and Bridge Prosthodontics
(Chief : Prof. H. Amano)*

はじめに

固定性ブリッジによって歯の欠損を回復する場合、支台歯となる歯が全く齲蝕のない健康な歯であっても、ブリッジの脱落を招くことのないように、歯冠の一部または全部を削除して、十分な維持力が得られるように支台歯を形成しなければならない。

いっぽう、歯質と接着するレジンの開発とともに、健康な歯をほとんど削除しないで、接着性レジンによりブリッジを支台歯に接着する方法が試みられるようになってきた。

暫間的ではあるが、簡単に、早く処置できる方法としては、支台歯の欠損側面にエッチングを施し、そこにボンティックとしてレジン歯を接着する方法^{1,2)}が用いられている。

耐久性を持たせる方法としては、ボンティックを含むブリッジのメタルフレームに維持孔を付与し、これをエッチングを施した支台歯に接着性レ

ジンで接着する方法が Rochette³⁾, Howe and Denehy⁴⁾, 羽田ら⁵⁾, Livaditis⁶⁾, Nathanson and Moin⁷⁾, 後藤^{8~10)}らによって試みられた。これらの方法は主として Bis-GMA 系コンポジットレジンを用いて歯質に接着させると同時に、メタルフレームに付与された維持孔に嵌入したレジンの機械的結合によってブリッジを維持させる方法である。

さらに、MMA-TTB系モノマーに5%の4-META (4-methacryloxyethyl trimellitate anhydrid)を加えることにより、歯質だけでなく、金属にも強力に接着する4-META 接着性レジンが開発され¹¹⁾、山下ら^{12~17)}はこの4-META 接着性レジンを用いて、ボンティックを含むブリッジのメタルフレームに維持孔を付与しないで、接着面を機械的および化学的に処理することにより、ブリッジを支台歯に接着させる方法を考案し、この方法によるブリッジを Adhesion Bridge と呼んだ。そして、堀内ら¹⁸⁾、春日ら¹⁹⁾、真坂²⁰⁾、後藤²¹⁾らによっても、4-META 接着性レジンに応用したブリッジの臨床報告がなされている。

今後、さらにその応用が広まるものと考えられ、ここでその現況について考察してみることにする。

ブリッジの接着に用いられる 4-META 接着性レジン

4-META 接着性レジンとは、新しい接着性モノマーである 4-methacryloxyethyl trimellitate anhydrid (以下 4-META と略す) を配合して作られた酸エッチングしたエナメル質、象牙質および歯科用合金に接着する歯科用レジンのことであり、4-META モノマーはトリメリット酸とヒドロキシエチルメタクリレートのエステル結合によって生成されたもので、ベンゼン核に 2 つのカルボキシル基がついていて、これの酸無水物が 4-META である¹¹⁾。

一般に歯科接着剤の要件としては、

- 1) 被着材 (歯質や金属) の表面状態に対するぬれ性が良いこと、
- 2) 硬化した接着剤自体の機械的強さが適当であること、
- 3) 接着界面に応力集中や欠陥が生じないこと、
- 4) 使用操作が簡単で速かに硬化すること、

などがあげられるが、4-META 接着性レジンには被着材に対するぬれ性はその化学的性質と TBB-0 の重合反応性が相乗的に作用して良好であり、硬化した 4-META 接着性レジン の機械的性質は PMMA 系レジンよりやや柔軟であり、接着界面での内部応力が小さく、また硬化したときの耐久性は口腔内で唾液に直接接した状態でも耐久性があり、接着剤の要件を比較的満足している²²⁾といわれている。

ブリッジの接着には MMA-4-META-TBB-0 レジン、すなわち歯科矯正用接着剤、Orthomite Super-Bond (サンメディカル社製) の名で商品化 (図 1) されている 4-META 接着性常温重合レジンが用いられている。この Orthomite Super-Bond は液が methyl methacrylate (MMA) と 4-META からなり、粉末の主成分は粒状重合した polymethyl methacrylate (PMMA) である。そして、これを重合硬化させるためのカタリストとして、tri-n-butyl borane の酸化物 (TBB-0) が使われている。



図 1：ブリッジの接着に用いられる 4-META 接着性レジン “Orthomite Super-Bond”

4-META 接着性レジンとエナメル質との接着

現在、エナメル質の表面を酸処理することは、レジンとの接着性を高めるために不可欠な条件となっている。

4-META 接着性レジンと酸エッチングされたエナメル質との接着は酸エッチングによって、エナメル質表面が脱灰され、表面に微細な凹凸構造ができ、その微細構造のなかにレジンが深く浸入硬化し、エナメル質中に硬いレジントラッグを形成して、機械的に強固な投錨効果を発揮し、また、4-META モノマーのトリメリット酸無水物の極性によって、これがエナメル質の水酸アパタイトに配向して分子間結合や水素結合による接着力も同時に発揮する²³⁾といわれている。

まず、酸エッチングに先立ち、エナメル質の表面に cuticle などの有機質が付着していると、酸による脱灰効果が少なくなるので、研磨剤および brush cone で研磨し、この有機質を機械的に除去し、新鮮なエナメル質を露出させておくことが必要である^{24,25)}。

酸エッチングについては、従来よりリン酸で処理する方法が用いられてきたが、このような強酸によるエッチングはエナメル質の脱灰量も多く²⁵⁾、接着力の低下を招かない範囲でできるだけ最小限に止めることが理想であろう。

竹山ら¹¹⁾の報告では 30% クエン酸によるエッチングでも、60% リン酸でエッチングした場合と同程度の接着力が得られており、さらに、中林ら²⁶⁾は 10% クエン酸と 3% 塩化第二鉄という比較的薄い濃度の酸溶液で洗浄しても十分な接着力が得られ

ると報告している。そして、この理由の1つとして4-METAのように疎水性基と親水性基を有するメタクリレートがエナメル質との親和性に優れていることをあげている。

4-META 接着性レジンと金属との接着

4-META 接着性レジンと各種の純金属との接着性について、茂木²⁷⁾はCr, Ni, Ti, Snが良く、次いでCo, Zn, Alの順に低下し、CuとAgは乾燥下では強く接着するが、熱サイクルにより剥離する傾向を認めた。この事実から、4-META 接着性レジンと各金属との接着は金属表面の酸化皮膜の性状に依存するものと推察し、化学的表面処理による結晶粒子が小さく、配向性の強い、薄い酸化皮膜の生成を強調した。そして、田中ら^{28,29)}の4-META含有の試作オベークレジンとNi-Cr合金との接着力を検討した結果では、化学的エッチング法あるいは機械的研磨法によって、金属の表面を粗造化し、表面荒さを増加させ、さらに酸化皮膜（不動態皮膜）を生じさせるために硝酸処理を追加した場合、接着界面の耐久性の改善は著明であり、30週の浸水後にも接着力の低下は認められず、また、熱サイクル試験においても、500回まで接着力の低下は生じていない。

いっぽう、歯質をほとんど削除しないで、ボンティックを含むブリッジのメタルフレームを4-META 接着性レジンを用いて支台歯に接着するAdhesion Bridgeはメタルフレームの支台歯に接着する部分を削除量に合わせて薄くしなければならない。そこで、用いられる金属は薄くても、咬合力によって変形しない強度が必要であり、貴金属合金ではその条件を満たすことはむずかしく、より、機械的強度の高い非貴金属合金が使われている。

非貴金属合金のなかでもNi-Cr系合金は4-META 接着性レジンとの接着力がCo-Cr系合金よりも優れており¹⁵⁾、また、メタルフレームを製作する場合の鋳造操作、仕上げなどの加工性においても優れていることから、山下ら^{15,16)}は4-META 接着性レジンを用いたAdhesion Bridgeにおいて、メタルフレームにNi-Cr合金を用い、金属被着面の処理として、50 μ mの酸化アルミナ粒子でブラスティング後、60℃、濃硝酸で10分間

加熱を行なうことにより、臨床において比較的長期間機能を営むことができると報告している。そして、濃硝酸に浸漬することにより金属に酸化皮膜（不動態皮膜）を生じさせる考えをさらに進めて、酸化アルミナ粒子によるブラスティング後、外部から金属に電位を与え、酸化—還元を利用して局所的な不動態化とエッチングを強制的に行なうために、エレクトロケミカルエッチング処理装置を用いて、10%過硫酸アンモニウム水溶液あるいは50%硫酸水溶液により、両極間に直流電圧3Vを印加し30秒間処理を行なうことにより、接着強さおよび接着耐久性の著しい向上を認めている³⁰⁾。なお、エレクトロケミカルエッチング処理装置は電解酸化処理器、EZ-OXISOR（トロー技研社製）の名で商品化されている（図2）。

さらにメタルフレームの接着耐久性を増加させるためには、被着金属面の処理条件と同時に、できるだけ接着面積を広くすることも重要なことである。

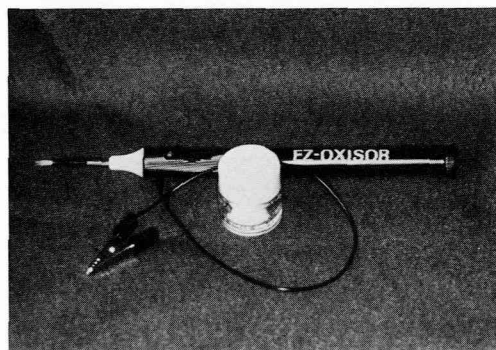


図2：ブリッジのメタルフレーム接着面に対する電解酸化処理器“EZ-OXISOR”

4-META 接着性レジンを応用したブリッジの特徴

歯質には接着するが、金属には接着しない接着性レジンを用いて、ブリッジのメタルフレームを支台歯に接着する場合は、メタルフレームに維持孔などを付与して、レジンとの機械的維持を求めなければならない。

しかし、メタルフレームに維持孔を付与しても、接着性レジンが金属と接着しないために、維持孔の部分から漏洩が生じ、その部分に応力が集中して脱離につながる²²⁾といわれている。事実、脱離例

の観察によると、レジンと金属との間の剥離によるものがあり、また、接着の際に維持孔の中にレジンが十分に浸入していないために脱離する場合もみられている²⁾。また、メタルフレームの支台歯に接着する部分に、維持孔を付与することは機械的強度の低下につながり、強度を補うために、その部分の金属を厚めにすると、それだけ支台歯の削除量も多くしなければならない。

したがって、歯質にも、金属にも接着する4-META 接着性レジンを用いた場合のブリッジ（図3～図8）の特徴は、

- 1) 金属とレジンが接着するので、メタルフレームの支台歯に接着する部分に維持孔を付与する必要がない。したがって、メタルフレームの支台歯に接着する部分を薄くすることができ、支台歯をほとんど削除することなく、ブリッジによる補綴処置を行なうことができる。
- 2) 維持孔を付与しないので、接着したレジンに応力が平均して加わり、しかも、レジン

が唾液に直接接触する面が少なく、口腔内での長期的な接着が期待できる。

- 3) 4-META 接着性レジンに唾液に溶解しないので二次齲蝕になりにくい。

- 4) 支台歯に対する損傷が少ないので、他の補綴方法にも対応できる。
などがあげられる。

おわりに

歯質に接着するレジンが出現し、さらに、歯質ならびに金属にも強固に接着する4-META 接着性レジンが開発されて、ブリッジを支台歯に接着性レジンで接着する方法が用いられるようになってきた。

4-META 接着性レジンにより、支台歯をほとんど削除しないでブリッジを接着する方法は支台歯を多量に削除してブリッジを装着する従来の方法と比較して、多くの長所を有しているが、まだ完成された方法とはいえ、その良否は今後、さらに長期間における臨床観察を待たなければなら

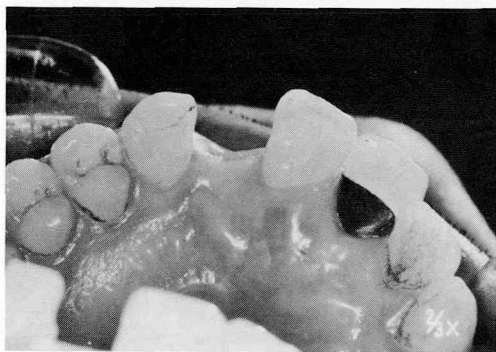


図3：両隣在歯が健康な前歯部の欠損（術前）

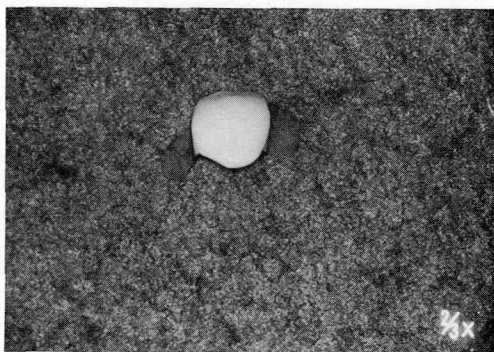


図4：ポンティックを含むブリッジのメタルフレーム

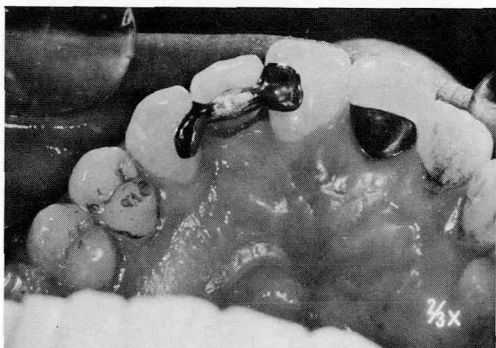


図5：支台歯に接着した前歯ブリッジ



図6：両隣在歯が健康な白歯部の欠損（術前）

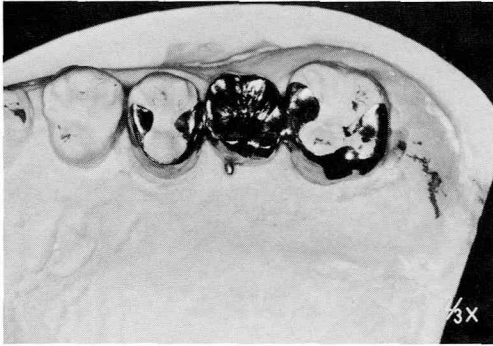


図7：模型上でのブリッジのメタルフレーム

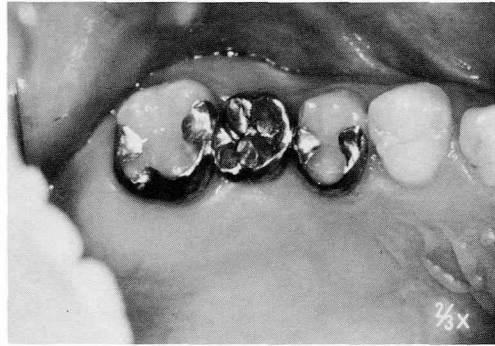


図8：支台歯に接着した白歯ブリッジ

ない。

文 献

- 1) Stolpa, J. B. (1975) An adhesive technique for small anterior fixed partial dentures. *J. Prosthet. Dent.* **34**: 513~519.
- 2) Jordan, R. E., Suzuki, M., Sills, P. S., Gratton, D. R. and Gwinnett, J. A. (1978) Temporary fixed partial dentures fabricated by means of the acid-etch resin technique: a report of 86 cases followed for up to three years. *J. Amer. dent. Ass.* **96**: 994~1001.
- 3) Rochette, A. L. (1973) Attachment of a splint to enamel of lower anterior teeth. *J. Prosthet. Dent.* **30**: 418~423.
- 4) Howe, D. F. and Denehy, G. E. (1977) Anterior fixed partial denture utilizing the acid-etch technique and a cast metal framework. *J. Prosthet. Dent.* **37**: 28~31.
- 5) 羽田 勝, 多田芳雄, 神野 茂, 松本直之(1979) 歯質接着性レジンを用いた橋義歯補綴法—ダイレクト・ボンディッド・ブリッジ (D. B. B.) の試み—, *補綴臨床*, **12**: 117~127.
- 6) Livaditis, G. J. (1980) Cast metal resin-bonded retainers for posterior teeth. *J. Amer. dent. Ass.* **101**: 926~929.
- 7) Nathanson, D. and Moin, K. (1980) Metal-reinforced anterior tooth replacement using acid-etch-composite resin technique. *J. Prosthet. Dent.* **43**: 408~412.
- 8) 後藤譲治 (1980) 若年者の前歯部に用いる Cast Etch Bridge (接着ブリッジ) について, *日本歯科評論*, (458): 93~100.
- 9) 後藤譲治 (1981) 接着ブリッジ Cast Etch Bridge について, *歯界展望*, **58**: 917~926.
- 10) 後藤譲治 (1982) Cast Etch Bridge の臨床成績 (第1報), *歯科学報*, **82**: 1427~1433.
- 11) 竹山守男, 樫淵信郎, 中林宣男, 増原英一(1978) 歯科用即硬性レジンに関する研究(第17報), 歯質および歯科用金属に接着するレジン, *歯理工誌*, **19**: 179~185.
- 12) 山下 敦 (1981) 新しい4-META 接着性レジンを用いた Adhesion Bridge (Adhesion Splint) の臨床応用, *歯界展望*, **59**: 671~682.
- 13) 山下 敦, 山見俊明 (1982) Adhesion Bridge の臨床と作製法, *DE*: (60): 1~11.
- 14) 山見俊明, 横田千鶴, 石井雅之, 浜中恵子, 井本達也, 山下 敦 (1982) 歯質ならびに歯科用合金と接着する MMA-4-META-TBB-O レジン応用による Adhesion Bridge の臨床例, *岡山歯誌*, **1**: 43~49.
- 15) 山下 敦, 山見俊明 (1982) 架工義歯における接着性レジンの応用, その1, 歯科用非貴金属合金の種類と金属被接着面処理が接着力に及ぼす影響について, *補綴誌*, **26**: 584~591.
- 16) 山下 敦, 山見俊明 (1982) 架工義歯における接着性レジンの応用, その2, Adhesion Bridge (Adhesion Splint) のデザインならびに臨床術式について, *補綴誌*, **26**: 592~598.
- 17) 山下 敦 (1983) 新しい接着ブリッジ法について, *日本歯科医師会雑誌*, **35**: 1074~1087.
- 18) 堀内 章, 春日 均, 伊東邦彦, 水沼 徹, 中村光夫, 中林宣男, 増原英一 (1982) 4-META 接着性レジンを用いた新しい橋義歯 Adhesion Bridge の臨床応用—I, 前歯部欠損補綴について—, *日本歯科評論*, (473): 41~49.
- 19) 春日 均, 堀内 章, 伊東邦彦, 水沼 徹, 中村光夫 (1982) 4-META 接着性レジンを用いた新しい橋義歯 Adhesion Bridge の臨床応用—II, 白歯部欠損補綴への試み—, *日本歯科評論*, (474): 41~52.
- 20) 真坂信夫 (1982) 4-META 接着性レジンの臨床応用, *補綴臨床*, **15**: 53~77.
- 21) 後藤譲治 (1982) 接着ブリッジとその改良, *歯界*

- 展望, 60: 687-694.
- 22) 増原英一(1982)新しい4-META 接着性レジン. 歯界展望, 59: 661-670.
- 23) 増原英一(1983)接着の基礎理論と材料の性質, 歯界展望: 別刷, 歯科臨床と接着. 19-34. 医歯薬出版, 東京.
- 24) 石崎 正(1973) Direct Bonding System に関する研究, 第1報, 走査型電子顕微鏡による接着機構ならびに為害性の検討. 日矯歯誌, 32: 227-237.
- 25) 石崎 正(1975) Direct Bonding System に関する研究, 第2報, 前処理効果について. 日矯歯誌, 34: 214-228.
- 26) 中林宣男, 竹山守男, 小島克則, 茂木正邦, 三浦不二夫, 増原英一(1982)即時重合レジンに関する研究(第22報)-エナメル質と4-META/MMA-TBB系レジンへの接着について-. 歯理工誌, 23: 88-92.
- 27) 茂木知治(1979)メタクリルレジンと床用Co-Cr合金の接着に関する基礎的研究, -4-メタクリロキシエチルトリメリット酸無水物の効果-. 補綴誌, 23: 660-676.
- 28) 田中卓男, 永田勝久, 中林宣男, 増原英一(1979)鑄造用ニッケルクロム合金に接着するオーバーレジンに関する研究(第1報)接着力とその安定性について. 歯理工誌, 20: 79-84.
- 29) 田中卓男, 永田勝久, 中林宣男, 増原英一(1979)鑄造用ニッケルクロム合金に接着するオーバーレジンに関する研究(第2報)不動態皮膜による接着耐久性の向上. 歯理工誌, 20: 221-227.
- 30) 山下 敦, 山見俊明, 石井雅之, 山口 威, 浦本利生(1982)架工義歯における接着性レジンへの応用, その3, 接着性レジン用ニッケルクロム合金とその接着強さならびに接着耐久性について. 補綴誌, 26: 1118-1127.

第17回 松本歯科大学学会(総会)開催の案内

◎第17回松本歯科大学学会(総会)は、昭和58年11月26日(土)午前10時30分より本学に於て開催致しますので、何卒ご出席賜りますようご案内申し上げます。

松本歯科大学学会 会長 加 藤 倉 三

◎演題募集

一般講演に出題希望の方は、400字以内(B5原稿用紙使用)の要旨をつけ、11月5日(土)正午までに集会幹事までお届け下さい。(講演時間は1題8分の予定)。なお講演終了後、目的・方法・成績・考察の順に書かれた1,200字以内(B5原稿用紙)の抄録を提出していただきます。

松本歯科大学学会 集 会 幹 事