

4-META/MMA-TBBレジンと骨との接着に関する研究

菅谷 勉 [北海道大学大学院歯学研究科口腔健康科学講座歯周・歯内療法教室／准教授]

土門 卓文 [北海道大学大学院歯学研究科口腔機能学講座口腔解剖学教室／教授]

池田 考績 [北海道大学大学院歯学研究科口腔健康科学講座歯科保存学教室／助教]

田中 佐織 [北海道大学病院保存系歯科／助教]

山本 隆司 [サンメディカル株式会社研究部／主任研究員]

背景・目的

4-META/MMA-TBB レジンは象牙質への優れた接着性に長期の実績があり、また生体親和性にも優れていることが明らかにされてきた。骨は象牙質と同様にコラーゲンとハイドロキシアパタイトを主成分とすることから、4-META/MMA-TBB レジンは骨にも象牙質と同様に接着し、長期間良好な接着性と生体親和性が維持される可能性がある。そこで、4-META/MMA-TBB レジンを骨に接着させ、骨および周囲組織の反応、およびレジンと骨との接着界面を観察し、骨セメントとして応用可能かを評価する。

内容・方法

Wistar 雄性ラットの頭蓋骨を全身麻酔下で露出させ、10% クエン酸3% 塩化第2鉄溶液(表面処理剤グリーン®、サンメディカル)で5秒間処理した後、水洗、乾燥して、4-META/MMA-TBB レジン(スーパーボンド C&B®、クリア、サンメディカル)を塗布して硬化させ、骨膜弁を縫合した。術後1日、6、9ヵ月で還流固定を行ない、組織標本を作製した。

標本の一部は脱灰、薄切してヘマトキシリン・エオジン染色を行い、レジンと骨の結合状態、レジンが接している骨の骨細胞の状態、レジンが接している骨周囲の炎症性細胞浸潤の状態を光学顕微鏡で評価した。

標本の一部はレジンのほぼ中央部で割断して断面を研磨、6N 塩酸、1% 次亜塩素酸ナトリウム処理して、レジンと骨の界面を走査型電子顕微鏡で観察、ハイブリッド層(樹脂含浸層)の経時的变化を評価した。

さらに一部はエポキシレジン包埋、超薄切、カーボン蒸着して、ハイブリッド層(樹脂含浸層)およびハイブリッド層(樹脂含浸層)と骨との界面の構造を透過型電子顕微鏡で評価した。

結果・成果

術後1日の光学顕微鏡による評価では、4-META/MMA-TBB レジンと骨との界面に結合組織の介在や炎症性細胞の浸潤はなかった。レジンが接している骨の骨小腔内の骨細胞は、レジンが接していない部分の骨細胞と比較

して染色性に差は見られなかった。また、骨と反対側の結合組織側のレジン表面では、血餅は認められるものの炎症性細胞浸潤は極めて少なく、レジンが存在しない部位と同程度であった。走査型電子顕微鏡による評価では、レジンと骨の間に隙間は見られず、塩酸にも次亜塩素酸ナトリウムにも溶解しない厚さ10μm 程度の層が観察された。これは象牙質にレジンを接着させた場合に観察されるハイブリッド層(樹脂含浸層)と同様の所見であった。透過型電子顕微鏡による評価でも、レジンと骨の間には無構造の部分とコラーゲン線維の横紋構造が観察される部分があり、象牙質とレジンのハイブリッド層(樹脂含浸層)と同様の所見であった。

術後6ヶ月の光学顕微鏡による評価では、レジンと骨との界面に結合組織の侵入はみられず、レジンと骨は直接接していた。レジンが接している骨の骨細胞は、1日後と同様にレジンが接していない部分と同様の染色性を有していた。レジンが接している骨とその周囲の骨との間に結合組織が介在するなどの所見はなく、レジンが接着した骨が母床骨から分離される様子はまったく観察されなかった。レジンと皮下結合組織の間にも母床骨から骨が増生し、レジン表面を被覆するように骨が形成されていた。レジン表面に形成された骨とレジンとの間には、結合組織が介在する部分と介在しない部分が観察された。

術後9ヶ月の走査型電子顕微鏡による評価では、1日後と同様に、レジンと骨との間に結合組織の介在はみられず、ハイブリッド層(樹脂含浸層)が観察された。ハイブリッド層は厚さ10μm 程度で、1日後と比較して構造に変化はなく、ハイブリッド層と骨との界面にも、隙間が生じるなどの変化は見られなかった。レジンと皮下結合組織の間に増殖した骨は厚さ20μm 程度で、レジン表面を被覆するように形成されており、レジンと骨との間にはわずかに隙間が認められた。

以上の結果から、4-META/MMA-TBB レジンは骨や皮下結合組織に炎症を惹起せず、レジンの接着に伴う骨への化学的侵襲はほとんどみられず、生体親和性はきわめて良好であると考えられた。また4-META/MMA-TBB レジンは骨表面の脱灰層にレジンが浸透して硬化しハイブリッド層を形成しており、象牙質への接着と同様のメカニズムで骨にも接着すると考えられた。これらの生体親和性や接着性は、術後6、9ヶ月も1日後と同様に維持されており、さらにレジンと骨とのハイブリッド層も骨から分離されることはないことがわかったことから、4-META/MMA-TBB レジンは骨と長期間接着が維持されると思われた。

今後の展望

4-META/MMA-TBB レジンは象牙質やエナメル質さらには金属やセラミック、レジンとの接着に長い実績がある。これを骨セメントとして応用できる可能性が示されたことにより、骨と骨だけでなく骨と人工材料の接着

に用いることが可能となる。すなわち、機械的性質には優れているものの骨との親和性が不十分なセラミック材料なども応用可能になるなど、様々な生体材料の臨床応用が推進されると考えられる。また、人工材料などを骨に接着した場合、レジン硬化後ただちに負荷を加えることが可能となり、機能回復までの時間が著しく短縮される上に、接着により応力が接着界面全体に分散し、金属ボルトなど一部の結合部位に集中することがなくなるため、負荷に対する耐久性も増加することが期待できる。