HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	リン酸化プルラン含有MTAの逆根管充填における封鎖性と歯根端切除術後の治癒に対する有効性
Author(s)	堂, 寛隆
Description	この博士論文の全文は利用可能日以降に公開されます。利用可能日以前の閲覧方法は https://www.lib.hokudai.ac.jp/dissertations/copy-guides/ をご参照ください。
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(歯学)
Dissertation Number	甲第16937号
Issue Date	2026-03-25
DOI	https://doi.org/10.14943/doctoral.k16937
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/99782
Type	doctoral thesis
File Information	Hirotaka_Do_summary.pdf, 全文の要約

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文内容の要約

学位論文題目

リン酸化プルラン含有 MTA の逆根管充填における封鎖性と歯根端切除術後の治癒に対する有効性

博士の専攻分野名称　　博士（歯学）　　氏名　堂　寛隆

歯根端切除術は，根管治療を行っても根尖性歯周炎が治癒しない場合や，ポスト除去が困難で根管治療が不可能な症例に適応される処置であり，逆根管充填による確実な根尖封鎖が治癒の成否を大きく左右する．しかし従来用いられてきたアマルガムや強化型ユージノールセメントは封鎖性や生体適合性の点で十分とは言えず，現在は高い生体親和性と封鎖性を有する MTA がゴールドスタンダードとされている．一方で MTA は水和反応に依存して硬化が進むため，硬化時間が長く，過度乾燥や湿潤環境，血液汚染の影響を受けやすく，操作性や物性の安定性に課題がある．また逆根管充填窩洞は一般に 3 mm 以上の深さが推奨されているが，ポストが根尖付近まで装着されている歯や大臼歯部で術野が制限される症例では十分な深さを形成できず，浅い窩洞は漏洩の増大や治癒不良の原因となりうる．
リン酸化プルランは多糖であるプルランの−OH 基をリン酸化した誘導体で，ハイドロキシアパタイトと接着し，高い生体親和性と硬組織誘導能を有することが報告されている．これを添加したリン酸化プルラン含有 MTA シーラー（PPL-MTA）は湿潤下でも象牙質への接着性が維持され，MTA セメントより優れた封鎖性を示すことが報告されている．また水練和型で粉液比を調整することでパテ状とでき，逆根管充填時の適合性向上が期待される．
そこで本研究では，リン酸化プルラン含有 MTA シーラーを歯根端切除術後の逆根管充填に応用し，in vitro で封鎖性を，in vivo で治癒促進効果を検討することで，窩洞形成が制限される症例における有用性を明らかにすることを目的とした．

本研究は，逆根管充填材の封鎖性および歯根端切除術後の治癒への影響を検討するため，in vitro 実験（実験 1）と in vivo 実験（実験 2）を行った．実験 1 では，齲蝕のないヒト単根歯を選択し，歯根長を 12 mm に揃え，根管形成を#40 まで行い，根尖 3 mm を歯軸に直角に切除した．超音波チップを用いて逆根管充填窩洞を形成し，深さを 1 mm または 3 mm とした．逆根管充填材には従来型 MTA またはリン酸化プルラン含有 MTA シーラー（PPL-MTA）を使用した．封鎖性の評価には coronal leakage を測定することとし，根管内を 2%メチレンブルー溶液で満たした状態で脱イオン水中に浸漬した．日数ごとに漏洩した色素の吸光度を分光光度計で測定し，既定の回帰式に基づいて色素量（μg）を算出した．漏洩量の経時変化と群間差の比較には，Kruskal–Wallis 検定および Mann–Whitney U 検定 Steel 補正，さらに群別と時間の影響を検討するための重回帰分析を行った．
実験 2 では，若齢ビーグル犬に実験的根尖性歯周炎を作製した後，歯根端切除術を実施した．逆根管充填材には MTA または PPL-MTA を用い，対照群は未充填とした．術後 4 週と 16 週の観察期間を設定し，治癒の評価はエックス線画像の解析と組織学的評価により行った．imageJ を用いてエックス線上の骨欠損面積を計測し，術前後の変化量を比較した．組織学的評価では脱灰後に作製した切片に対して H-E 染色を行い，炎症の程度，新生骨形成，セメント質様硬組織形成の有無やその分布を観察した．骨欠損面積の群間比較にはノンパラメトリック検定を用い，逆根管充填の長さと治癒指標との関連解析には一般線形化モデルを用いた．

本実験の結果，in vitro の色素漏洩試験では，逆根管充填を行ったいずれの群も経時的なメチレンブルー漏洩の増加を示したが，1 mm MTA は 4 群中最も大きな漏洩量を示し，21 日時点では 1 mm PPL-MTA に比べて有意に高値であった．一方，PPL-MTA は窩洞深さ 1 mm と 3 mm の間に有意差がなく，3 mm MTA と同程度の良好な封鎖性を示した．重回帰分析でも 1 mm MTA のみ回帰係数が高値を示し，浅い窩洞での封鎖性の低下が示された．これらの結果は，PPL-MTA が浅い窩洞でも安定した封鎖性を発揮する一方で，従来型 MTA は逆根管充填の深さが浅くなると，充填材料全体が外部の水分の影響を受けやすくなり，封鎖性が低下したのではないかと考えられた．

in vivo 実験では，全ての歯根でプラーク感染により根尖部骨欠損が形成され，対照群では術後 16 週になっても骨欠損の改善が乏しく，むしろ拡大傾向を示す例もみられた．これに対し MTA 群および PPL-MTA 群では，多くの歯根で骨欠損の縮小が認められ，術前後の改善率は両群とも対照群より有意に高かった．さらに，組織学的評価では，4 週後の時点では 3 群とも炎症が広く残存していたが, 材料群では骨欠損辺縁部に新生骨梁が観察され，硬組織での修復が開始されていると考えられた．材料表面には炎症性細胞が残存しており，MTA の硬化後も持続する強アルカリ性が炎症反応の一因となった可能性があるが，骨修復を阻害するほどの影響ではなく，16 週後には両群で炎症は大幅に減弱していた．

16 週後の組織像では，MTA 群・PPL-MTA 群とも骨欠損の大部分が新生骨で満たされ，材料表面にはセメント質様硬組織形成が認められた. 形成量は両群間で有意差がなく, PPL-MTA も従来型 MTA と同等の硬組織誘導能を有することが示された．また，セメント質様硬組織は炎症が十分に軽減した標本でのみ観察され，多くは材料全面を均一に被覆するものではなく，部分的な形成に留まる例もあった．したがって，硬組織形成そのものが封鎖性を高め治癒を促進したというより，高い封鎖性による炎症消退が先に生じ，その後に硬組織形成が起こったと考えられた．

さらに逆根管充填材の長さと骨欠損面積の関連を解析した結果，MTA 群では充填長が 2 mm 以下となると骨欠損面積が増大し，浅い窩洞が治癒不良のリスクとなる傾向が確認された．一方，PPL-MTA 群ではこの傾向が小さく，充填長の影響を受けにくいことが示唆された．これは in vitro の結果，すなわち PPL-MTA が 1 mm の浅い窩洞でも高い封鎖性を維持したという所見と一致する．

以上より，PPL-MTA は従来型 MTA と同等の治癒促進効果を維持しつつ，浅い逆根管充填窩洞でも良好な封鎖性を確保できることが示された．したがって，ポストが根尖近くまで存在する歯や，大臼歯部など術野が極めて制限される症例において，PPL-MTA は有用な逆根管充填材料となる可能性が高いと考えられる．一方で，本研究にはいくつかの限界も存在する．in vitro 実験で用いたメチレンブルー漏洩試験は化学的指標に基づく評価であり，細

菌学的な漏洩性や長期的臨床予後を直接反映するものではない．また，in vivo 実験は若齢ビーグル犬を対象とした 16 週までの短期観察であるため，得られた知見をヒト症例の長期治癒経過へ一般化するには慎重な解釈を要する．今後は，より長期の経過観察を伴う臨床研究を通じて，本材料の有効性と適応範囲をさらに検証することが求められると考えられた．