

エンドクラウン修復の 基礎知識と臨床

九州歯科大学

顎口腔欠損再構築学分野

渡辺崇文

ラーニングデザイン教育推進学分野

吉居慎二

生体材料学分野

池田 弘

口腔再建リハビリテーション学分野

正木千尋



I. はじめに

近年、歯科技工士数の減少や歯科用貴金属の価格変動は国内の歯科医療における深刻な問題となっている^{1,2)}。これらを背景に歯科用CAD/CAMシステムやCAD/CAM用材料の普及は急速に進み、保険診療における補綴治療のあり方は変化してきた。今回の令和6年度の診療報酬改定では、CAD/CAM冠の適応範囲の拡大と併せてエンドクラウンが保険収載されることとなった。

このことは、CAD/CAM用ハイブリッド型コンジットレジンブロック（以下、ハイブリッドレジンブロック）を使用した補綴装置の新たな支台歯形態が認められるようになったという点で注目に値する。エンドクラウンは既存の歯科修復材料と歯科用CAD/CAMシステムによって製作できるため、新しい器材を導入する必要はない。また、形成面に丸みを持たせて仕上げるといったCAD/CAM

システムにおける基本的な注意事項は従来のCAD/CAM冠と同じである。しかしながら、最終的な支台歯の形態は従来のクラウンとは全く異なるため、その特長や重要なポイントを十分理解した上で臨床に臨む必要がある。

本稿では、エンドクラウンの支台歯形成や装着時の注意点について解説するとともに、エンドクラウン修復の臨床例について紹介したい。

II. エンドクラウンとは

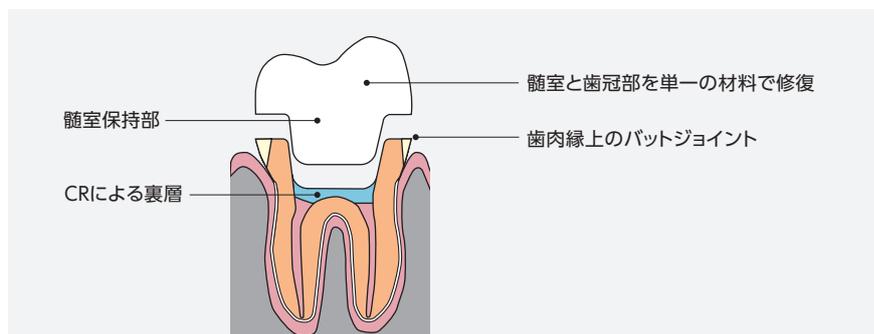
1. エンドクラウンの概要と特長

エンドクラウンは、根管治療後の支台歯の髓室と歯冠部を、従来のようなポスト&コアを用いずに単一の材料で修復する補綴装置である（図A）。この補綴装置の大きな特長は、歯冠部と髓室保持部が一塊となった構造のため、補綴装置そのものに厚みがあることである。そのため、従来のCAD/CAM冠では難しかった歯冠高径が低い症例にも適用することができる。また、ポスト形成や支台築造が不要なため、歯根部歯質の保存、根管の汚染リスクの低減、チェアタイムや治療期間の短縮に期待できるなどの特長もある。さらに、現行では保険適用外となるが、エンドクラウンは光学印象との相性も良いと考えられる。エンドクラウンの形成面は単純でフィニッシュラインは歯肉縁

上に設定されるため、光学印象採得時にエラーの原因となる歯肉溝滲出液や出血の影響を受けにくいからである。加えて、エンドクラウンにフェールは基本的に不要であることから、従来のCAD/CAM冠と比較して歯質形成量は少なく、ミニマムインターベンション(MI)の観点からもメリットは大きい。

エンドクラウンに使用される材料は、

主にセラミックスやハイブリッドレジンブロックである。ニケイ酸リチウムガラスは、高い機械的特性と接着性を持つ点でエンドクラウンに最も適した材料であるといわれている³⁾。一方ハイブリッドレジンブロックは、セラミックス系材料と比べて象牙質に近い弾性係数であることや、再治療時の除去性に優れているといった点でメリットがある。



図A エンドクラウンの構造

咬合面の形成

①咬合面クリアランス:1.5mm以上

エンドクラウンの最薄部の厚みが1.5mm以上となるように咬合面を削合し、クリアランスを確保する。エンドクラウンは、全部被覆冠と異なり、小窩・裂溝部分のクリアランスが不足することはほとんどない。そのため、咬合面の削合では機能咬頭部分のクリアランス不足に最も注意する。

②咬合面形態:フィニッシュラインは歯肉縁上のバットジョイントで平坦な凹型

フェルールは基本的に不要である。全部被覆冠の支台歯形成の場合、咬合面は咬頭と隆線、咬頭間の溝などの解剖学的形態に一致させ、多面的に形成する必要があるが⁹⁾、エンドクラウンの場合は多面的に形成するよりも単純な形態のほうが応力集中が起こりにくいという点で有利であるといわれている¹⁰⁾。そのため、咬合面はもともとの歯冠や対合歯の形態をあまり意識せず形成することができる。局所的な深いカリエス等により咬合面の垂直的高さが一定に揃っていない場合では、最大60°のスロープ状に面をつなぎ、全体的に移行的になるように仕上げる⁶⁾。

③水平的歯質幅:全周2.0mm以上

明確な根拠は示されていないが、歯質の破折リスクの観点から、歯肉縁上に全周2.0mm以上の残存歯質幅が必要とされている⁶⁾。2.0mm未満の歯質は削合して歯質幅を確保する。近年、エンドクラウンの残存壁数に関する研究も報告されてきており^{7, 8)}、今後の研究で条件が明確化されることに期待したい。

髓室保持部の形成

①髓室保持部の長さ:2.0~5.0mm (2.0~4.0mmが望ましい)

髓室保持部が長すぎる場合、重篤な破折や適合不良の原因となる可能性が示唆されている¹¹⁻¹⁴⁾。そのため必要以上に髓室保持部を延長したり、根管まで延長することは推奨できない。2.0~4.0mm程度の深さにとどめることを我々は推奨している。

②髓室保持部の軸面テーパー:片面6°前後

テーパーは歯根にかかる応力、エンドクラウンの適合性や保持力に影響を及ぼすと考えられる。海外の文献では片面4~12°のテーパーを付与しているケースが多いが¹⁵⁾、現在までに推奨されるテーパーに関する一定の見解は得られていない。有限要素解析を行った研究によると、テーパーが大きすぎても小さすぎても応力の集中が起こるという報告があるため注意したい¹⁶⁾。なお、テーパーは髓室の歯質を削合して付与するのではなく、歯質保存の観点から髓室内に充填する裏層用のCRによって調整すべきである。

③CR裏層部:支台歯形成が完了した段階で最低2.0mm以上の厚みを残す

コロナルリーケージ防止のため、2.0mm以上のCR裏層を残すことが望ましい¹⁸⁾。あらかじめ根管口から1.0~2.0mm程度の根充材を除去しておくことでCR裏層の厚みが確保されやすい。

④髓室保持部の水平的形態:基本的に髓室の解剖学的形態から大きく変えない

有限要素解析を行った研究によると、解剖学的形態に基づいた形態であるほうが応力分布の面で有利である可能性が示唆されている¹⁷⁾。また、テーパーの付与、髓室内のアンダーカットや凹凸の除去のために必要以上に髓室を拡大してはならない。

仕上げ形成

①最後に、各形成面の移行部の線角(歯頸側軸側線角cervico-axial angle、髓側軸側線角axio-pulpal angle)は丸く仕上げ、アンダーカットがなく全体的に円滑な支台歯形態であることを確認する。

IV. エンドクラウン装着時の注意点

エンドクラウンのトラブルのひとつは脱離である。そのため、エンドクラウンの装着では、セメントの選択と接着前処理、適切な防湿が重要となる。

1. セメントの選択

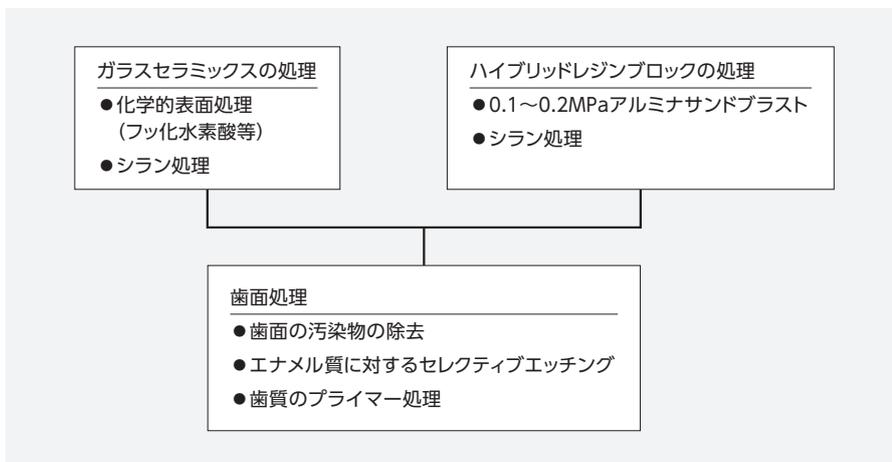
高い接着強度を持つ接着性レジンセメントの中でも化学重合型、もしくはデュアルキュア型のセメントを選択する。エンドクラウンには厚みがあるため、照射光がセメント層に到達するまでに減弱してしまう(図C)¹⁹⁾。そのため、デュアルキュア型レジンセメントの場合、ジーセム ONE neo/EM (GC) のような光照射に頼らなくとも早期に十分な接着強さが得られる化学重合に優れたセメントを選択することが望ましい。



図C セラスマート300 (HT, LT) を1.5mmから9.5mmまでの厚さにした場合の光の透過性の違い。厚さ1.5mmでは背景の光が試料片を透過しているが、厚さが増すと透過する光が減少し、暗くなっているのがわかる。厚くなるほど光が減弱するため、厚さが5.5mm以上のエンドクラウンの場合は照射光が減弱する可能性が高い。

2. 接着前処理

接着面の汚染物の除去、機械的嵌合力の獲得、プライマー処理を行う。ガラスセラミックスは、化学的表面処理によってガラス相をエッチングすることで凹凸構造が得られやすい。また、シリカを主成分として多く含むことから、シラン処理の効果が高い材料である。ハイブリッドレジブロックの場合は、アルミナサンドブラストとシラン処理の併用が推奨される。使用する材料に応じてメーカーの推奨するステップを厳守することが重要である。



図D 接着前処理のステップ

3. 適切な防湿下での装着

エンドクラウンの装着は、必ずラバーダムなどの防湿下で行う。エンドクラウンのフィニッシュラインは歯肉縁上であるため、ラバーダム防湿下での装着は難しくない。

V. エンドクラウンの症例

症例1 健全歯質が多く残存している7にエンドクラウンを適用した症例



1-1 43歳女性の患者さんで、7の違和感を主訴に来院した。写真は治療前の口腔内。慢性根尖性歯周炎の診断のもとエンド治療を行った。

1-2 根管充填後、根管口から1mm程度の根充材を除去してCR裏層を行った。その後支台歯形成を行った。



1-3 プロビジョナルレストレーションの装着。プロビジョナルレストレーションを製作し、厚みを計測することで最低限のクリアランスが確保できているか確認した。適合の良いプロビジョナルレストレーションでなければ容易に脱離してしまうので注意が必要である。



1-4 セラスマート300にて製作したエンドクラウン。作業用模型上での適合は良好である。



1-5 エンドクラウンの装着。エンドクラウンにはアルミナサンドブラストおよびシラン処理(ジーシー G-マルチプライマーなど)を行う。支台歯にはフッ化物非含有の歯磨剤で歯面清掃、エナメル質に対してセレクトィブエッチングを行ったのち、CR裏層面および歯面にプライマー処理を行って化学重合型レジンセメントにて装着した。接着操作は、確実な防湿下のもとメーカーの推奨に従って行うことが重要である。



1-6 装着後の口腔内写真。

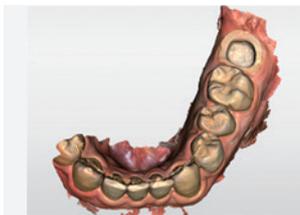
症例2 歯冠高径が低い7に対して光学印象を用いてエンドクラウンを製作した症例



2-1 36歳男性の患者さんで、7の歯内治療後、歯冠補綴の依頼で来院した。写真は治療前の口腔内写真。歯冠高径が低く、従来型のクラウンを選択した場合、対合歯の削合やクラウンレングスニングが必要な症例である。



2-2 エンドクラウン形成後の口腔内写真。CR裏層後、支台歯形成を行った。1.5mm以上のクリアランスを確保してもフィニッシュラインは歯肉縁上にとどめることができた。



2-3 光学印象。口腔内スキャナにより印象採得を行った。デジタル咬合器上で側方運動時の咬合調整を行うため、反対側3番までスキャンした。



2-4 セラスマート300にて製作したエンドクラウン。フルデジタルワークフローにより製作した。



2-5 エンドクラウンの装着。ラバーダム防湿下で装着を行った。



2-6 装着後の口腔内写真。対合歯の削合やクラウンレングスニングを行うことなく歯冠補綴することができた。

Ⅶ. おわりに

歯科用CAD/CAMシステムの進歩とともにエンドクラウン修復は発展し、海外ではこれまで多くの基礎研究や臨床研究が行われてきた^{20, 21)}。5年残存率に関するシステムティックレビューでは、大臼歯や小臼歯のエンドクラウンは従来型のクラウンと比較して統計的な有意差は認められず、従来型クラウンと遜色のない臨床成績が報告されている²¹⁾。また、2021年にはヨーロッパ歯内療法学会のポジションステートメ

ントにエンド治療後の歯冠修復の選択肢のひとつとして掲載されている²²⁾。このようにエンドクラウンは信頼性のある補綴装置として認知されつつあるが、その特長や術式を十分理解して行わなければ良好な臨床成績は得られない。エンドクラウン修復の成功の秘訣は、適応症を見極め、適切な支台歯形成を行い、推奨される接着操作を厳守することである。

今回CAD/CAMインレーの光学印

象が保険収載されたことで、国内における口腔内スキャナの普及が進んでいる。エンドクラウンは光学印象を行うことでフルデジタルワークフローによる製作が可能であり、歯科医療のDX化の流れにもマッチしている。エンドクラウン修復は口腔内スキャナの活用機会をさらに拡げるものになるだろう。

詳しくはデンタルダイヤモンド2023年9月号にも掲載している²³⁾。今後の臨床の参考になれば幸いである。

●参考文献

1. 大島克郎, 竹井利香, 安藤雄一. 就業歯科技工士数の将来推計. 日歯医療管理会誌 2019;54(3):199-207.
2. 厚生労働省: 歯科用貴金属随時改定について. 中歯協 総-6資料 2024. <https://www.mhlw.go.jp/content/12404000/001209362.pdf>.
3. Govare N, Contrepolis M. Endocrowns: A systematic review. J Prosthet Dent 2020;123(3):411-418.
4. 公益社団法人日本補綴歯科学会: 保険診療における CAD/CAM冠の診療指針 2024.
5. Belleflamme MM, Geerts SO, Louwette MM, Grenade CF, Vanheusden AJ, Mainjot AK. No post-no core approach to restore severely damaged posterior teeth: An up to 10-year retrospective study of documented endocrown cases. J Dent. 2017 ;63:1-7.
6. Fages M, Bennisar B. The endocrown: a different type of all-ceramic reconstruction for molars. J Can Dent Assoc. 2013;79:d140.
7. Demachkia AM, Velho HC, Valandro LF, Dimashkieh MR, Samran A, Tribst JPM, de Melo RM. Endocrown restorations in premolars: influence of remaining axial walls of tooth structure and restorative materials on fatigue resistance. Clin Oral Investig. 2023;27(6):2957-2968.
8. Jalali S, Asgari N, Pirooz P, Younespour S, Atri F. Comparison of Clinical Efficacy of CAD/CAM Endocrowns Made of Feldspathic, Zirconia Lithium Silicate, and Lithium Disilicate: A Two-year Mixed Cohort Study. J Dent. 2024;24:105019.
9. 松村秀雄, 小峰太. 支台歯形成. 矢谷博文, 三浦宏之, 細川隆司, ほか編, クラウンブリッジ補綴学 第6版, 東京: 医歯薬出版; 2021, 114-125.
10. Zheng Z, Sun J, Jiang L, Wu Y, He J, Ruan W, Yan W. Influence of margin design and restorative material on the stress distribution of endocrowns: a 3D finite element analysis. BMC Oral Health. 2022;22(1):30.
11. Pedrollo Lise D, Van Ende A, De Munck J, Umeda Suzuki TY, Cardoso Vieira LC, Van Meerbeek B. Biomechanical behavior of endodontically treated premolars using different preparation designs and CAD/CAM materials. J Dent. 2017;59:54-61.
12. Dartora NR, de Conto Ferreira MB, Moris ICM, Brazão EH, Spazin AO, Sousa-Neto MD, Silva-Sousa YT, Gomes EA. Effect of Intracoronary Depth of Teeth Restored with Endocrowns on Fracture Resistance: In Vitro and 3-dimensional Finite Element Analysis. J Endod. 2018;44(7):1179-1185.
13. Soliman M, Alzahrani G, Alabdualataif F, Eldwakhly E, Alsamady S, Aldegheishem A, Abdelhafeez MM. Impact of Ceramic Material and Preparation Design on Marginal Fit of Endocrown Restorations. Materials (Basel). 2022;15(16):5592.
14. Shin Y, Park S, Park JW, Kim KM, Park YB, Roh BD. Evaluation of the marginal and internal discrepancies of CAD-CAM endocrowns with different cavity depths: An in vitro study. J Prosthet Dent. 2017;117(1):109-115.
15. Hiraba H, Nishio K, Takeuchi Y, Ito T, Yamamori T, Kamimoto A. Application of one-piece endodontic crowns fabricated with CAD-CAM system to molars. Jpn Dent Sci Rev. 2024;60:81-94.
16. Tribst JPM, Lo Giudice R, Dos Santos AFC, Borges ALS, Silva-Concilio LR, Amaral M, Lo Giudice G. Lithium Disilicate Ceramic Endocrown Biomechanical Response According to Different Pulp Chamber Extension Angles and Filling Materials. Materials (Basel). 2021;14(5):1307.
17. Zhu J, Wang D, Rong Q, Qian J, Wang X. Effect of central retainer shape and abduction angle during preparation of teeth on dentin and cement layer stress distributions in endocrown-restored mandibular molars. Dent Mater J. 2020;39(3):464-470.
18. Yamauchi S, Shipper G, Buttke T, Yamauchi M, Trope M. Effect of orifice plugs on periapical inflammation in dogs. J Endod. 2006;32(6):524-6.
19. Ikemoto S, Komagata Y, Yoshii S, Masaki C, Hosokawa R, Ikeda H. Impact of CAD/CAM Material Thickness and Translucency on the Polymerization of Dual-Cure Resin Cement in Endocrowns. Polymers (Basel) 2024;16(5).
20. Thomas RM, Kelly A, Tagiyeva N, Kanagasingam S. Comparing endocrown restorations on permanent molars and premolars: a systematic review and meta-analysis. Br Dent J. 2020.
21. Al-Dabbagh RA. Survival and success of endocrowns: A systematic review and meta-analysis. J Prosthet Dent 2021;125(3):415 e1- e9.
22. European Society of Endodontology developed by: Mannocci F, Bhuva B, Roig M, Zarow M, Bitter K. European Society of Endodontology position statement: The restoration of root filled teeth. Int Endod J. 2021 Nov;54(11):1974-1981.
23. 駒形裕也, 正木千尋, 吉居慎二, 池田弘, 渡辺崇文, 畑健太郎, 赤間廣輔, 加来伸哉. 低侵襲な修復治療を実現するエンドクラウン. デンタルダイヤモンド 2023; 48 (12), 27-47.



渡辺崇文 (わたなべ たかふみ)
九州歯科大学 顎口腔欠損再構築学分野 助教 歯科医師 博士(歯学)
略歴・所属団体◎2014年 九州歯科大学歯学部卒業。2019年 九州歯科大学大学院修了。2019年より現職
日本補綴歯科学会専門医 / 日本睡眠歯科学会 / 日本顎顔面補綴学会 / 日本理工学会 / 日本磁気歯科学会所属



吉居慎二 (よし いしんじ)
九州歯科大学 ラーニングデザイン教育推進学分野 准教授 歯科医師 博士(歯学)
略歴・所属団体◎2008年 九州歯科大学卒業。2013年 九州歯科大学大学院歯学研究科修了。2013年 九州歯科大学口腔保存治療学分野 助教。2018年～2019年 フィンランド トゥルク大学 Turku Clinical Biomaterials Centre 客員研究員。2021年 九州歯科大学ラーニングデザイン教育推進学分野 准教授。2024年 九州歯科大学臨床研修センター センター長。現在に至る
日本歯科保存学会専門医・指導医



池田弘 (いけだ ひろし)
九州歯科大学 生体材料科学分野 准教授 博士(工学)
略歴・所属団体◎2011年 九州大学大学院工学府博士課程修了。北海道大学電子科学研究所 博士研究員。九州大学産学連携センター 助教。九州歯科大学生体材料科学分野 助教を経て2021年より現職
日本歯科理工学会代議員 / 日本付加製造学会理事



正木千尋 (まさき ちひろ)
九州歯科大学 口腔再建リハビリテーション学分野 准教授 歯科医師
九州歯科大学附属病院 口腔インプラント科 科長
略歴・所属団体◎1999年 広島大学歯学部卒業。2003年 広島大学大学院歯学研究科修了。2004年 アイオワ大学歯学部 客員研究員。九州歯科大学口腔再建リハビリテーション学分野 助教を経て2015年より現職
日本補綴歯科学会専門医・指導医 / 日本口腔インプラント学会専門医・指導医 / 日本デジタル歯科学会 / 日本老年歯科医学会所属