



**UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
FACULTAD DE MEDICINA Y ODONTOLOGÍA**

TRABAJO FIN DE GRADO DE ODONTOLOGÍA

Título del TFG: Los fondos cavitarios. Su utilidad según la evidencia científica.

AUTORA: POLO PENA, CARMEN.

TUTOR: ALONSO DE LA PEÑA, VÍCTOR.

COTUTOR: RODRÍGUEZ-PONCE LÓPEZ, ANTONIO.

Departamento de Cirugía y Especialidades Médico-Quirúrgicas.

Curso académico: 2019-2020.

Convocatoria: julio 2020.

RESUMEN

Objetivos

Conocer qué bases cavitarias son clínicamente aceptadas según la evidencia científica para las restauraciones de composite en el sector posterior.

Material y métodos

Se realizó una búsqueda bibliográfica utilizando palabras clave en las bases de datos PubMed y The Cochrane Library. Seleccionamos artículos publicados en inglés en los últimos 39 años, sin restricciones respecto al tipo de estudio.

Discusión y conclusiones

Tanto el hidróxido de calcio como el óxido de zinc eugenol han demostrado carecer de las propiedades favorables que tradicionalmente se les atribuían como bases cavitarias. Los resultados de las investigaciones respecto al ionómero de vidrio y el composite fluido son contradictorios. No existe un consenso respecto a la utilización del ionómero de vidrio y composite fluido.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	7
2. OBJETIVOS	9
3. MATERIAL Y MÉTODOS	11
4. HIDRÓXIDO DE CALCIO	113
5. ÓXIDO DE ZINC EUGENOL	15
6. IONÓMERO DE VIDRIO	19
7. COMPOSITE FLUIDO	7
8. CONCLUSIONES	9
9. BIBLIOGRAFÍA	11

1. INTRODUCCIÓN

Una gran variedad de técnicas y materiales pueden ser utilizados para restaurar los dientes afectados por la caries. El composite es el material de elección actual para la restauración de caries en dientes permanentes posteriores. En un entorno de eficacia, la proporción de supervivencia global de las restauraciones de composite posterior es alta.¹

A pesar de que se han desarrollado procedimientos exitosos, existen todavía numerosos desafíos,² como el manejo de lesiones cariosas profundas. Esto implica la protección pulpar contra bacterias cariogénicas, la conducción térmica y eléctrica, y el material restaurador suprayacente.³

Una de las características más desfavorables de los composites es su contracción de polimerización,⁴ la cual genera un estrés que se transfiere a las paredes cavitarias.⁵ Puede conducir a fracturas del esmalte, interrupción de la interfaz adhesiva y microfiltración.⁶ A su vez, la microfiltración provocaría tinciones marginales, sensibilidad postoperatoria, caries secundarias, patología pulpar y, en última instancia, fracaso de la restauración.⁷

Diferentes innovaciones han sido introducidas con el objetivo de combatir los problemas inherentes a la polimerización, simplificar los procedimientos y, en definitiva, mejorar la supervivencia de las restauraciones posteriores de composite. Entre ellas se encuentran la remoción parcial de caries y la tecnología bulk-fill.

La eliminación parcial del tejido cariado ha sido recomendada para el tratamiento de caries profundas en ausencia de patología pulpar o periapical.⁸ En aquellos casos en los que la profundidad de la lesión, junto con las consecuencias derivadas del estrés de contracción polimérico, podrían provocar un daño pulpar. Llevar a cabo la eliminación completa de todo el tejido no tiene ninguna ventaja cuando se compara con eliminar solamente la dentina infectada. Es más, no ahorra tiempo ni es beneficioso con respecto al dolor o la incomodidad referidos por el paciente.⁹ La remoción parcial de la caries en dientes asintomáticos, primarios o permanentes, es preferible a la remoción completa en la lesión profunda.¹⁰

Por otra parte, recientemente se ha incorporado a los composites un grupo conocido como bulk-fill.¹¹ Se caracterizan por disminuir las tensiones de contracción generadas durante la polimerización y por ser efectivos en incrementos de 4 mm.¹² van Dijken *et al.*¹³ probaron que, el uso de una técnica incremental de 4 mm con los composites fluidos bulk-fill, mostró durante el seguimiento realizado una durabilidad ligeramente mejor comparada con la técnica de estratificación convencional de 2 mm en restauraciones de composite en el sector posterior.

Como opción más clásica, los fondos cavitarios fueron propuestos para aliviar el estrés de contracción y, además, beneficiar al entorno de la restauración gracias a sus distintas propiedades. Entre estas se encontraban reducir el número de bacterias viables que permanecen cerca de la pulpa, inducir el desarrollo de dentina terciaria y remineralizar los tejidos duros restantes. También aislar la pulpa contra la conducción térmica o eléctrica, y proteger las células pulpares contra irritantes químicos.¹⁴

Sin embargo, un cambio en la comprensión de la patología de la caries y los efectos patogénicos de sus bacterias ha generado dudas sobre la necesidad de utilizar estos revestimientos. Un número creciente de estudios muestra que el sellado mediante un sistema adhesivo es suficiente, y la relevancia de un tratamiento adicional de la cavidad debe ser cuestionada.¹⁵

2. OBJETIVOS

Conocer qué bases cavitarias son clínicamente aceptadas según la evidencia científica para las restauraciones de composite en el sector posterior. Para ello se hizo una revisión de la bibliografía.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

Para la elaboración de esta revisión bibliográfica se llevó a cabo una búsqueda de publicaciones científicas consultando las bases de datos PubMed y The Cochrane Library. Se utilizaron como palabras clave “posterior composite”, “partial caries removal”, “cavity liner”, “calcium hydroxide”, “zinc oxide eugenol”, “glass ionomer”, “resin-modified glass ionomer”, “flowable composite”, “snowplow technique” y “bulk-fill”. Se seleccionaron artículos publicados en inglés en los últimos 39 años, sin hacer restricciones respecto al tipo de estudio “in vitro” o “in vivo”.

4. HIDRÓXIDO DE CALCIO

Los materiales que han sido empleados más comúnmente como fondos cavitarios incluyen el hidróxido de calcio.¹⁶ Tradicionalmente, el tratamiento de las lesiones de caries implicaba el revestimiento del piso cavitario con este material en las restauraciones más profundas.^{14, 17}

Se pensaba que el hidróxido de calcio era antibacteriano por sí mismo debido a su alcalinidad.¹⁸ La utilización de este material para lograr la desinfección de la cavidad fue ampliamente estudiada en los años 80 por autores como McComb *et al.*¹⁸ y Leung *et al.*¹⁹ Su elevado pH, aproximadamente de 12, contrarrestaría los subproductos ácidos de las bacterias.²⁰ Así mismo, en relación con su pH alcalino, se habló de la capacidad de irritar el tejido pulpar, provocando la formación de dentina reparativa, lo que se conoce como puente dentinario.²¹ Otra de las propiedades estudiadas es la capacidad de inducir la remineralización dentinaria.²² El calcio, así como los iones de OH, modifican el pH ambiental en la zona de inflamación llevándolo a niveles favorables para la mineralización.²³

La idoneidad del hidróxido de calcio para el revestimiento de la cavidad se ha comenzado a cuestionar cada vez más.¹⁵ Posee una baja resistencia, sufre deformación plástica y, además, debe tenerse en cuenta que los materiales restauradores basados en resina, es decir, el composite, no se adhieren al hidróxido de calcio convencional.²⁴ Se ha observado también, que existen defectos en la barrera dentinaria que induce.²⁵ Se trata de un material que sufre una degradación acelerada después del grabado ácido durante el proceso de unión adhesiva.²⁶ Se hidroliza con el tiempo y reduce el área disponible para la unión del composite, lo cual compromete la integridad de la restauración e influye indirectamente en su fracaso.¹⁴

Por otra parte, Schwendicke *et al.*¹⁵ comprobaron que el hidróxido de calcio era menos eficaz, en comparación con otros materiales, respecto a su capacidad de desinfección cavitaria. Numerosos autores han estudiado dicha propiedad.^{27,28} Con el paso de los años se ha determinado que un buen sellado marginal es lo que verdaderamente previene que el sustrato bacteriano se infiltre en la dentina.^{29,30,31}

En el año 2018, da Rosa *et al.*³² demostraron que este material no tiene una influencia beneficiosa en el éxito clínico de la eliminación selectiva o gradual de tejido cariado. Un año después, Singh *et al.*³³ concluyeron que el éxito del tratamiento es independiente del material utilizado bajo la dentina desmineralizada. La correcta evaluación del estado pulpar, así como el evitar la presencia de gaps, independientemente del uso de un fondo cavitario de hidróxido de calcio, son factores que sí se relacionan con dicho éxito.^{24, 34} Una vez la dentina cariada es eliminada y se proporciona un buen sellado, los procesos de curación y reparación del complejo pulpo-dentinario son independientes de la aplicación de hidróxido de calcio.²⁹

No usar un fondo cavitario de hidróxido de calcio se encontró significativamente más beneficioso.¹⁴ Su utilización puede contribuir a acortar la supervivencia de las restauraciones.³⁵

5. ÓXIDO DE ZINC EUGENOL

El óxido de zinc eugenol fue durante mucho tiempo la base de elección para las restauraciones de amalgama.³⁶ Se consideraba una opción efectiva para cavidades profundas, en casos de pulpitis irreversible y situaciones en las que era complicado eliminar toda la dentina afectada.³⁷

La utilización de este material ha sido defendida debido a los efectos sedativos del eugenol. Su potencial efecto antiinflamatorio ha sido estudiado por diferentes autores, en relación con su actuación a nivel de leucocitos, macrófagos y receptores del dolor, entre otros.^{38,39,40} En la misma línea, se ha hablado de que el eugenol es capaz de modular las reacciones inmunes e inflamatorias en la pulpa y tejidos periapicales.⁴¹ Durante los años 80 y 90, cualidades como la capacidad de estimular la remineralización de la dentina,⁴² o el bloquear los túbulos dentinarios, generando un aislamiento térmico y proporcionando protección contra los ácidos, fueron atribuidas al óxido de zinc eugenol.⁴³

Sin embargo, el eugenol es dañino para la pulpa⁴⁴ y resulta citotóxico en elevadas concentraciones.⁴⁵ Por lo que, por razones de biocompatibilidad y bioseguridad, debería limitarse su uso.³⁶ Además, se trata de un material que con frecuencia colorea el diente,⁴⁶ debido a que el eugenol se oxida y se oscurece con el tiempo.⁴⁷

Se consideraba su uso con el fin de lograr la esterilidad de la cavidad,⁴⁸ y una reducción de la adhesión del biofilm.⁴⁹ Se ha afirmado que inhibe el metabolismo bacteriano, actuando especialmente contra *Streptococcus mutans*, lo que resultaría en una protección contra caries secundarias,⁵⁰ y en una baja incidencia de sensibilidad postoperatoria.²⁴ No obstante, Schwendicke *et al.*¹⁵ encontraron recientemente que los efectos antibacterianos del óxido de zinc eugenol son limitados.

Los revestimientos de óxido de zinc eugenol no se usan comúnmente bajo resinas basadas en composite,⁵¹ debido a que inhiben su polimerización. Esto se debe a una interacción entre los radicales libres y el eugenol.⁵² Así se indica en las instrucciones del producto, en donde se especifica que no debería ser usado junto con adhesivos, barnices o materiales restauradores basados en resina ya que el eugenol puede interferir con el endurecimiento y causar el ablandamiento de los componentes poliméricos. Los composites ven reducidas sus propiedades mecánicas,⁵³ y la fuerza de unión entre la resina y la dentina se ve empeorada.³⁶

6. IONÓMERO DE VIDRIO

Tanto el ionómero de vidrio convencional, como el reforzado con resina fueron muy usados en los años 70 y 80.⁵⁴ Características como su facilidad de uso y fraguado rápido, entre otras, los hicieron populares como bases cavitarias,⁵⁵ y llevaron a autores a concluir que el uso de este material era el método más fácil y predecible de gestionar la microfiltración.⁵⁶

Se aceptaba que remineralizaban la dentina cariada remanente y que se unían a los tejidos dentales duros, por lo que tendrían ventajas mecánicas.⁵⁷ Sin embargo, autores como Corralo *et al.*,⁵⁸ indicaron en el año 2013 que esa ganancia mineral está mediada por la pulpa, por lo que no se requiere la aplicación de una base cavitaria antes de la restauración.

Los clínicos utilizaron el ionómero de vidrio reforzado con resina o ionómero de vidrio convencional para reducir la posibilidad de hipersensibilidad postoperatoria. La evidencia acerca de la eficacia de este fondo cavitario en este aspecto es contradictoria.⁵⁹ Algunos estudios sí demuestran una reducción de la hipersensibilidad postoperatoria con el ionómero de vidrio reforzado con resina.⁶⁰ Sin embargo otras investigaciones concluyen que favorece el fracaso de la restauración.⁶¹ Sobral *et al.*⁶² sostienen que la sensibilidad postoperatoria no puede ser eliminada completamente utilizando un fondo cavitario de ionómero de vidrio.

Otra de sus propiedades controvertidas es el efecto antibacteriano. En comparación con el hidróxido de calcio, Eli *et al.*⁶³ afirmaron en el año 1995 que el ionómero de vidrio tenía mayor efecto antibacteriano. Además, los productos del ionómero de vidrio demostraron inhibir el crecimiento bacteriano.⁶⁴ Pero Schwendicke *et al.*¹⁵ concluyeron en 2015 todo lo contrario, tanto en la comparativa con el hidróxido de calcio como en el análisis del ionómero de vidrio como tal.

El ionómero de vidrio ha sido defendido como material resiliente, con un módulo de elasticidad más bajo que el composite, indicado como base cavitaria debido a su capacidad de absorber el estrés originado en la interfaz adhesiva durante la contracción de polimerización.⁶⁵ Esto, a su vez, conseguiría una mejor adaptación de la restauración al margen cavosuperficial.⁶⁶ Esta habilidad de absorber el estrés y su consecuente efecto sobre la deflexión cuspidéa y la resistencia a la fractura, han generado resultados conflictivos.⁶⁷ Azevedo *et al.*⁶⁵ muestran que el uso de una base cavitaria de ionómero de vidrio modificada con resina no mejora la fuerza de adhesión del composite a las paredes laterales de la cavidad y no contribuye a aumentar la fuerza adhesiva ni a disminuir la formación de gaps internos.

Se asume que la adhesión entre el composite y el ionómero de vidrio es mayor que la adhesión entre el ionómero de vidrio y la dentina en el suelo pulpar. De esta manera, el estrés de la contracción de polimerización del composite tiende a interrumpir la unión ionómero-dentina, en mayor medida que la unión composite-ionómero.⁶⁸ Colocar una capa más gruesa de ionómero debería reducir el efecto del estrés de contracción,⁶⁶ ya que una cantidad reducida de composite sería necesaria para rellenar la cavidad.⁶⁹

Leinfelder⁷⁰ determinó en el año 2006 que el coeficiente de expansión térmica, similar al de la estructura dental, especialmente al de la dentina, reduciría la microfiltración. En la

“técnica sándwich”, que consiste en utilizar un ionómero de vidrio para reemplazar la dentina cuando el composite reemplaza al esmalte, el ionómero absorbería la humedad de la dentina y se expandiría, compensando la contracción de polimerización del composite.⁷¹ Sin embargo, en 2014, Moazzami *et al.*⁶⁹ concluyeron que ninguna técnica sándwich podría reducir la microfiltración más que una técnica incremental.

Los resultados sugieren que no hay evidencia para apoyar el uso de una base cavitaria de ionómero de vidrio reforzado con resina en lesiones moderadas-profundas. El colocar una base cavitaria de este tipo en las restauraciones de composite tal vez sea innecesario.⁵⁹ Dentro de los factores material dependiente importantes para la supervivencia de la restauración, la presencia de una base cavitaria de ionómero de vidrio demostró tener una influencia negativa.⁷²

7. COMPOSITE FLUIDO

Aunque los composites han existido en Odontología durante más de 50 años, la categoría de composite fluido es relativamente nueva.⁷³ La primera generación de composite fluido fue introducida a finales de 1996.⁵ Fueron desarrollados con el fin de simplificar los procedimientos de colocación y mejorar la adaptación a las superficies de las preparaciones cavitarias.⁷⁴ Una capa elástica de resina entre el composite y el sistema adhesivo ha sido propuesta como una alternativa para crear una interfaz adhesiva sin gaps,⁷⁵ y absorber el estrés de contracción.⁷⁶ Para reducir la viscosidad y aumentar la fluidez, la carga de relleno de los composites fluidos se redujo sustancialmente, entre el 37 y el 53%, frente al 50-70% de un composite convencional.⁷⁴ De esta manera, puede ser dispensado en pequeñas preparaciones y a través de jeringas o cánulas.⁷⁷ Esto facilita la acomodación del composite en las irregularidades de la estructura dentaria,⁷⁸ adaptándose a los defectos del suelo y en las paredes de la preparación cavitaria.⁷⁹ Pero la modificación en su composición tiene desventajas. El elevado contenido en resina da lugar a una reducción de la resistencia al desgaste y la rigidez, y un aumento de la contracción de polimerización.⁸⁰

Ha sido recomendado como base absorbente de estrés.⁸¹ Su bajo módulo de elasticidad permite la deformación plástica, lo que actuaría como un amortiguador elástico y aumentaría la flexibilidad del conjunto adherido.^{82,83} Los beneficios clínicos que podrían aportar serían una reducción en la microfiltración marginal a corto plazo como resultado de la reducción de estrés y también una disminución de la microfiltración marginal a largo plazo debido a la durabilidad mejorada bajo cargas de flexión.⁸⁴ Así, la reducción de la contracción de polimerización, con un coeficiente de expansión termal próximo al de la estructura dental, conduciría a una mayor adaptación marginal.⁸⁵ Estudios como los de Radhika *et al.*⁸⁶ y Sadeghi *et al.*⁸⁷, ambos desarrollados en el año 2010, demostraron una disminución de la microfiltración cuando se ha usado un composite fluido como base cavitaria. De esta manera se conseguirían, tal y como afirman Hernandez *et al.*⁸⁸, la presencia de menos gaps.

No obstante, la utilidad del composite fluido como base cavitaria es cuestionada. Los compuestos fluidos tienen una mayor contracción de polimerización debido a su menor contenido de relleno y esto puede interrumpir la unión a las paredes de la cavidad.^{69,89,90} Esta incongruencia se puede atribuir a que los composites fluidos no son un grupo homogéneo de materiales.⁹¹ Algunos materiales son más fluidos que otros, lo que en general, está directamente relacionado con el contenido de relleno y el tamaño de partícula.¹² La contradicción en los hallazgos puede ser explicada mediante el estrés de contracción y el módulo de elasticidad.⁹² El estrés de contracción producido por algunos composites fluidos podría ser lo suficientemente elevado dando lugar al fallo de la interfaz adhesiva. Por otra parte, a pesar del bajo módulo de elasticidad, en algunos materiales podría no ser suficiente para proporcionar una amortiguación del estrés.⁹³

Tampoco existe un acuerdo acerca del grosor que se debería aplicar en la cavidad. Mientras que algunos estudios afirman que el menor grosor de composite fluido lograría minimizar la microfiltración,⁹⁴ otros demostraron que una capa gruesa de composite fluido (2 mm), comparada con una de menor grosor (0,5-1 mm) reduciría la microfiltración en mayor medida.⁹⁵

Otra sugerencia ha sido el uso de composite fluido en conjunto con un composite de restauración posterior, lo que recibe el nombre de técnica “snowplow”.⁹⁶ En esta técnica, composite fluido sin polimerizar es aplicado bajo el composite restaurador y ambos son polimerizados simultáneamente.⁹⁷ De esta forma, una pequeña cantidad de composite fluido queda en aquellas áreas donde el composite restaurador no es capaz de adaptarse completamente a las paredes cavitarias.⁹⁶ Sin embargo, tal y como concluyen Borouzniat *et al.*⁹⁸ en el año 2019, la técnica “snowplow” no mejora la supervivencia clínica de las restauraciones posteriores de composite.

Recientemente, la tecnología bulk-fill se ha incorporado a los composites, permitiendo la colocación de un incremento único de 4-5 mm de espesor sin comprometer la eficiencia de la polimerización.⁹⁹ Estos composites han sido diseñados para simplificar la técnica restauradora.¹⁰⁰ Permiten una mayor disipación de la luz a través del material, una polimerización en mayor profundidad y una menor contracción de polimerización.¹⁰¹ Los de tipo base son composites de baja viscosidad, por lo que se conocen también como composites fluidos bulk-fill, y son usados como fondos cavitarios.¹⁰²

Se ha comparado, sin llegar a una conclusión, las técnicas incrementales y bulk-fill en cuestiones de fuerza de adhesión, estrés de polimerización, deflexión cuspídea, extensión de gaps y microfiltración.¹⁰³ En la revisión sistemática llevada a cabo por Veloso *et al.*¹⁰⁴ se concluye que el rendimiento clínico de las restauraciones en ambas técnicas es similar. En cambio, otros autores aseguran que en la técnica incremental convencional la adaptación es mejor que con el bulk-fill.¹⁰⁵

En definitiva, no existe una opinión consensuada acerca del uso de composite fluido como fondo cavitario. Debe señalarse que los diferentes resultados obtenidos están relacionados con los diferentes tipos de materiales utilizados, estructura dental, localización de las restauraciones, tipo y tamaño de la cavidad, factores operador-dependiente y métodos de investigación.¹⁰⁶

8. CONCLUSIONES

El uso de hidróxido de calcio y de óxido de zinc eugenol como fondos cavitarios ha sido descartado. Se ha demostrado que no contribuyen en absoluto al éxito clínico de la restauración y, por tanto, no está justificada la utilización de los mismos. Sin embargo, no existe una opinión consensuada y unánime acerca del ionómero de vidrio y el composite fluido. La evidencia científica es, respecto a estos, pobre y contradictoria. Partiendo de una gran controversia en los resultados, la decisión de colocar una base intermedia con estos materiales parece estar determinada por la experiencia del clínico, y no por una recomendación concreta y probada.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Ástvaldsdóttir Á, Dagerhamn J, van Dijken JW, et al. Longevity of posterior resin composite restorations in adults – A systematic review. *J Dent.* 2015;43(8):934–954.
2. Leinfelder KF. Using composite resin as a posterior restorative material. *J Am Dent Assoc.* 1991;122(4):65-70.
3. Hilton TJ. Keys to clinical success with pulp capping: a review of the literature. *Oper Dent.* 2009;34(5):615-625.
4. Bausch JR, de Lange K, Davidson CL, Peters A, de Gee AJ. Clinical significance of polymerization shrinkage of composite resins. *J Prosthet Dent.* 1982;48(1):59-67.
5. Krejci I, Lutz F, Krejci D. The influence of different base materials on marginal adaptation and wear of conventional Class II composite resin restorations. *Quintessence Int.* 1988;19(3):191–198.
6. Kim RJ, Kim YJ, Choi NS, Lee IB. Polymerization shrinkage, modulus, and shrinkage stress related to tooth-restoration interfacial debonding in bulk-fill composites. *J Dent.* 2015;43(4):430-439.
7. Alani AH, Toh CG. Detection of microleakage around dental restorations: a review. *Oper Dent.* 1997;22(4):173-185.
8. Duque C, Negrini Tde C, Sacono NT, Spolidorio DM, de Souza Costa CA, Hebling J. Clinical and microbiological performance of resin-modified glass-ionomer liners after incomplete dentine caries removal. *Clin Oral Investig.* 2009;13(4):465-471.
9. Schwendicke F, Paris S, Tu YK. Effects of using different criteria for caries removal: a systematic review and network meta-analysis. *J Dent.* 2015;43(1):1–15.
10. Ricketts DN, Kidd EA, Innes N, Clarkson J. Complete or ultraconservative removal of decayed tissue in unfilled teeth. *Cochrane Database Syst Rev.* 2006;(3):CD003808.
11. Ilie N, Bucuta S, Draenert M. Bulk-fill resin-based composites: an in vitro assessment of their mechanical performance. *Oper Dent.* 2013;38(6):618-625.
12. Conte NR Jr, Goodchild JH. Flowable composite resins: do they decrease microleakage and shrinkage stress? *Compend Contin Educ Dent.* 2013;34 Spec No 4:1–7.
13. van Dijken JW, Pallesen U. Posterior bulk-filled resin composite restorations: A 5-year randomized controlled clinical study. *J Dent.* 2016;51:29–35.

14. Schwendicke F, Göstemeyer G, Glud C. Cavity lining after excavating caries lesions: meta-analysis and trial sequential analysis of randomized clinical trials. *J Dent.* 2015;43(11):1291–1297.
15. Schwendicke F, Tu YK, Hsu LY, Göstemeyer G. Antibacterial effects of cavity lining: a systematic review and network meta-analysis. *J Dent.* 2015;43(11):1298–1307.
16. Summitt JB, William Robbins J, Hilton TJ, Schwartz RS, Dos Santos J Jr. *Fundamentals of Operative Dentistry: A Contemporary Approach.* 3rd Edition. Hanover Park: Quintessence Publishing, 2006.
17. Murray PE, About I, Lumley PJ, Franquin JC, Remusat M, Smith AJ. Cavity remaining dentin thickness and pulpal activity. *Am J Dent.* 2002;15(1):41–46.
18. McComb D, Ericson D. Antimicrobial action of new, proprietary lining cements. *J Dent Res.* 1987;66(5):1025-1028.
19. Leung RL, Loesche WJ, Charbeneau GT. Effect of Dycal on bacteria in deep carious lesions. *J Am Dent Assoc.* 1980;100(2):193-197.
20. Prati C, Fava F, Di Gioia D, Selighini M, Pashley DH. Antibacterial effectiveness of dentin bonding systems. *Dent Mater.* 1993;9(6):338–343.
21. Smith AJ, Garde C, Cassidy N, et al. Solubilization of dentine extracellular matrix by calcium hydroxide (Abstract). *J Dent Res.* 1995;75:829.
22. Bjørndal L, Demant S, Dabelsteen S. Depth and activity of carious lesions as indicators for the regenerative potential of dental pulp after intervention. *J Endod.* 2014;40(4 Suppl):S76-S81.
23. Torneck CD, Moe H, Howley TP. The effect of calcium hydroxide on porcine pulp fibroblasts in vitro. *J Endod.* 1983;9(4):131-136.
24. Weiner R. Liners and bases in general dentistry. *Aust Dent J.* 2011;56 Suppl 1:11–22.
25. Stafuzza TC, Vitor LLR, Rios D, et al. A randomized clinical trial of cavity liners after selective caries removal: one-year follow-up. *J Appl Oral Sci.* 2019;27:e20180700.
26. Cox CF, Hafez AA, Akimoto N, Otsuki M, Mills JC. Biological basis for clinical success: pulp protection and the tooth-restoration interface. *Pract Periodontics Aesthet Dent.* 1999;11(7):819-827.
27. Sathorn C, Parashos P, Messer H. Antibacterial efficacy of calcium hydroxide intracanal dressing: a systematic review and meta-analysis. *Int Endod J.* 2007;40(1):2-10.

28. Oong EM, Griffin SO, Kohn WG, Gooch BF, Caufield PW. The effect of dental sealants on bacteria levels in caries lesions: a review of the evidence. *J Am Dent Assoc.* 2008;139(3):271-358.
29. Falster CA, Araujo FB, Straffon LH, Nör JE. Indirect pulp treatment: in vivo outcomes of an adhesive resin system vs calcium hydroxide for protection of the dentin-pulp complex. *Pediatr Dent.* 2002;24(3):241-248.
30. Maltz M, de Oliveira EF, Fontanella V, Bianchi R. A clinical, microbiologic, and radiographic study of deep caries lesions after incomplete caries removal. *Quintessence Int.* 2002;33(2):151-159.
31. Marchi JJ, de Araujo FB, Fröner AM, Straffon LH, Nör JE. Indirect pulp capping in the primary dentition: a 4 year follow-up study. *J Clin Pediatr Dent.* 2006;31(2):68-71.
32. da Rosa WLO, Lima VP, Moraes RR, Piva E, da Silva AF. Is a calcium hydroxide liner necessary in the treatment of deep caries lesions? A systematic review and meta-analysis. *Int Endod J.* 2019;52(5):588–603.
33. Singh S, Mittal S, Tewari S. Effect of Different Liners on Pulpal Outcome after Partial Caries Removal: A Preliminary 12 Months Randomised Controlled Trial. *Caries Res.* 2019;53(5):547–554.
34. Dalpian DM, Casagrande L, Franzon R, Dutra GM, de Araujo FB. Dentin microhardness of primary teeth undergoing partial carious removal. *J Clin Pediatr Dent.* 2012;36(4):363-367.
35. Dalpian DM, Gallina CS, Nicoloso GF, et al. Patient- and treatment-related factors may influence the longevity of primary teeth restorations in high caries-risk children: A university-based retrospective study. *Am J Dent.* 2018;31(5):261-266.
36. He LH, Purton DG, Swain MV. A suitable base material for composite resin restorations: zinc oxide eugenol. *J Dent.* 2010;38(4):290-295.
37. Hume WR. Pulp protection during and after tooth restoration. In: Mount GJ, Hume WR, editors. *Preservation and restoration of tooth structure.* London: Mosby International Ltd.; 1998. p. 203–10.
38. Hashimoto S, Maeda M, Yamakita J, Nakamura Y. Effects of zinc oxide-eugenol on leucocyte number and lipoxigenase products in artificially inflamed rat dental pulp. *Arch Oral Biol.* 1990;35(2):87-93.

39. Lee YY, Hung SL, Pai SF, Lee YH, Yang SF. Eugenol suppressed the expression of lipopolysaccharide-induced proinflammatory mediators in human macrophages. *J Endod.* 2007;33(6):698-702.
40. Li HY, Lee BK, Kim JS, Jung SJ, Oh SB. Eugenol Inhibits ATP-induced P2X Currents in Trigeminal Ganglion Neurons. *Korean J Physiol Pharmacol.* 2008;12(6):315-321.
41. Segura JJ, Jiménez-Rubio A. Effect of eugenol on macrophage adhesion in vitro to plastic surfaces. *Endod Dent Traumatol.* 1998;14(2):72-74.
42. Shimizu A, Hishida E, Shibatani T. A comparison of hardness between unsealed and sealed carious dentin. *J Osaka Univ Dent Sch.* 1981;21:153-163.
43. Cox CF, Suzuki S. Re-evaluating pulp protection: calcium hydroxide liners vs. cohesive hybridization. *J Am Dent Assoc.* 1994;125(7):823-831.
44. Craig R, Powers J, Peyton F. *Restorative Dental Materials.* 11th ed. St. Louis: Mosby; 2002:606-608.
45. Abou Hashieh I, Camps J, Dejoui J, Franquin JC. Eugenol diffusion through dentin related to dentin hydraulic conductance. *Dent Mater.* 1998;14(4):229-236.
46. Lenherr P, Allgayer N, Weiger R, Filippi A, Attin T, Krastl G. Tooth discoloration induced by endodontic materials: a laboratory study. *Int Endod J.* 2012;45(10):942-949.
47. Partovi M, Al-Havvaz AH, Soleimani B. In vitro computer analysis of crown discolouration from commonly used endodontic sealers. *Aust Endod J.* 2006;32(3):116-119.
48. Yalcin M, Arslan U, Dundar A. Evaluation of antibacterial effects of pulp capping agents with direct contact test method. *Eur J Dent.* 2014;8(1):95-99.
49. Raval NC, Wadhvani CP, Jain S, Darveau RP. The Interaction of Implant Luting Cements and Oral Bacteria Linked to Peri-Implant Disease: An In Vitro Analysis of Planktonic and Biofilm Growth--A Preliminary Study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2015;17(6):1029-1035.
50. Boeckh C, Schumacher E, Podbielski A, Haller B. Antibacterial activity of restorative dental biomaterials in vitro. *Caries Res.* 2002;36(2):101-107.
51. Schenkel AB, Veitz-Keenan A. Dental cavity liners for Class I and Class II resin-based composite restorations. *Cochrane Database Syst Rev.* 2019;3(3):CD010526.
52. Fujisawa S, Kadoma Y. Action of eugenol as a retarder against polymerization of methyl methacrylate by benzoyl peroxide. *Biomaterials.* 1997;18(9):701-703.

53. Cohen BI, Volovich Y, Musikant BL, Deutsch AS. The effects of eugenol and epoxy-resin on the strength of a hybrid composite resin. *J Endod.* 2002;28(2):79-82.
54. McCabe JF. Resin-modified glass-ionomers. *Biomaterials.* 1998;19(6):521–527.
55. Khoroushi M, Keshani F. A review of glass-ionomers: From conventional glass-ionomer to bioactive glass-ionomer. *Dent Res J (Isfahan).* 2013;10(4):411–420.
56. Alex G. The use of resin modified glass ionomer liners under composite resins: should they be used to help control microleakage? *Inside Dent* 2005;1:30–33.
57. Ngo HC, Mount G, Mc Intyre J, Tuisuva J, Von Doussa RJ. Chemical exchange between glass-ionomer restorations and residual carious dentine in permanent molars: an in vivo study. *J Dent.* 2006;34(8):608–613.
58. Corralo DJ, Maltz M. Clinical and ultrastructural effects of different liners/restorative materials on deep carious dentin: a randomized clinical trial. *Caries Res.* 2013;47(3):243–250.
59. Strober B, Veitz-Keenan A, Barna JA, et al. Effectiveness of a resin-modified glass ionomer liner in reducing hypersensitivity in posterior restorations: a study from the practitioners engaged in applied research and learning network. *J Am Dent Assoc.* 2013;144(8):886–897.
60. Akpata ES, Sadiq W. Post-operative sensitivity in glass-ionomer versus adhesive resin-lined posterior composites. *Am J Dent.* 2001;14(1):34–38.
61. Ernst CP, Martin M, Stuff S, Willershausen B. Clinical performance of a packable resin composite for posterior teeth after 3 years. *Clin Oral Investig.* 2001;5(3):148–155.
62. Sobral MA, Garone-Netto N, Luz MA, Santos AP. Prevention of postoperative tooth sensitivity: a preliminary clinical trial. *J Oral Rehabil.* 2005;32(9):661–668.
63. Eli I, Cooper Y, Ben-Amar A, Weiss E. Antibacterial activity of three dental liners. *J Prosthodont.* 1995;4(3):178–182.
64. Davidovich E, Weiss E, Fuks AB, Beyth N. Surface antibacterial properties of glass ionomer cements used in atraumatic restorative treatment. *J Am Dent Assoc.* 2007;138(10):1347–1352.
65. Azevedo LM, Casas-Apayco LC, Villavicencio Espinoza CA, Wang L, Navarro MF, Atta MT. Effect of resin-modified glass-ionomer cement lining and composite layering technique on the adhesive interface of lateral wall. *J Appl Oral Sci.* 2015; 23(3):315-320

66. Chailert O, Banomyong D, Vongphan N, Ekworapoj P, Burrow MF. Internal adaptation of resin composite restorations with different thicknesses of glass ionomer cement lining. *J Investig Clin Dent*. 2018;9(2):e12308.
67. Shafiei F, Doozandeh M, Ghaffaripour D. Effect of Different Liners on Fracture Resistance of Premolars Restored with Conventional and Short Fiber-Reinforced Composite Resins. *J Prosthodont*. 2019;28(1):e304–e309.
68. Castañeda-Espinosa JC, Pereira RA, Cavalcanti AP, Mondelli RF. Transmission of composite polymerization contraction force through a flowable composite and a resin-modified glass ionomer cement. *J Appl Oral Sci*. 2007;15(6):495–500.
69. Moazzami SM, Sarabi N, Hajizadeh H, et al. Efficacy of four lining materials in sandwich technique to reduce microleakage in class II composite resin restorations. *Oper Dent*. 2014;39(3):256–263.
70. Leinfelder K. Characteristics of a new glass ionomer material. *Inside Dentistry*. Jan/Feb 2006:42-44.
71. Trushkowsky R. The role of glass ionomers in minimally invasive restorative dentin. *Dent Today*. 2005;24(4):72–77.
72. Opdam NJ, van de Sande FH, Bronkhorst E, et al. Longevity of posterior composite restorations: a systematic review and meta-analysis. *J Dent Res*. 2014;93(10):943–949.
73. Bayne SC, Thompson JY, Swift EJ Jr, Stamatiades P, Wilkerson M. A characterization of first-generation flowable composites. *J Am Dent Assoc*. 1998;129(5):567–577.
74. Baroudi K, Rodrigues JC. Flowable Resin Composites: A Systematic Review and Clinical Considerations. *J Clin Diagn Res*. 2015;9(6):ZE18–ZE24.
75. Unterbrink GL, Liebenberg WH. Flowable resin composites as "filled adhesives": literature review and clinical recommendations. *Quintessence Int*. 1999;30(4):249–257.
76. Kwon Y, Ferracane J, Lee IB. Effect of layering methods, composite type, and flowable liner on the polymerization shrinkage stress of light cured composites. *Dent Mater*. 2012;28(7):801–809.
77. Strassler HE. Clinical update: flowable composite resins. *Incisal Edge*. 2007;1:62-69. http://d3e9u3gw8odyw8.cloudfront.net/flow_comp.pdf
78. Ilie N, Hickel R. Investigations on a methacrylate-based flowable composite based on the SDR™ technology. *Dent Mater*. 2011;27(4):348–355.

79. Majety KK, Pujar M. In vitro evaluation of microleakage of class II packable composite resin restorations using flowable composite and resin modified glass ionomers as intermediate layers. *J Conserv Dent*. 2011;14(4):414–417.
80. Nie J, Yap AU, Wang XY. Influence of Shrinkage and Viscosity of Flowable Composite Liners on Cervical Microleakage of Class II Restorations: A Micro-CT Analysis. *Oper Dent*. 2018;43(6):656–664.
81. Ferracane JL. Buonocore Lecture. Placing dental composites--a stressful experience. *Oper Dent*. 2008;33(3):247–257.
82. Payne JH 4th. The marginal seal of Class II restorations: flowable composite resin compared to injectable glass ionomer. *J Clin Pediatr Dent*. 1999;23(2):123–130.
83. Lin A, McIntyre NS, Davidson RD. Studies on the adhesion of glass-ionomer cements to dentin. *J Dent Res*. 1992;71(11):1836–1841.
84. Ziskind D, Adell I, Teperovich E, Peretz B. The effect of an intermediate layer of flowable composite resin on microleakage in packable composite restorations. *Int J Paediatr Dent*. 2005;15(5):349–354.
85. Chuang SF, Liu JK, Chao CC, Liao FP, Chen YH. Effects of flowable composite lining and operator experience on microleakage and internal voids in class II composite restorations. *J Prosthet Dent*. 2001;85(2):177–183.
86. M R, Sajjan GS, B N K, Mittal N. Effect of different placement techniques on marginal microleakage of deep class-II cavities restored with two composite resin formulations. *J Conserv Dent*. 2010;13(1):9–15.
87. Sadeghi M, Lynch CD. The effect of flowable materials on the microleakage of Class II composite restorations that extend apical to the cemento-enamel junction. *Oper Dent*. 2009;34(3):306–311.
88. Hernandez NM, Catelan A, Soares GP, et al. Influence of flowable composite and restorative technique on microleakage of class II restorations. *J Investig Clin Dent*. 2014;5(4):283–288.
89. Li XR, Wang J, Li HW. Shanghai Kou Qiang Yi Xue. Clinical Evaluation of Flowable Composites in Treatment of Wedge-Shaped Defects as a Liner. *Shanghai Journal of Stomatology*. 2011;20(4):429–432.
90. Boruziniat A, Gharaee S, Sarraf Shirazi A, Majidinia S, Vatanpour M. Evaluation of the efficacy of flowable composite as lining material on microleakage of composite resin restorations: A systematic review and meta-analysis. *Quintessence Int*. 2016;47(2):93–101.

91. Masouras K, Silikas N, Watts DC. Correlation of filler content and elastic properties of resin-composites. *Dent Mater.* 2008;24(7):932–939.
92. Lokhande NA, Padmai AS, Rathore VP, Shingane S, Jayashankar DN, Sharma U. Effectiveness of flowable resin composite in reducing microleakage - an in vitro study. *J Int Oral Health.* 2014;6(3):111–114.
93. 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.
94. Fabianelli A, Sgarra A, Goracci C, Cantoro A, Pollington S, Ferrari M. Microleakage in class II restorations: open vs closed centripetal build-up technique. *Oper Dent.* 2010;35(3):308–313.
95. Malmström HS, Schlueter M, Roach T, Moss ME. Effect of thickness of flowable resins on marginal leakage in class II composite restorations. *Oper Dent.* 2002;27(4):373–380.
96. Opdam NJ, Loomans BA, Roeters FJ, Bronkhorst EM. Five-year clinical performance of posterior resin composite restorations placed by dental students. *J Dent.* 2004;32(5):379–383.
97. Opdam NJ, Roeters JJ, de Boer T, Pesschier D, Bronkhorst E. Voids and porosities in class I micropreparations filled with various resin composites. *Oper Dent.* 2003;28(1):9–14.
98. Borouziniat A, Khaki H, Majidinia S. Retrospective evaluation of the clinical performance of direct composite restorations using the snow-plow technique: Up to 4 years follow-up. *J Clin Exp Dent.* 2019;11(11):e964–e968.
99. El-Damanhoury H, Platt J. Polymerization shrinkage stress kinetics and related properties of bulk-fill resin composites. *Oper Dent.* 2014;39(4):374–382.
100. Flury S, Peutzfeldt A, Lussi A. Influence of increment thickness on microhardness and dentin bond strength of bulk fill resin composites. *Dent Mater.* 2014;30(10):1104–1112.
101. Fronza BM, Rueggeberg FA, Braga RR, et al. Monomer conversion, microhardness, internal marginal adaptation, and shrinkage stress of bulk-fill resin composites. *Dent Mater.* 2015;31(12):1542–1551.
102. Van Ende A, De Munck J, Lise DP, Van Meerbeek B. Bulk-fill composites: A review of the current literature. *J Adhes Dent.* 2017;19(2):95–109.
103. Han SH, Park SH. Incremental and bulk-fill techniques with bulk-fill resin composite in different cavity configurations. *Oper Dent.* 2018;43(6):631–641.

104. Veloso SRM, Lemos CAA, de Moraes SLD, do Egito Vasconcelos BC, Pellizzer EP, de Melo Monteiro GQ. Clinical performance of bulk-fill and conventional resin composite restorations in posterior teeth: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Investig*. 2019;23(1):221–233.
105. Alqudaihi FS, Cook NB, Diefenderfer KE, Bottino MC, Platt JA. Comparison of Internal Adaptation of Bulk-fill and Increment-fill Resin Composite Materials. *Oper Dent*. 2019;44(1):E32–E44.
106. Pedram P, Hooshmand T, Heidari S. Effect of Different Cavity Lining Techniques on Marginal Sealing of Class II Resin Composite Restorations In Vitro. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2018;38(6):895–901.