



FACULTAD DE MEDICINA Y  
ODONTOLOGÍA

**TRABAJO  
DE FIN  
DE  
GRADO**

Causas de fracaso de restauraciones de composite de clase II: una revisión de la literatura

Causas de fracaso das restauracións de composite de clase II: unha revisión da literatura

Causes of failure of class II composite restorations: a review of the literature

Autor: Iago Armán Veiga

Tutor: Víctor Alonso de la Peña

Departamento: Cirugía y Especialidades Médico-Quirúrgicas

**JUNIO 2021**

Trabajo de fin de grado presentado en la Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Santiago de Compostela para la obtención del Grado en Odontología



<b>Resumen</b>	<b>4</b>
<b>Resumo</b>	<b>4</b>
<b>Abstract</b>	<b>5</b>
<b>Introducción</b>	<b>6</b>
<b>Objetivos</b>	<b>7</b>
<b>Material y métodos</b>	<b>7</b>
<b>Resultados</b>	<b>8</b>
Vida media de las obturaciones de composite	8
Causas de fracaso	10
Fracturas	12
Desgaste	15
Deflexión cuspeada	15
Caries secundaria	16
Rugosidad superficial y retentividad de placa	20
Degradación del composite y caries secundaria	21
Defectos marginales	22
Gap marginal y caries secundaria	23
Tamaño del gap	24
Tinción marginal	25
Biselado de esmalte y defectos marginales	26
Adhesivos e integridad marginal	26
Adaptación marginal del material	28
Decoloración	29
Punto de contacto	30
Sensibilidad postoperatoria	32
Atrapamiento de aire	34
Factores de riesgo	34
Influencia del operador	34
Factores del paciente	36
Factores del diente	39
Factores del material	40
¿Los composites convencionales tienen menor desempeño clínico que las resinas de baja contracción?	42
Composites de baja contracción	42
Composites bulk fill	43
¿Las obturaciones de composite fracasan más que las realizadas con amalgama de plata?	44
Aislamiento del campo operatorio	46
<b>Conclusiones</b>	<b>46</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>47</b>



## Resumen

Las resinas compuestas se han convertido en el material *gold standard* para la realización de obturaciones directas. Debido al gran número de reconstrucciones que se realizan en todo el planeta anualmente, conocer las principales razones de su fracaso es fundamental para poder prevenirlo. En la literatura se han citado numerosas causas, pero sin ninguna duda, la fractura de la reconstrucción y/o el diente y la caries secundaria son las principales.

Existe una gran variabilidad en cuanto a las tasas de éxito de estos materiales, debido al gran número de factores (relacionados con el paciente, el diente, el operador y el material) que influyen en su rendimiento clínico. El riesgo individual de caries y la presencia de parafrunciones son los principales determinantes de su longevidad.

Muchos estudios destacan el papel del clínico, al tratarse de un material altamente sensible a la técnica.

En cuanto al material, se ha encontrado que las resinas actualmente comercializadas superan con creces los requisitos mecánico-físicos que requiere un ambiente tan hostil como la boca. No obstante, respecto a sus propiedades biológicas existe un acalorado debate. Para muchos investigadores, el composite es un material con inferiores cualidades, menor desempeño clínico y sensibilidad a la técnica que la amalgama.

Lo cierto es que aunque muchos autores hablan de un ‘problema del material’, existen pocas certezas. Sigue sin haber un consenso respecto a la influencia del *gap* marginal o la ausencia de propiedades antimicrobianas. Además, puede que una de sus principales causas de fracaso, la caries secundaria, haya sido sobreestimada. Para muchos autores, la falta de criterios diagnósticos estandarizados condiciona que exista un amplio número de falsos positivos, siendo en su gran mayoría tinciones marginales que no comprometerían la viabilidad de la reconstrucción. Por lo tanto, se requiere más evidencia y de mayor calidad para obtener conclusiones.

**Palabras clave:** *fracaso composite, fracaso obturaciones de clase II, fractura obturación, caries secundaria, sensibilidad postoperatoria, tinción marginal.*

## Resumo

As resinas compostas convertíronse no material *gold standard* para a realización de obturacións directas. Debido ao gran número de reconstrucións que se realizan en todo o planeta anualmente,

coñecer as principais razóns do seu fracaso é fundamental para poder previlo. Na literatura cítanse numerosas causas, pero sen lugar a dúbidas, a fractura da reconstrución e/ou o dente e a carie secundaria son as principais.

Existe unha gran variabilidade en canto as taxas de éxito destes materiais, debido a existencia dun gran número de factores (relacionados co paciente, o dente, o operador e o material) que inflúen no seu rendemento clínico. O risco individual de carie e a presenza de parafuncións son os principais determinantes da súa lonxevidade.

Moitos estudos destacan o papel do clínico, ao tratarse dun material altamente sensible á técnica. En canto ao material, atopouse que as resinas actualmente comercializadas superan dabondo os requisitos mecánico-físicos que un ambiente tan hostil como a boca require. Con todo, respecto a súas propiedades biolóxicas existe un apaixonado debate. Para moitos investigadores, o composite é un material con inferiores cualidades, menor desempeño clínico e maior sensibilidade á técnica que a amalgama.

Malia que numerosos autores falan dun ‘problema do material’, existen poucas certezas. Segue sen haber un consenso respecto á influencia do *gap* marxinal ou á ausencia de propiedades antimicrobianas. Ademais, pode que unha das súas principais causas de fracaso, a carie secundaria, fose sobrestimada. Para moitos autores, a falta de criterios diagnósticos estandarizados condiciona que exista un amplo número de falsos positivos, sendo na súa gran maioría tincións marxinais que non comprometerían a viabilidade da reconstrución. Polo tanto, requirese unha maior evidencia e de maior calidade para obter conclusións.

**Palabras clave:** *fracaso composite, fracaso obturacións de clase II, fractura obturación, caries secundaria, sensibilidade postoperatoria, tinción marxinal*

## Abstract

Composite resins have become the gold standard material for direct fillings. Due to the large number of reconstructions that are carried out throughout the planet annually, knowing the main reasons for their failure is essential to be able to prevent it. Numerous causes have been cited in the literature, but without any doubt, reconstruction and / or tooth fracture and secondary caries are the main ones.

There is great variability in the success rates of these materials, due to the large number of factors (related to the patient, the tooth, the operator, and the material) that influence their

clinical performance. The individual risk of caries and the presence of parafunctions are the main determinants of its longevity.

Many studies highlight the role of the clinician, as it is a highly technique-sensitive material. Regarding the material, it has been found that the currently marketed resins far exceed the mechanical-physical requirements required by an environment as hostile as the mouth. However, there is a heated debate regarding its biological properties. For many researchers, composite is a material with inferior qualities, lower clinical performance and increased technical sensitivity than amalgam.

The truth is that although many authors speak of a ‘material problem’, there are few certainties. There is still no consensus regarding the influence of the marginal gap or the absence of antimicrobial properties. Also, one of the main causes of failure, secondary caries, may have been overrated. For many authors, the lack of standardized diagnostic criteria determines the existence of a large number of false positives, the vast majority being marginal stains that would not compromise the viability of the reconstruction. Therefore, more and higher quality evidence is required to draw conclusions.

**Key words:** *composite failure, class II filling failure, filling fracture, secondary caries, postoperative sensitivity, marginal staining.*

## Introducción

El composite es el material más utilizado en las restauraciones directas, gracias a sus propiedades estéticas y a que permite conservar mayor estructura dental sana.<sup>89, 90, 97, 91</sup>

En el año 2012 se realizaron en el mundo 260 millones de obturaciones de resinas compuestas.<sup>88, 64, 94</sup> En el 2015, según datos de ventas de materiales de obturación, se obturaron 800 millones de dientes, el 80% en resinas compuestas.<sup>33</sup>

Se ha calculado que en torno al 60% de las restauraciones de composite realizadas son un reemplazo de obturaciones previas.<sup>75, 107, 103, 66</sup>

Las causas más frecuentes de fracaso son la fractura y la caries secundaria.<sup>30</sup>

Existen numerosos factores que afectan a su longevidad, especialmente el riesgo individual de caries y actividades parafuncionales, variando enormemente entre individuos.<sup>89, 91, 96</sup>

No pocos investigadores consideran las resinas compuestas como un material con peores resultados clínicos y una vida media más corta que la amalgama. Para estos, una supuesta mayor susceptibilidad a la caries secundaria sería el responsable.<sup>97</sup>

Las obturaciones de clase II parecen ser más susceptibles al fracaso.<sup>89, 90, 91, 94</sup> El margen gingival de estas reconstrucciones es la localización más frecuente de asiento de la caries secundaria.<sup>24, 31, 50, 36, 82</sup>

Una mayor comprensión de los factores que se encuentran detrás de este fracaso, así como la influencia del material sobre las tasas de supervivencia, permitirían tomar mejores decisiones terapéuticas así como mejorar la individualización del plan de tratamiento para cada paciente.<sup>89</sup>

## Objetivos

Mediante la presente revisión de la bibliografía trataremos de responder a las siguientes preguntas respecto a las obturaciones directas de resinas compuestas de clase II en dientes vitales permanentes:

- ¿Cual es la longevidad media esperable?
- ¿Cuales son las principales razones que conducen al fracaso? ¿Cómo podemos evitarlo?
- ¿Existen algunas condiciones/factores que aumentan el riesgo de fracaso precoz?
- ¿Se encuentran diferencias en la longevidad media entre los distintos tipos de composite/materiales de obturación?

## Material y métodos

Se realiza una búsqueda en las bases de datos PubMed, ScienceDirect y The Cochrane Library. Se utilizaron como palabras clave: "Class II composite failure", "Class II composite survival rate", "proximal composite failure", "Class II composite secondary caries", "Class II composite fracture", "cavity liner failure", "composite curing lamp", "composite staining", "contraction stress composite", "bulk fill failure", "composite wear" y "adhesive composite failure".

Se fija como criterios de inclusión "ensayo clínico aleatorizado", "revisión", "revisión sistemática" y "metaanálisis". Además se limita la búsqueda a artículos publicados entre 2011-2021. Se realiza una selección manual de los artículos mediante la lectura de su título y resumen. Se descartan aquellos que no se ajustan a los objetivos de este trabajo.

Además, se seleccionan de forma manual artículos referenciados en los previamente encontrados, debido a su especial relevancia dentro de la temática de esta investigación.

## Resultados

### Vida media de las obturaciones de composite

La mayoría de artículos publicados citan una vida media del composite en torno a los 6-7 años.<sup>9</sup><sup>90, 82, 15</sup> Estas cifras son las que maneja también el Instituto Nacional para la Investigación Dental y Craneofacial de los Institutos Nacionales de la Salud de EEUU.<sup>89</sup> No obstante, la mayoría de reconstrucciones superan esta edad media,<sup>87</sup> muchas de las cuales muestran una supervivencia doble o superior a ésta.<sup>56</sup> Algunos estudios encuentran que la mayoría de las reconstrucciones tienen un desempeño superior a los 15 años,<sup>3</sup> superando la longevidad media de las reconstrucciones de amalgama de plata.<sup>87</sup>

Una evaluación de 100.000 casos constató una supervivencia de más del 92% de las reconstrucciones a 7 años. Otros numerosos reportes han informado de la eficacia de restauraciones de pequeño y mediano tamaño de 10 años o más.<sup>15</sup>

Hickel en su revisión del 2001 halló que los diferentes estudios comunicaban tasas entre 0-7%. La revisión de Manhart en el 2004 encontró una tasa anual de fracaso del 2,2%.<sup>90</sup>

Demarco en una revisión de la literatura publicada entre 1996-2011 encontró que el 90% de los estudios encontraron una tasa anual de fracaso del 1-3%.<sup>89</sup>

Un metanálisis del 2012 encontró que para clases II existía una supervivencia del 92% a 10 años.<sup>94</sup>

Opdam en una revisión sistemática del 2014 concluyó que ésta era del 1,8% a 5 años y del 2,4% a 10 años.<sup>91</sup>

Beck tras una revisión sistemática y metanálisis de los estudios prospectivos publicados entre 1996-2015 halló que la tasa anual de fracaso era del 1,46% a corto plazo y de 1,53% a largo plazo. La tasa media reportada por estudios de más de 1 año de seguimiento era del 1,64%. Además, estos valores no variaron en estudios más recientes.<sup>90</sup>

Una revisión comparativa de los estudios publicados entre 1996-2005 y 2006-2016 encontró una supervivencia media comunicada del 89, 41% en el primer periodo y del 86,87% en el segundo.

Este aumento es debido a que cada vez se realizan obturaciones de mayor tamaño, algo que en tiempos pasados se hubiera resuelto con otro enfoque terapéutico. Si ignoramos esto, la supervivencia media de las reconstrucciones mejoró en las últimas dos décadas.<sup>96</sup>

Se ha encontrado que los estudios de supervivencia de restauraciones posteriores comunican tasas de supervivencia del 70-100% en periodos de seguimiento de 3-22 años.<sup>7</sup>

En la literatura también se han informado de tasas anuales de fracaso muy dispares, del 0,0-9,0% en el caso de composite y 0,0-7,4% para el amalgama de plata. De media serían 2,2% y 3% respectivamente.<sup>90</sup>

Un estudio multicentro del 2019 la cifró en 7,8% a 2 años.<sup>108</sup>

Una revisión sistemática comparó la supervivencia de las reconstrucciones directas frente las indirectas. Los estudios mostraron una tasa de fracaso anual de entre 0,3-4,5% (los estudios tenían períodos de seguimiento entre 3 a 17 años) y en el segundo caso del 1,6-4,8% (en estudios entre 5-11 años de seguimiento).<sup>68</sup>

Para Opdam, una tasa de fracaso anual menor al 6% en periodos de observación de 5-10 años constituye éxito en restauradora.<sup>98</sup>

Se han publicado tasas anuales de fracaso medias de 2,3%, por lo que habría que esperar que a los 10 años hubiesen fracasado un 23% de las obturaciones. Sin embargo, este metanálisis ha encontrado un fracaso a 10 años de las restauraciones de clase II del 10%. El problema de esos estudios es que asumen una progresión lineal de los fracasos, lo que no es cierto. Además no realizan metanálisis ni estudian los datos con un diseño estadístico. Asimismo, depende de si incluyen estudios con alta tasa de fracasos.<sup>94</sup>

Existe una influencia significativa de los periodos de observación, número de restauraciones y tamaño muestral, tiempo entre visitas, proporción de clases I y II en el porcentaje de fallos totales.<sup>90</sup>

Cuanto más dure el estudio mayor será la tasa anual de fracaso. La mayoría poseen periodos de seguimiento inferiores a 5 años.<sup>90, 89, 96</sup>

El 59,5% de las investigaciones publicadas entre 2006-2016 tenían un periodo de seguimiento inferior a 3 años.<sup>96</sup> En estudios a corto plazo existen pocos fracasos. Incluso podemos encontrar tasas de éxito del 100%.<sup>91, 96</sup>

Una gran parte de los estudios son realizados para respaldar el éxito de nuevos productos comerciales. Estos seleccionan premeditadamente pacientes de bajo riesgo y utilizan periodos de seguimiento cortos para maximizar el porcentaje de éxitos.<sup>89</sup>

## Causas de fracaso

Las principales causas de fracaso de las reconstrucciones directas de composite de clase II son la caries secundaria y la fractura de la restauración y/o del diente.<sup>92, 97, 89, 91, 9, 33, 11</sup> Ahora bien, a la hora de conceder el primer puesto a una de las dos, la literatura no parece ponerse de acuerdo, con estudios que citan la fractura como motivo principal<sup>92, 96, 89, 68</sup> mientras que otros concluyen que es la caries secundaria.<sup>51, 82, 87, 105, 21, 25, 16</sup>

Puede que no siempre pueda separarse caries y fractura.<sup>90, 93</sup> En un estudio sobre la supervivencia de composites nanohíbridos frente a híbridos convencionales, la principal causa de fracaso a 6 años fue la caries, con un 43%. Pero si la razón era caries y fractura era del 57,1%.<sup>93</sup>

Además, el periodo de seguimiento parece tener una gran relevancia, pues la causa principal de fracaso parece variar con los años de permanencia en boca. En un metanálisis, Beck y cols. encontraron que el fracaso debido a caries se producía fundamentalmente en el largo plazo. Concluyeron que en los estudios prospectivos publicados entre 1995 y 2015 la causa más frecuente de fracaso durante el primer año de vida de la reconstrucción eran los motivos endodónticos. Entre 1-5 años la fractura era la causa principal, seguido de la caries y defectos marginales. En periodos de seguimiento mayores a 5 años el porcentaje de fallos atribuidos a fracturas o caries secundarias se igualaban.<sup>90</sup>

Otra revisión, no obstante, encontró que los fracasos originados por caries secundaria se concentraban en los primeros 3-6 años de vida, por lo que instaba a aumentar la frecuencia de citas de seguimiento los primeros años para poder realizar un diagnóstico precoz.

Demarco sugiere que a corto plazo la caries sería la principal razón, pero a largo plazo ( $\geq 10$  años) el fallo más frecuente sería la fractura.<sup>89</sup>

Otra revisión de los casos publicados entre 1996-2002 asegura que esto sucede al revés, a corto plazo sería la fractura y a largo plazo la caries.<sup>87</sup>

La causa más frecuente de fracaso es la fractura en cortos periodos de seguimiento, mientras que la caries secundaria es la principal razón de fracaso a largo plazo, debido a su aparición más tardía.<sup>30</sup>

Las principales causas, caries y fractura, aparecen tras largo tiempo de servicio. El riesgo de fractura es más o menos siempre igual de relevante, pero el riesgo de caries aumenta con el tiempo.<sup>91</sup>

La caries secundaria fue la principal razón de fracaso de las restauraciones de obturaciones directas de composite. La fractura, entendida como la pérdida de material cuya ubicación o extensión compromete la función o la capacidad de prevención de nuevas enfermedades, fue la segunda causa de fracaso.<sup>107</sup>

Otras razones de fallo descritas con relativa frecuencia son: sensibilidad, dolor postoperatorio, razones endodónticas, ajuste marginal clínicamente inaceptable, desgaste o decoloración. A veces el fracaso era debido a la combinación de 2 causas.<sup>96,107</sup>

Así, la restauración fallaría por razones estéticas, funcionales o porque ya no puede impedir la recidiva de la enfermedad.<sup>107</sup>

Una revisión del 2017, sin embargo, no encontró al fracaso por motivos estéticos relevantes significativamente en el sector posterior.<sup>57</sup>

Resulta interesante observar cómo los patrones de fracaso cambian a lo largo de los años de vida del material y no siguen una progresión lineal.<sup>96</sup>

La sensibilidad postoperatoria es un síntoma altamente variable interpaciente, en relación a su experiencia del dolor y cantidad de malestar. Anteriormente era un problema bastante frecuente. Actualmente se comunican muchos menos casos de sensibilidad, quizás por una técnica adhesiva/restauradora mejorada.<sup>89</sup>

Los defectos marginales y la pérdida de retención aparecieron sobre todo en corto plazo.<sup>90</sup>

Durante los primeros meses de vida de las restauraciones, los motivos endodónticos fueron el principal motivo, pero a los pocos años solo fueron un pequeño porcentaje de las causas de fracaso.<sup>91</sup>

El fallo debido a motivos endodónticos, dolor, sensibilidad postoperatoria y razones estéticas son observaciones menores, ya que representan menos de un 5% de los casos.<sup>89</sup>

El desgaste a día de hoy no es un problema relevante salvo en pacientes bruxistas y otros hábitos parafuncionales. El rendimiento clínico de las reconstrucciones directas de resinas compuestas en pacientes con dientes desgastados es limitado.<sup>89</sup>

En la literatura publicada antes del 2000, la decoloración y los defectos marginales si son problemas señalados como relevantes al constituir la causa de entre el 1-10% de los fracasos.<sup>89</sup>

El fracaso debido a pérdida anatómica o desgaste fue escasamente comunicado como motivo de fracaso. Si se observa un aumento de este motivo en determinados estudios, debido a diferentes criterios y herramientas de evaluación, o en estudios con determinados materiales con mayor propensión al desgaste.<sup>89</sup>

Una interesante revisión comparó las tasas y causas de fracaso existentes en los diferentes artículos publicados entre 1995-2005 con las descritas entre 2006-2016. Existe un ligero aumento de la tasa de fracaso desde 1995-2005 a 2006-2016. Pero donde se aprecia un cambio acusado es en las razones de este. Aunque caries y fractura continuaron siendo las principales causas, la primera ha disminuido su proporción respecto al total de fracasos y la segunda ha aumentado.<sup>96</sup>

Las fracturas (del diente y/o de la restauración) y la caries secundaria son los responsables del 88,5% de los fracasos de 2006-2016 *versus* el 61,76% en el periodo 1995-2005. Ello indica que factores como sensibilidad postoperatoria, desgaste o adaptación marginal inaceptable son cada vez menos prevalentes.<sup>96</sup>

El aumento de fracturas del 32,29% en 1995-2005 a 62,83% de 2006-2016 puede ser debida al uso de composite en cavidades cada vez más extensas. Algo negativo es que los estudios no indican cuántas y qué caras son restauradas por la reconstrucción estudiada, por lo que es difícil analizar con precisión su influencia en esta tendencia alcista. Como resultado de la mayor profundidad de las restauraciones se observa un aumento ligero del fracaso por razones pulpares.<sup>96</sup>

Una revisión de la literatura encontró que el 73,9% de las obturaciones directas de composite de clase II habían sido reemplazadas debido a la presencia de caries secundaria.<sup>26</sup> Este tipo de reconstrucciones muestran menores tasas de supervivencia que sus homólogas de clase I.<sup>31, 87, 89, 7, 90, 94, 96</sup> Se ha descrito que en torno al 80% de las caries secundarias totales encuentran asiento en este tipo de reconstrucciones, más específicamente a nivel del margen gingival, debido, a entre otros, dificultades en la adaptación del material, difícil acceso, mala adhesión debido a la ausencia (o presencia de una mínima cantidad) de esmalte periféricamente sellando el margen, bajo grado de conversión o el ser un acumulo de placa y difícil higienización.<sup>24, 31, 50, 9, 82</sup>

## Fracturas

Como ya se ha mencionado con anterioridad, la mayoría de estudios encuentran que la fractura es una de las principales causas de fracaso de las obturaciones de composite<sup>92, 97, 89, 91, 9</sup>, sino la que más.<sup>92, 96, 89, 68</sup>

Actualmente, todos los materiales presentan un buen rendimiento en cuanto a propiedades mecánicas.<sup>57, 99, 90, 91</sup> No existen diferencias en cuanto a incidencia de fractura del diente o de la

restauración independientemente del tipo de composite.<sup>106</sup> Es por ello que la mayoría de fracturas se restringen a aquellos casos en los que aumenta sustancialmente la carga a las que son sometidas. Esto es, casos de edentulismo parcial o en parafunciones, como el bruxismo.<sup>106, 57, 89, 7,</sup>  
<sup>92</sup> Además el uso de bases cavitarias se relaciona con una mayor incidencia de fracturas.<sup>62, 38, 19, 91,</sup>  
89, 1, 84, 78

Las fuerzas normales de oclusión medias son de 70 Newtons (N), sin embargo, estas pueden aumentar muy significativamente dependiendo del número de dientes presentes en boca, el tipo de oclusión y la presencia de parafunciones, que pueden elevar la fuerza a niveles de 800 N.<sup>15</sup>  
Si la carga mecánica supera la capacidad inherente del material para resistir las fuerzas oclusales durante la masticación y el bruxismo, pueden producirse grietas y fracturas en el material. Las restauraciones de clase II se encuentran en un especial riesgo.<sup>33</sup>

Además, la restauración modifica la forma de transmitir las fuerzas al diente. Si bien el esmalte natural transmite fuerzas compresivas al diente, la restauración provoca estrés de compresión, tracción o cizallamiento.<sup>15, 106</sup>

La calidad de la reconstrucción, relacionada con la experiencia del operador, muestra una relación con la fractura.<sup>33</sup>

Las fracturas que aparecen a corto plazo son de menor extensión y podrían ser un indicativo de mala técnica o mala manipulación del material.<sup>57</sup>

Dos metaanálisis encontraron una mayor tendencia a la fractura en aquellas reconstrucciones que se habían elaborado sin aislamiento absoluto.<sup>33, 94</sup>

En cambio, las fracturas a largo plazo están relacionadas con fatiga del material y suele involucrar fractura del diente y de la restauración. El origen de ésta fatiga puede ser originada por agresiones químicas y físicas, bacterianas, ciclos térmicos,...<sup>57</sup>

Existe poca correlación entre las propiedades físicas y su rendimiento clínico, aunque fuerza, tenacidad y resistencia al desgaste son propiedades deseables en el sector posterior.<sup>32</sup>

Una menor carga de relleno proporciona unas mejores propiedades mecánicas.<sup>32</sup>

A pesar de ello, la normativa ISO establece que los materiales de reconstrucción posteriores deben mostrar una resistencia mínima a la fractura de 80 MPa.<sup>94</sup> Aún así, algunos investigadores opinan que 130 MPa debería ser el mínimo exigible.<sup>33</sup>

Aunque en estudios *in vitro* se han hallado grandes diferencias entre materiales, estas no parecen traducirse en diferencias en el rendimiento clínico estadísticamente significativas.<sup>33</sup>

*In vivo* se observó una baja correlación entre la resistencia a la flexión y la frecuencia de ocurrencia de fracturas. Parámetros como la resistencia a la compresión o el módulo de flexión no mostraron ninguna correlación (incluso correlaciones negativas). La resistencia a la flexión no se asoció en absoluto con la fractura en clínica del material, pero sí con el desgaste.<sup>33</sup>

Para áreas donde existen contactos oclusales, los composites convencionales y *bulk fill* resultaron ser los materiales que mejores resultados generaban.<sup>6</sup>

Entre los indicadores de riesgo mecánico destacan: la dimensión mesiodistal, la dimensión promedio de los istmos y en especial la del distal, la profundidad de la cavidad distal y la profundidad promedio de la cavidad MOD (obturación compleja posterior, mesio-ocluso-distal).

<sup>106</sup>

El ancho de la cavidad influye. En cavidades pequeñas los efectos sobre la distribución del estrés sobre el diente son pequeños. Sin embargo, a medida que aumenta el ancho de la cavidad crece exponencialmente el estrés, especialmente localizado en el tercio cervical y más aún en distal. Esto puede ser debido a que es más complicado realizar una correcta cavidad y obturación en distal que en mesial, debido a un peor acceso y visibilidad.<sup>106</sup>

En las obturaciones MOD un istmo  $\geq 2\text{mm}$  o una anchura de la cavidad distal  $\geq 4,5\text{mm}$  aumenta significativamente el riesgo por fallo mecánico.<sup>106</sup>

Para cualquier tipo de cavidad posterior, el factor más significativo respecto al riesgo mecánico fue la profundidad promedio de la cavidad, algo ya señalado por numerosos estudios. Aumentar la profundidad tiene grandes efectos sobre la distribución de esfuerzos y las cargas necesarias para fracturar el diente. Tras una restauración profunda la tensión sobre el diente aumenta unas 5 veces y se concentra sobre todo en los ángulos de la cavidad. Las fuerzas necesarias para fracturar el diente, por lo tanto, son unas 5 veces menores que en un diente sano.<sup>106</sup> Es más, un mayor tamaño cavitario aumenta el tamaño y volumen de la reconstrucción. Ello aumenta la incidencia de problemas inmediatos relacionados con el estrés de contracción y a largo plazo, al ser más relevantes los efectos que el envejecimiento tiene sobre el material, ya que existe una mayor cantidad de estructura reemplazada.<sup>57</sup>

Además, una mayor profundidad de la cavidad crea paredes remanentes más susceptibles a la deflexión cuspeada generada por la liberación del estrés de contracción.<sup>106</sup>

Fischera et al. en el 2008 establecieron las estructuras anatómicas dentales que más, contribuyen a la resistencia del diente. Ordenadas de mayor a menor serían: la dentina interaxial (dentina

existente desde oclusal hasta el techo de la cámara pulpar)>las crestas marginales>el techo de la cámara pulpar>el complejo esmalte-dentina de cada cúspide intacta. <sup>77</sup>

El esmalte no soportado puede ser fracturado debido a la liberación del estrés de contracción. <sup>87</sup>

## Desgaste

El desgaste es a día de hoy un problema que reviste poca relevancia, tras las grandes mejoras de los materiales compuestos en las últimas décadas. Se trata de un motivo de fracaso muy marginal, limitado a pacientes con bruxismo y otros hábitos parafuncionales. <sup>89</sup>

Materiales como los compómeros o composites de macrorrelleno muestran un mayor desgaste y pérdida de la forma anatómica. <sup>94</sup> Idealmente la tasa de desgaste se debería aproximar a la del esmalte, para evitar daños en el material pero también en el diente adyacente. <sup>95</sup>

El desgaste de los composites varía entre 2,72-16 micras/año. Depende en gran medida del tamaño de partícula de relleno y su porcentaje de carga, así como la composición de la matriz orgánica. Un metanálisis de los casos publicados entre 1995-2016, muestra una clara mejora de los composites actuales. Si en el periodo de 1995-2005 la pérdida de forma anatómica y desgaste fueron la causa del 9,40% de los fracasos informados; en el periodo 2006-2016 fueron tan solo del 1,43%. <sup>96</sup>

## Deflexión cuspidea

La deflexión cuspidea, esto es, el acortamiento entre la distancia que separa la punta de dos cúspides tras la polimerización del composite es un problema íntimamente ligado al estrés de contracción. De hecho, en muchas ocasiones se utiliza como medidor indirecto del estrés de polimerización. <sup>19, 32, 37</sup>

Al generarse contracción de polimerización ésta se libera mientras la resina se encuentra en fase líquida. Al cambiar el estado de agregación del composite, y como se encuentra adherido al diente, pierde la capacidad de compensar ésta contracción, generándose un estrés de contracción. Ésta tensión se transmite a la interfase adhesiva y al diente. En los casos en los que la fuerza adhesiva supera al estrés generado, ésta se libera en la estructura del diente, flexándolo. <sup>87, 37</sup>

La deflexión cuspidea puede generar grietas (*cracks*) y fisuras en el diente, que pueden convertirse con la fatiga en fracturas. En casos extremos, donde existe poco remanente dentario y

se combina con una gran reconstrucción directa, puede producirse la fractura inmediata de la cúspide.<sup>88, 19, 37</sup>

La deflexión cuspidea puede ser detectada por el paciente como sensibilidad postoperatoria.<sup>37</sup>

Se ha estudiado mucho *in vitro* la deflexión cuspidea asociada a obturaciones de clase II en composite, arrojando datos de deflexión entre 15 y 50 micras. Se debe tener cuidado a la hora de comparar estos datos entre sí, ya que el tamaño de la reconstrucción y del diente, así como la estructura remanente influyen. Además, en muchas ocasiones se genera menor deflexión de la esperada pero es debido a que se ha producido un fallo de la adhesión.<sup>22</sup>

La cantidad de deflexión depende de la calidad de la interfase adhesiva, la cantidad y calidad de la estructura dental remanente, la temperatura y la humedad.<sup>19</sup>

Los composites *bulk fill* fluidos generan una menor deflexión cuspidea que los composites convencionales. Aunque se cubran con una última capa de composite convencional, la gran mayoría de la reconstrucción se habrá completado con este material, por lo que el estrés de contracción total generado, que es el determinante del grado de flexión, será menor, ya que los *bulk fill* fluidos generan una menor tensión de contracción. Los *bulk fill* de alta viscosidad generan un estrés de contracción similar a los composites convencionales, por lo que el grado de deflexión cuspal que se le asocia es el mismo.<sup>37, 4</sup>

En un estudio, el composite que menor deflexión produjo fue un silorano.<sup>37</sup>

Otro problema relacionado con el estrés de contracción es la aparición de líneas blancas en el diente alrededor del margen de la reconstrucción. Estas son fisuras de esmalte producidas de forma inmediata tras la polimerización tras la liberación de la tensión de contracción en la estructura dental circundante y la flexión cuspidea. Son especialmente visibles durante la realización de los procedimientos reconstructivos debido a que la sequedad del diente acentúa la diferencia de coloración.<sup>87, 19, 17</sup>

## Caries secundaria

La caries secundaria fue definida como “una lesión en el margen de una reconstrucción preexistente” por Mjör y Toffenetti (2000).<sup>9</sup> En la literatura europea es comúnmente denominada como “caries secundaria”, mientras que en la norteamericana se conoce como “caries recurrente”.<sup>97</sup>

Como ya hemos dicho se trata de una de las causas más frecuentes de fracaso de las reconstrucciones. Algunos autores encontraron incluso que ésta era la causa más prevalente.<sup>51, 82, 87, 105, 21, 25, 16</sup> Ello es válido para cualquier material de obturación.<sup>107, 94</sup>

Para que pueda existir una caries secundaria deben existir 3 elementos: presencia de placa, carbohidratos fermentables y desmineralización del tejido duro. La etiología en ambas sería la misma: el biofilm bacteriano ecológicamente modificado hacia un fenotipo más acidogénico y acidúrico; y la patogenia modificada por la presencia de la reconstrucción.<sup>97, 105</sup>

A nivel histopatológico no encontramos diferencias entre la caries primaria y la secundaria. Dentro de estas últimas podemos hablar de dos tipos: las lesiones externas (*outer lesion*) y las caries marginales o caries de la pared de la lesión (*caries wall lesion*). Las primeras son lesiones idénticas a las de una caries primaria, con la salvedad de que existe la reconstrucción en la zona. El segundo tipo muestra una estrecha afectación de la superficie externa del diente, siguiendo el margen de la cavidad. En esmalte muestra una fina afectación, mientras que al llegar a dentina en un corte histológico lateral veríamos cómo aumenta en grosor sustancialmente.<sup>97</sup>

En resina compuesta las lesiones marginales son menos prevalentes que en amalgama. En lesiones externas/de superficie ocurre la situación opuesta. Ello nos indica que probablemente alguna característica del composite lo hace especialmente susceptible.<sup>97</sup>

Podríamos hablar de 3 posibles causas que expliquen el desarrollo de la caries secundaria:<sup>34</sup>

- Puede que se forme debido a microfiltración bacteriana a través de los márgenes, aunque existe un acalorado debate en la literatura sobre si existe una relación de causalidad entre ambos fenómenos. El desajuste marginal puede originarse fruto de una mala adaptación del material en los márgenes, así como debido al efecto del estrés de contracción sobre la interfase adhesiva. También puede haber un deterioro no inmediato de ésta, a través de la degradación hidrolítica y enzimática de la capa híbrida, biodegradación bacteriana de ésta (también es motivo de discusión) y la degeneración del margen por cargas mecánicas. Este último caso es debido a la concentración de las fuerzas de oclusión, funcionales y parafuncionales, sobre el tercio cervical, lo que aumenta la fatiga del material.<sup>9, 34</sup>
- Menor capacidad *buffer*/tampón de las resinas compuestas que el diente. Ello la haría más susceptible a la desmineralización ácida.<sup>34, 105</sup>
- Puede ser que la caries vuelva a formarse en una localización que ya ha demostrado una especial susceptibilidad (ello habría originado la caries primaria por la que se obturó ese diente y también la caries secundaria).<sup>34</sup>

Existe una intensa discusión dentro de la literatura sobre si existen diferencias en cuanto a la susceptibilidad del material. Muchos investigadores encuentran una mayor prevalencia de caries alrededor de obturaciones de resina compuesta. Esto además es una opinión extendida entre muchos profesionales.<sup>97</sup>

Osea, el debate existente sería si se trata de una caries primaria formada *de novo* cerca del margen de una reconstrucción en un sitio que ya ha mostrado susceptibilidad a ésta, o en cambio, se trata de una caries secundaria a la presencia del material.<sup>31,97</sup>

Ha sido contrastada por varios estudios una mayor prevalencia de caries marginal alrededor de las obturaciones de composite. Algunos estudios hablan de un riesgo relativo 1,89 veces mayor que en amalgama. Sin embargo, también se ha observado que en individuos con bajo riesgo de caries estas diferencias entre materiales dejaban de existir. Algunos estudios incluso encuentran mejores resultados.<sup>18,97</sup>

Por tanto, el material se trata de un factor a la hora de determinar el riesgo de caries secundaria, aunque el principal es el riesgo individual de caries.<sup>9,97,34</sup>

Se han descrito otros factores de riesgo, como la edad, debido a su influencia sobre los hábitos de higiene. El tabaco, por su modificación de la actividad y composición de la placa y la disminución del flujo salival. Un estatus socioeconómico bajo también se relaciona con una mayor prevalencia de caries en general.<sup>34,35</sup>

Si los factores del paciente son los más relevantes, el factor operador es el segundo más importante.<sup>97,34,25</sup>

La caries secundaria es secundaria a una mala técnica del profesional o a una higiene deficiente por parte del paciente.<sup>89</sup>

Las revisiones encuentran una prevalencia de caries secundaria en el 0-12,7% de las restauraciones de composite y del 0-4,9% en el caso del amalgama. Un metanálisis reciente analizó 241 estudios (incluidos numerosos retrospectivos) y encontró que las prevalencias comunicadas por los estudios eran muy diferentes, variando del 0 al 44%, con una mediana de 0,83%.<sup>97</sup>

Ello puede ser explicado de numerosas formas: por un lado la mayoría de estudios encuentran que la incidencia aumenta con el periodo de seguimiento. Además, salvo casos aislados, la mayoría de lesiones aparecen tras  $\geq 5$  años de permanencia en boca. Además, una gran parte de los estudios son realizados por casas comerciales o en ambientes universitarios, que acostumbran a tener cortos periodos de seguimiento y a excluir pacientes de mayor riesgo. Además muchos

estudios incluyen obturaciones de distintas clases. Por ejemplo, la incidencia de caries en obturaciones indicadas por la presencia de una lesión cervical no cariosa, donde el riesgo de caries de los pacientes es mucho menor. En cambio, en las obturaciones de clase II encontramos un mayor riesgo.<sup>97, 34</sup>

Otro problema relevante es que muchos estudios no aclaran si la reconstrucción fracasa por una caries secundaria o una caries primaria en otra ubicación del diente.<sup>98, 16</sup>

El margen gingival de estas restauraciones acumula el 80% de los casos de caries secundaria<sup>24, 31, 50, 36, 82</sup> y tiene un riesgo 8 veces mayor que el margen oclusal.<sup>94</sup> Un estudio multicentro ha encontrado un riesgo de caries 3,16 veces mayor en las obturaciones de clase II respecto a las de clase I.<sup>35</sup>

Ésta zona muestra esta elevada susceptibilidad al ser una zona de acumulo de placa, inaccesible a la limpieza mecánica efectuada por el cepillado o el autoclisis.<sup>9, 16</sup> Además esta ubicación es de difícil acceso y visibilidad. Igualmente, es complicado conseguir un correcto aislamiento y control de la humedad, así como lograr una adaptación y polimerización satisfactoria del material.<sup>35</sup>

Aunque existen estudios que indican una mayor incidencia de caries y sobre todo más tempranamente en obturaciones de resinas compuestas, es dudoso que pueda atribuirse este mérito al material. La mayoría de estas caries se dan en sujetos con alta incidencia de caries.<sup>94, 25</sup>

Existe un problema de relevancia capital, y es el diagnóstico de caries secundaria. Actualmente no existe un criterio diagnóstico validado. Este se basa en los métodos y criterios utilizados en caries primaria.<sup>90, 103, 57, 34</sup>

Un hecho curioso y esclarecedor es que mientras la prevalencia de caries primaria está en descenso en todo el mundo, la caries secundaria, cuya etiología es la misma, se mantiene en los mismos niveles en las últimas décadas. Ello refuerza las conclusiones a las que llegan muchos estudios: muchos de los diagnósticos de caries secundaria son erróneos.<sup>57</sup>

Uno de los hallazgos más frecuentemente confundidos con caries secundaria son las tinciones marginales.<sup>97, 94, 20, 34, 57</sup>

Además, la diferente radiopacidad de diente y restauración favorece la aparición del efecto de las bandas de Mach, apareciendo una línea radiolúcida en la frontera entre ambas. Ello puede dar lugar a un diagnóstico erróneo de lesión marginal (*caries wall lesion*).<sup>9, 97</sup>

La detección de una radiolucidez bajo una reconstrucción donde existe un sellado intacto y no muestra sintomatología pulpar contraindica el reemplazo de la reconstrucción. El seguimiento periódico es una estrategia más adecuada.<sup>14</sup>

El principal problema actual es el alto número de falsos positivos. Sin embargo, si endurecemos los criterios diagnósticos aumentamos el número de falsos negativos. Es por tanto una lucha entre sensibilidad y especificidad. Un debate sobre qué es mejor, realizar un sobretratamiento o un infratratamiento.

La inspección visual y la exploración radiográfica son el *gold standard* actualmente. El diagnóstico mediante fluorescencia inducida por láser (DIAGNOdent (KaVo, Biberach an der Riss, Alemania)) muestra una sensibilidad y especificidad similares.<sup>97, 34</sup>

Por su parte, los dispositivos de diagnóstico a través de fluorescencia inducida por luz muestran alta sensibilidad pero baja especificidad. El diagnóstico táctil es muy poco específico. DIAGNOdent (KaVo, Biberach an der Riss, Alemania) o el (QLF™ (Quantitative Light-induced Fluorescence; Inspektor Research Systems, Países Bajos)).<sup>97, 34, 11</sup>

El mejor método diagnóstico es el uso secuencial de métodos sensibles validados. Es decir, haremos una inspección visual y tras ésta una exploración radiográfica. Esto permite reducir los falsos positivos, y con ello los costos biológicos y económicos. Esto es especialmente relevante en la población con bajo riesgo de caries.<sup>34</sup>

Un diagnóstico precoz permitiría unos menores costes biológicos y económicos del tratamiento necesario. Además, otro problema relacionado es que muchos profesionales no diagnostican la actividad de la caries. Al igual que en caries primaria un aspecto blanquecina y reblandecido se trata de lesiones activas, mientras que las que muestran superficies negras y pulidas son caries detenidas.<sup>34, 57</sup>

### Rugosidad superficial y retentividad de placa

El tamaño de partícula del relleno inorgánico parece tener una gran relevancia sobre este parámetro. Ello es debido a que cuando tiene lugar el desprendimiento de una partícula de relleno de la superficie, cuanto mayor tamaño mayor irregularidad deja. Además, ello facilita el pulido de estos. Es por ello que los nanocomposites son mejores en este aspecto.<sup>42, 55, 60</sup>

Se ha constatado un valor umbral de 0,2 micras, a partir del cual el paciente es capaz de detectar la restauración de manera táctil y aparece un aumento sustancial en el acumulo de placa. Ello es debido a que las irregularidades superficiales protegerían a las bacterias de la acción física del

cepillado o la autoclisis. Ello permitiría una maduración de la placa y la formación de una unión fuerte, irreversible mediante métodos disponibles por el paciente. Es por ello que la irregularidad superficial muestra una mayor influencia en los primeros estadios de formación y desarrollo de la biopelícula.<sup>97, 12, 42</sup>

Debemos tener en cuenta que la placa es el factor etiológico de numerosas patologías dento-periodontales y periimplantarias, incluida la caries secundaria.<sup>12</sup>

En este sentido, numerosos estudios encuentran un mayor acumulo de placa sobre la superficie de resinas compuestas, en comparación con el esmalte u otros materiales. Ello ha sido atribuído a la carencia de efectos antimicrobianos del composite, a la mayor rugosidad superficial (que, por ejemplo, cerámicas glaseadas) y a la liberación de monómeros y otros productos de degradación. Estos parecen estimular el crecimiento de ciertas bacterias acetogénicas.<sup>97, 12</sup>

Sin embargo, este aspecto no está carente de debate, ya que algunos investigadores han señalado que las diferencias en el acumulo de placa son debidas al método de estudio en laboratorio. Muchos estudios no incluyen la formación de película adquirida, que en boca será el nexo de unión entre bacterias y superficie dental o de cualquier material. Ésta película, por tanto, tendría la capacidad de igualar las propiedades superficiales y adherencia a la placa de los materiales.<sup>97</sup>

### Degradación del composite y caries secundaria

Los composites, como cualquier material, sufren un envejecimiento. Este se ve acelerado debido a la hostilidad del medio bucal: cambios de pH, temperatura, ambiente húmedo, presencia de microorganismos, enzimas,...<sup>15</sup>

En la saliva humana encontramos 5 familias de enzimas diferentes. Las más estudiadas en la literatura son las esterasas, debido a su capacidad de romper los enlaces que unen los distintos monómeros.<sup>104, 15, 16</sup>

La interfase adhesiva y margen de la reconstrucción es especialmente susceptible a la degradación. La degradación de la capa híbrida, bien sea de la porción colagénica a través de MMP, o de la fracción polimérica mediante hidrólisis y degradación enzimática; se ve acelerada por los procesos de nano y microfiltración. Penetración insuficiente del monómero, así como separación de fases en adhesivos simplificados, serían los principales culpables. Se establecen así canales de agua por los que circulan agua, saliva, enzimas y bacterias. Es por ello que este área de la restauración sufre una destrucción prematura.<sup>104</sup>

Durante la degradación del material se lixivian componentes diversos, como monómeros no reaccionados o escindidos del polímero tras la hidrolización enzimática de los enlaces químicos que lo unen a esta cadena. Además, se liberan otros constituyentes, como partículas de relleno o fotoiniciadores. Además, en estos procesos se originan productos de degradación, como el ácido metacrílico (MA), trietilenglicol (TEG) y bis-hidroxipropoxi-fenilpropano (Bis-HPPP). Estos son productos de degradación comunes a todos los monómeros, aunque según el monómero concreto las proporciones de cada uno variarán.<sup>82, 104, 16</sup>

En la literatura se ha debatido mucho acerca del papel que esta liberación puede tener sobre el mayor acúmulo bacteriano y la aparente mayor predisposición del composite a padecer caries secundarias. Numerosos estudios han encontrado que los monómeros lixiviados parecen mostrar un influjo sobre el crecimiento bacteriano. Un gran número de autores han constatado cómo ello aumenta el crecimiento, virulencia y producción de ácidos (acidogénesis) de la biopelícula. Es más, se ha descrito cómo las bacterias aumentan su producción de esterasas bacterianas, produciendo una mayor destrucción de la matriz orgánica y modificando la superficie, haciéndola más rugosa, lo que agrava la acumulación de biopelícula.<sup>97, 104, 15, 16</sup>

No obstante, otros muchos autores han encontrado que monómeros como el HEMA o el TEGDMA, cuyo bajo peso molecular facilita su entrada a células eucariotas y procariotas, disminuyen la viabilidad de *Streptococcus* orales.<sup>97</sup>

Estas inconsistencias presentes en la literatura pueden ser debidas a la variedad de métodos utilizados en laboratorio para investigar esto. Por un lado, el cultivo monoespecie, aunque buen punto de partida, no representa las intrincadas relaciones que se establecen entre bacterias organizadas en biopelícula. Además, se ha visto que en boca la concentración de componentes lixiviados es muy inferior, en parte debido al aclaramiento constante fruto del flujo salival. Aunque el biofilm podría actuar como una barrera de difusión, acumulando monómeros y potenciando su efecto.<sup>97</sup>

## Defectos marginales

Los defectos marginales son hallazgos comunes asociados a las reconstrucciones de composite. Antes de los años 2000 el 1-10% de las obturaciones fracasaban por motivos relacionados con esta integridad marginal.<sup>89</sup> De hecho, un metaanálisis sobre estudios prospectivos publicados entre 1996 a 2015 revela que ésta fue la tercera causa de fracaso de las restauraciones durante los

primeros 5 años de seguimiento, por detrás de la fractura y la caries secundaria.<sup>90</sup> Sin embargo, su prevalencia es posible que se esté infravalorando, pues numerosos estudios indican que muchas de las razones de fracaso atribuidas a caries secundarias, eran en realidad tinciones marginales.<sup>57</sup>

Quizás el defecto más relevante a la hora de generar fracasos sea el *gap* o abertura marginal. Estos defectos se han asociado a la microfiltración, la penetración de fluidos y de bacterias y sus subproductos ácidos a través del margen de la reconstrucción. Esto se ha asociado a numerosas problemáticas, como la sensibilidad, la tinción marginal, la caries secundaria o la pérdida de retención de la reconstrucción.<sup>73</sup>

Entre los principales causantes se encuentran una mala adhesión,<sup>97</sup> el estrés de contracción de polimerización, una mala adaptación marginal del material (muy relacionada con un difícil acceso y la viscosidad y otras propiedades que influyen en la manipulabilidad del material)<sup>2, 73, 27</sup> o una incorrecta polimerización.<sup>86, 9</sup> A largo plazo, la degradación de la interfase adhesiva puede generar un defecto marginal en una localización donde no existía previamente.<sup>105</sup>

Lograr un sellado marginal perfecto es imposible.<sup>24</sup>

### *Gap* marginal y caries secundaria

Este se trata de un tema muy debatido en la literatura, en el que existen opiniones encontradas. Si bien clásicamente se ha establecido un vínculo inequívoco entre la presencia de aberturas marginales y la caries secundaria, con numerosos estudios respaldando esta hipótesis<sup>7, 2, 97, 22, 30, 105</sup>, existen otros múltiples estudios que se oponen a ésta afirmación y no encuentran una relación causal.<sup>27, 94, 89, 58</sup> En medio, otros tantos autores que afirman no existir suficientes pruebas como para refutar o validar esta aseveración.<sup>87, 97, 30, 5, 55</sup>

Un análisis sistemático reciente (2019) no pudo encontrar una relación entre microfiltración y caries secundaria/hipersensibilidad/decoloración marginal.<sup>27</sup>

La presencia de *gap*, *per se* no es la causa de la caries marginal.<sup>94</sup>

Un estudio retrospectivo reciente encontró una asociación entre la caries secundaria y los defectos de sellado marginal y/o un paciente con alto riesgo de caries. En este último caso estaríamos hablando de fracaso biológico y no del material. También tuvo una asociación menos intensa con las desadaptaciones marginales, como márgenes sobrecontorneados, o una técnica operatoria incorrecta.<sup>7</sup>

La caries secundaria superficial (*outer lesion*) no está relacionada con la calidad del sellado marginal, si bien numerosos autores encuentran una relación positiva entre ésta y la caries interfacial (*cavity wall lesion*). Hay que tener en cuenta que ambos tipos pueden aparecer de forma concomitante.<sup>97</sup>

Algunos estudios han demostrado que pueden formarse caries interfaciales independientemente de la presencia de lesiones cariosas superficiales adyacentes al margen de la restauración, aunque es poco probable que esto se produzca. En cualquier caso, la causa de desmineralización del diente se ha atribuido a la penetración bacteriana o de sus subproductos ácidos dentro de este espacio, denominado microfiltración. Ésta hipótesis es altamente incierta, ya que es poco probable que se produzca filtración por espacios tan pequeños.<sup>9</sup>

El sellado marginal debería evitar la formación de caries interfaciales, pero no de caries en la superficie cerca del margen, las llamadas lesiones externas (Kidd, 1990).<sup>9</sup>

Aunque la teoría tradicional de las microfiltraciones ha sido descartada por muchos investigadores y cariólogos, sí que existen indicios que indican que defectos interfaciales y *gap* marginal tienen un papel. Un espacio interfacial  $\geq 60\mu\text{m}$  predispone a la desmineralización interfacial y por tanto puede provocar caries.<sup>97</sup>

La baja prevalencia de caries indica que la presencia de *gap* no implica la presencia de caries, lo que es respaldado por la baja prevalencia de caries en obturaciones antiguas adheridas sin ningún grabado previo.<sup>94</sup>

La microfiltración, antes indicado como un fenómeno negativo que influenciaba la longevidad de la reconstrucción, ante los nuevos avances en cariología, se ha mostrado como no relevante en el desarrollo de caries secundaria.<sup>89</sup>

#### Tamaño del gap

Ha habido un intenso debate también por intentar dilucidar si existe un tamaño umbral a partir del cual pudiese generarse una caries secundaria. La mayoría de estudios *in vitro* señalan la existencia de un umbral cuyo valor se encuentra entre 60-1000 $\mu\text{m}$ , según el estudio consultado.<sup>97, 9, 34</sup> Estos valores, serían superiores a la desadaptación marginal que podría ser generada por la contracción de la resina compuesta.<sup>9</sup>

Se ha demostrado la penetración de bacterias en *gaps* marginales de 20-25 $\mu\text{m}$ . Además, se ha comprobado que a mayor desajuste marginal mayor número de bacterias presentes. La filtración asociada a grandes brechas ha sido denominada por algunos autores como macrofiltración.<sup>9, 23</sup>

Los estudios de laboratorio han encontrado además que existe una asociación directamente proporcional entre el tamaño de la caries y la carga mecánica a la que está sometido ese diente. Ello se debe, probablemente, a la flexión del composite, con menor módulo elástico que la estructura del diente, durante la función. Ello genera un flujo de fluido y de placa disbiótica a través de la apertura marginal.<sup>9,34</sup> Un estudio, además, encontró que cuando no existía una carga sobre esa restauración no se formaba caries interfacial, independientemente del tamaño del *gap* marginal.<sup>9</sup>

Los estudios *in vivo* no encuentran necesariamente la existencia de un umbral y de su hipotético valor, así como no hallan una relación entre la intensidad de la carga mecánica y el tamaño de la lesión.<sup>9,34</sup> Ello puede ser debido probablemente a limitaciones metodológicas de los estudios.<sup>34</sup>

### Tinción marginal

La tinción marginal es un hallazgo relativamente muy prevalente en la práctica clínica diaria. Se ha encontrado que la incidencia de este fenómeno aumenta linealmente durante los 5 primeros años de vida útil, con un incremento anual del 6-10% de las reconstrucciones afectadas. Después de los 5 años solo aumenta ligeramente.<sup>94</sup>

La tinción marginal depende de la fuerza de adhesión, de la técnica operatoria y de las características físicas del material restaurador. La tinción superficial, en cambio, depende más de la capacidad del material para retener pigmentos.<sup>58</sup>

La decoloración marginal suele relacionarse con irregularidades en margen como *gaps*, fracturas, etc.<sup>94</sup>

Clínicamente la decoloración marginal demuestra cambios químicos en las resinas por la actividad de la biopelícula acidogénica.<sup>16</sup>

La microfiltración no se asocia a caries, pero sí a la penetración de tintes.<sup>58</sup>

La decoloración marginal puede estar influenciada por el sistema adhesivo. Factores individuales (consumo de té, café, vino) así como la cantidad excesiva de material (*flash*), la mala adaptación marginal y los *gaps* pueden contribuir a una mayor decoloración marginal.<sup>20</sup> Los factores propios del paciente, como higiene o dieta juegan un papel fundamental en ambos tipos de tinciones.<sup>94</sup>

Se debe ser muy cauteloso a la hora de evaluar degradación o tinción marginal, ya que muchas veces son confundidas con caries secundaria. Una de las principales razones subyacentes es el poco tiempo que se le dedica en las universidades a realizar un correcto diagnóstico de ésta patología.<sup>57</sup>

Mediante el examen táctil y visual muy difícilmente la distinguiremos de otras condiciones como la decoloración marginal o el llamado “tatuaje de amalgama” (dentina decolorada que brilla a través del esmalte, a menudo es resultado de la absorción de productos de corrosión de un metal restaurador previo y por tanto no es necesariamente signo de caries).<sup>97</sup>

La tinción marginal de color marrón y negro son más sencillas de distinguir cuando el material es del color del diente. Muchas veces se malinterpreta como estadio inicial de caries.<sup>97</sup>

Todavía no está claro qué significado exacto tiene la tinción marginal, es decir, si requiere o no la presencia de fractura o de cuanto desajuste debe estar presente para que tenga lugar.<sup>94</sup>

La incidencia de tinciones marginales es 6-7 veces mayor que la de caries secundaria.<sup>94</sup> La baja prevalencia de caries secundaria respecto a la incidencia de tinciones marginales hace que su presencia no sea indicativo de caries secundaria ni indicativo de un margen defectuoso.<sup>94,20</sup> Sin embargo, debe prevenirse siempre la tinción. La mejor forma es la utilización de sistemas adhesivos de grabado y lavado o el grabado selectivo previo a la aplicación de un adhesivo autograbante.<sup>94</sup>

Las obturaciones de resina compuesta de clase II de mayor tamaño se asocian a una mayor incidencia de tinción marginal.<sup>94</sup>

### Biselado de esmalte y defectos marginales

El esmalte no soportado pudo haber favorecido la fractura de esmalte a nivel marginal, debido al estrés de contracción, especialmente tras someter la restauración la carga oclusal. La realización de un bisel en el esmalte permitiría la eliminación de este esmalte.<sup>120, 87</sup>

Un metanálisis sobre obturaciones de composite de clase II no muestra una influencia del biselado del esmalte sobre la tinción marginal.<sup>94</sup>

### Adhesivos e integridad marginal

La mayoría de incidencias relacionadas con el estrés de contracción siguen localizándose a nivel marginal, algo que sigue ocurriendo pese a las mejoras en los adhesivos.<sup>87</sup>

Los factores relacionados con el paciente, operador, técnica operatoria...juegan un papel en la determinación de la calidad marginal. Sin embargo, el factor más relevante es el tipo de tratamiento adhesivo que apliquemos al esmalte.<sup>94, 100</sup> Se ha demostrado que el grabado selectivo de esmalte se asocia a una menor incidencia de decoloración marginal.<sup>94, 22, 24</sup> Es más, un meta análisis ha encontrado que la tinción marginal asociada al uso de adhesivos de autograbante era

tan prevalente como en el caso de obturaciones adheridas mediante sistemas de grabado y lavado sin un grabado previo. A pesar de ello, la incidencia de caries secundaria era igual en ambos sistemas.<sup>94</sup>

Se ha descrito también una variación en los niveles de fuerza adhesiva que proporciona el esmalte, según la dirección en la que se han cortado los prismas. La orientación de estos varía según el área topográfica de la corona en la que nos hallemos. Cuando se cortan paralelos a su eje largo obtenemos un mejor rendimiento adhesivo que cuando lo hacemos en perpendicular a este.<sup>94</sup>

El tipo de adhesivo es una de los factores más importantes que determinan la calidad del sellado marginal. No importa la familia del adhesivo, lo importante es la calidad de la capa híbrida que generan. Adhesivos que generan una buena unión al esmalte y dentina permiten un correcto y duradero sellado.<sup>100</sup>

La mayoría de los estudios *in vitro* han demostrado que el composite no proporciona un sellado perfecto en esmalte o dentina, independientemente de su método de colocación o de adhesión. Esto ocurre en la nano-, micro- y la macroescala. El hecho es que ocurre y no se sabe a ciencia cierta sus implicaciones clínicas.<sup>87</sup>

Los adhesivos tienen baja viscosidad, con la finalidad de mejorar la adaptación y sellar el margen. Sin embargo, su degradación conduce a la formación de brechas marginales (*marginal gaps*). Ello permite que bacterias puedan ingresar por estas y provocar caries secundaria, daño pulpar y fracaso de la restauración.<sup>105</sup> Sin embargo, como ya hemos señalado, la relación entre *gap*, microfiltración y caries secundarias es aún motivo de discusión en la literatura.

La adhesión es más intensa y estable en esmalte.<sup>105, 27</sup> Es por ello que los márgenes gingivales, presentes en clases II y V, donde existe poco o nulo espesor de esmalte periférico, concentran el 80-90% de las caries secundarias.<sup>105</sup>

Aunque se puede lograr una adhesión razonable cuando solo se adhiere a dentina, la longevidad de la adhesión a largo plazo es cuestionable, debido a la degradación hidrolítica de la capa híbrida.<sup>27</sup> Como hemos mencionado anteriormente, algunos estudios encuentran un tamaño umbral a partir del cual potencialmente pueden conducir a la aparición de una caries secundaria. Se debe estudiar si la degradación hidrolítica de la capa híbrida puede generar desajustes tan grandes.<sup>97</sup>

Los estudios no encuentran diferencias en la incidencia de caries secundaria a nivel del margen gingival entre obturaciones profundas de clase II supragingivales e infragingivales.<sup>34</sup> Otros

autores señalan que si bien es cierto que existen numerosos estudios que atestiguan esto, otros tantos apuntan en otra dirección.<sup>81</sup>

Los composites con alto estrés de contracción, ya sea debido a la composición o a una restricción externa, presentan peor adhesión.<sup>87</sup> La contracción de polimerización puede generar una pérdida de la adhesión, especialmente en la pared gingival de las clases II, debido a la ausencia o a la presencia de una mínima cantidad de esmalte.<sup>99</sup>

Algún adhesivo incluye carga inorgánica para mejorar las propiedades mecánicas y reducir la contracción de polimerización.<sup>82</sup>

Se ha sugerido que los adhesivos que generan una interfase adhesiva más gruesa podrían actuar como una capa absorbente de estrés. Los adhesivos tipo ‘todo en uno’ (*All in one*), de baja viscosidad, forman una interfase fina, por lo que no pueden aportar este supuesto beneficio.<sup>100</sup>

Ello también puede ser atribuible a que los adhesivos de 7ª y 8ª generación dan lugar a capas híbridas muy delgadas, con una menor polimerización, una alta permeabilidad a fluidos y una mayor susceptibilidad a hidrolizarse. Además, para poder mezclar monómeros hidrofílicos e hidrofóbicos en un solo bote deben añadirse altas concentraciones de HEMA, muy hidrofílico, el cual aumenta la adsorción de agua y la hidrólisis del adhesivo.<sup>16</sup>

La adhesión perfecta no va a lograrse en el 100% de los casos, debido a la existencia de estrés de contracción, contaminación o el uso de una técnica adhesiva incorrecta.<sup>87</sup>

### Adaptación marginal del material

La adaptación marginal se ve influenciada por el factor C y la distensibilidad de la cavidad.<sup>27</sup>

La mejor adaptación se ha encontrado con la técnica incremental oblicua (en pico de flauta) en capas de 2mm y en composites *bulk fill* en incrementos de 4mm.<sup>7</sup>

El *bulk fill* no asegura una mejor adaptación marginal. Es mejor predictor de ésta adaptación la presencia o ausencia de esmalte.<sup>27</sup>

La técnica incremental puede provocar atrapamientos de aire, contaminación entre capas, tiempo consumido para realizar la reconstrucción así como dificulta la preparación conservadora de la cavidad, ya que necesitamos un acceso suficiente para poder manipular correctamente el material.<sup>24</sup>

El hecho de que la caries secundaria sea más prevalente en la práctica privada que en los estudios realizados en universidades indica que la técnica de inserción influye.<sup>94</sup>

Los *bulk fill* no mejoran la integridad marginal, tal y como concluye un metaanálisis del 2020.<sup>24</sup>

La viscosidad del material juega un papel fundamental en la determinación de la calidad de los márgenes y en la aparición de poros y burbujas. Para evitar esta problemática se ha sugerido el uso de la técnica incremental y/o la aplicación de materiales de revestimiento (*liners*). Algunos autores como Fusayama, han propuesto el uso de composites autopolimerizables en el margen gingival.<sup>99</sup>

Otro estudio, sin embargo no encuentra relación entre la calidad marginal y el tipo de composite utilizado, pero si con la profundidad de la cavidad.<sup>44</sup>

## Decoloración

Podemos hablar de dos tipos de decoloraciones de las resinas compuestas. Existe la decoloración marginal y la superficial, con orígenes diferentes.<sup>59</sup>

La decoloración marginal nace fruto de problemas relacionados con una baja fuerza de adhesión, una mala técnica operatoria y de las características físicas del material restaurador. La tinción superficial en cambio, depende más bien de la capacidad del material para retener pigmentos.<sup>46,</sup>

<sup>59</sup>

Además de esta causa exógena, también puede tener un origen intrínseco, dependiente de la formulación de la resina compuesta.<sup>102</sup> Destacaremos la decoloración asociada a la degradación del fotoiniciador más usado, la canforoquinona, la cual dota a la obturación de una coloración amarillenta.<sup>88, 64</sup> También podríamos mencionar la decoloración que sufren los composites antimicrobianos con rellenos de plata.<sup>25</sup>

Si bien el fracaso por motivos estéticos en sector posterior no es una causa relevante de fracaso en reconstrucciones posteriores de composite, debemos evitarla. Especialmente peligrosas son las que ocurren a nivel marginal, ya que son motivo de muchos fracasos, al diagnosticarse erróneamente como caries recurrente.<sup>94,20</sup>

Las resinas metacriláticas pueden absorber agua. En ella pueden encontrarse disueltos pigmentos que quedarán atrapados dentro de la estructura interna de la reconstrucción. Las resinas con monómeros más hidrofóbicos, como el UDMA o Bis-HEMA, son menos susceptibles a este tipo de decoloraciones. Sin embargo, pueden ser teñidas por colorantes presentes en soluciones hidrofóbicas, como la mayonesa o el ketchup.<sup>59</sup>

El alcohol acelera la degradación superficial del composite, plastificando la superficie y favoreciendo su desgaste. Además, aumenta la penetración de pigmentos, de una manera

concentración-dependiente. Es por ello que bebidas alcohólicas con mayor gradación de alcohol, como el whisky, muestran una acelerada tinción de la resina compuesta. En cambio, en el caso del vino tinto esto ocurre en el más largo plazo.<sup>61, 65</sup>

Esto no es todo lo positivo que podríamos pensar. Las tinciones por whisky son más superficiales, mientras que las tinciones por vino tinto o café tardan más tiempo en hacerse patentes, pero cuando aparecen, son resultado de una gran acumulación de pigmentos a grandes profundidades. Una sesión de profilaxis con pulido profesional tan solo podrá eliminar discoloraciones presentes en las 20 micras más superficiales.<sup>61</sup>

Una revisión sistemática ha concluido que los colutorios, independientemente de su contenido en alcohol, no producen tinciones en las resinas compuestas.<sup>102</sup>

La carga de relleno del composite tiene un papel fundamental en la determinación de las propiedades mecánicas y la estabilidad del color de las resinas.<sup>60</sup> Los composites de nanorelleno mejoran la estabilidad de color y las propiedades ópticas.<sup>57</sup> Otro factor fundamental es la correcta fotopolimerización. Bajos grados de conversión predisponen a la decoloración temprana del composite.<sup>73, 75, 76, 82, 15</sup>

## Punto de contacto

La reproducción de un buen punto de contacto en las obturaciones de clase II reviste de una gran importancia. Un punto de contacto poco firme permitirá la movilidad dental (mesialización y/o rotación de los dientes), provocará la impactación alimentaria y el cese de la autoclisis en la zona. Esto conducirá a un acumulo de placa y las enfermedades dento-periodontales que la acompañan, como puede ser la caries primaria o secundaria.<sup>49, 17, 83</sup>

Anteriormente, el lograr un correcto punto de contacto resultaba una ardua tarea. Actualmente, gracias al desarrollo de las matrices seccionales, esto se ha visto enormemente facilitado.<sup>89</sup>

En este sentido, las matrices universales con porta-matriz tipo Tofflemire impiden la reproducción de un punto contacto y un perfil de emergencia correcto. Esto se ha visto agravado en el caso de las resinas compuestas, al no disponer una consistencia tal que permitieran adaptar la matriz para lograr un mejor punto de contacto.<sup>49, 17</sup>

Las automatrices o matrices circunferenciales no permiten obtener un correcto perfil de emergencia, al tiempo que generan un punto de contacto más coronal que el anatómico. Sin embargo, algunos estudios publicados constatan un mejor sellado marginal y un menor

sobrecontorneo/rebabas a nivel apical que las matrices seccionales.<sup>49, 41, 83</sup> Ello podría resultar útil en casos de elevación del margen gingival, donde el posterior pulimento se ve dificultado.

Las matrices seccionales reproducen un punto de contacto anatómico, que, en el caso de los dientes posteriores, se sitúa a nivel del tercio medio o en la unión de este con el tercio coronal.<sup>40,</sup>

<sup>43</sup> Son extremadamente finas (0,038mm), por lo que es importante lograr una correcta separación entre los dientes para evitar que se doble al introducirla. Ello generaría concavidades que serían el nicho perfecto para la acumulación de placa. Es por ello que es necesario la colocación de una cuña lo más ancha posible que permita la separación de los dientes. Debemos ser cautelosos y asegurarnos que ésta quede apical al margen gingival de la cavidad, o de nuevo generamos una concavidad.<sup>43, 53, 83, 17</sup>

El pre-acuñamiento podría evitar estas problemáticas, al lograr separar los dientes durante la preparación de la cavidad, y evitar posibles problemas a la hora de introducir la matriz.<sup>53, 49, 83</sup>

La papila interdental puede ser una fuente de problemas en las caries profundas. De nuevo, un pre-acuñamiento resolverá este problema en la mayor parte de los casos.<sup>53</sup>

El uso de anillos permite tensar la matriz logrando un perfecto sellado, a la vez que logra separar los dientes. En caso de que disponga de topes de goma deben situarse tocando ambos dientes, de forma coronal a la cuña o interponiendo ésta entre los topes de goma y el diente a restaurar. Esto nos permite generar el mejor punto de contacto y reducir el sobrecontorneado.<sup>40, 17</sup>

En casos de dientes con gran destrucción coronaria disponemos de múltiples opciones, como son la reconstrucción parcial previa del diente con matriz seccional, achicando el tamaño de la cavidad hasta que permita una correcta estabilidad de la matriz seccional.<sup>83</sup> También se han propuesto el uso de bandas de cobre, bandas de ortodoncia, conchas acrílicas individualizadas,...  
<sup>49, 50</sup>

Como hemos mencionado con anterioridad, las matrices seccionales generan un mayor sobrecontorneado apical, especialmente las transparentes, de mayor flexibilidad.<sup>41, 49</sup> Es importante resaltar el hecho de que ningún método es capaz de lograr eliminar completamente esto, por lo que de nuevo remarca la necesidad de un pulido final.<sup>40, 43, 83</sup>

Se han diseñado instrumentos específicos para lograr la generación de un correcto punto de contacto con matrices universales, como LM Contact Former (CM Dental, Parainen, Finlandia) o el ContactPro (CEJ Dental, San Juan Capistrano, CA, EEUU). Esto además nos facilita el uso de la técnica incremental centrípeta. Ésta reduce el factor C, la contracción de polimerización y la formación de *gaps* marginales. Además, numerosos autores han reseñado la necesidad de usar

esta técnica con los composites *bulk fill* de baja viscosidad, para evitar el desgaste proximal de estos.<sup>43, 50, 72, 44</sup>

En cuanto a la cuestión de si conviene realizar las técnicas adhesivas antes o después de colocar la matriz, la mayor parte de los autores se decantan por la colocación previa de la matriz. Ambos métodos presentan sus ventajas e inconvenientes, sin existir suficiente evidencia que permita decantarnos por uno de los métodos.<sup>50</sup>

Es importante cerciorarnos de que el punto de contacto presenta unas características adecuadas y es suficientemente cerrado. Para ello una comprobación dicotómica (punto de contacto correcto: si/no) con seda es suficiente. Se han diseñado métodos que utilizan láminas metálicas o más sofisticados mediante imágenes 3D u otra aparatología, pero su precisión excede la utilidad clínica.<sup>58, 95, 17</sup>

### Sensibilidad postoperatoria

Se define la sensibilidad postoperatoria como el dolor en un diente asociado con la masticación o estímulos térmicos u alimentos dulces, que se produce una semana o meses después de la confección de una obturación de composite.<sup>28</sup>

Debemos diferenciar ésta del dolor durante el apretamiento provocado por una reconstrucción en hiperoclusión, una entidad más frecuente que la sensibilidad postoperatoria.<sup>28</sup>

Actualmente se trata de una causa muy menor de fracasos de las obturaciones posteriores. La mayor prevalencia de ésta en el pasado puede indicar que la mejora en las técnicas de obturación y en la adhesión, ha sido la responsable de esto.<sup>87, 89</sup>

Se ha constatado que la mayor parte de los casos desaparece con el tiempo.<sup>89</sup>

Una revisión ha comparado las prevalencias de esta causa de fracaso de los estudios publicados en el periodo 1996-2005 con los del periodo 2006-2016. Ésta se ha reducido de un 11,60% a 0,96%. Esto probablemente se deba a la mejora que han experimentado los adhesivos en términos de sellado y estabilidad de la capa híbrida.<sup>96</sup>

Un estudio, sin embargo, alerta de que esta puede estar siendo infravalorada, al utilizar muchos estudios una clasificación dicotómica. Así pues, puede que la prevalencia de la sensibilidad que no alcanza un umbral suficiente como para resultar inaceptable no se vea reflejada en los estudios clínicos. Sin embargo, se trata de un único estudio y pueden existir problemas asociados a una mala técnica de un profesional en concreto.<sup>7</sup>

El dolor es un síntoma subjetivo, altamente variable entre pacientes. La experiencia del dolor varía según las vivencias pasadas, el estado emocional actual,... Ello hace que varíe enormemente entre los pacientes.<sup>89</sup>

Los desensibilizantes que contienen glutaraldehído en su formulación han mostrado alta eficacia en el tratamiento de la hipersensibilidad en dentina expuesta. Por ello algunos fabricantes y líderes de opinión han recomendado utilizarlas bajo restauraciones directas o indirectas. Sin embargo, la literatura de calidad no respalda su uso.<sup>13</sup>

Se han propuesto diversas causas para explicar el origen de la sensibilidad dentaria:

- El estrés de contracción tendría la capacidad para producir despegamientos marginales, y con ello microfiltración. Esto produciría movimiento de fluidos y llegada de bacterias a pulpa.<sup>54</sup> Los estudios clínicos han fallado a la hora de intentar correlacionar ambos fenómenos.<sup>27</sup> No obstante otros muchos estudios si la encuentran.<sup>22, 73, 5, 71, 87, 88, 20, 19, 24,</sup>
- Una mala adaptación del material al suelo cavitario o un despegamiento marginal por la acción del estrés de contracción sobre la interfase adhesiva. Esto genera un espacio que se rellena de fluido dentinario. Este modifica su volumen con los cambios térmicos que genera un movimiento de fluidos que desencadena la sensibilidad.<sup>27, 20</sup> Otros autores han atribuido esto no a contracciones/dilataciones del fluido, sino de la propia reconstrucción.<sup>87, 96</sup>
- Polimerización inadecuada. Los composites muestran un módulo elástico inferior al del diente, por lo que la restauración presenta una ligera mayor flexión durante la función. Sin embargo, no existe una diferencia lo suficientemente acusada como para desencadenar hipersensibilidad. Sin embargo, un bajo grado de conversión acrecienta esta diferencia. Esta diferencia de flexión respecto a la carga oclusal genera un movimiento de fluido dentinario que produce dolor durante la masticación.<sup>44</sup> Algunos autores lo han conocido como ‘fondo empapado’ (*soggy bottom*).<sup>27</sup>

Se ha propuesto utilizar una base cavitaria de cemento de vidrio ionómero para evitar esto.<sup>87</sup> No obstante, la mayoría de estudios han observado una mayor incidencia de sensibilidad y fracturas de la reconstrucción asociado a su uso,<sup>7, 20</sup> incluido un reciente metanálisis.<sup>54</sup> Una correcta adhesión surtiría el mismo efecto.<sup>87</sup>

Es necesario diferenciar la sensibilidad postoperatoria de otras patologías, como puede ser la pulpitis o el síndrome del diente fisurado, el cual puede ser fruto de fisuras generadas por el estrés de contracción y la deflexión cuspeada.<sup>88, 19, 37</sup>

## Atrapamiento de aire

La inclusión de burbujas y atrapamientos de aire es un problema común en las obturaciones directas de composite.<sup>69</sup> Estas pueden tener diversos orígenes. Estas pueden ser incluidas en el material por un defecto durante la fabricación o envasado del producto. También pueden ser fruto de una mala técnica operatoria, como una mala adaptación en los ángulos cavitarios.<sup>67</sup> Monómeros de alta viscosidad, o composites que por su formulación dificultan su manejo y adaptación elevan la prevalencia de estos hallazgos.<sup>67, 16</sup>

La técnica incremental eleva el riesgo de generar atrapamientos de aire o contaminación entre capas.<sup>7, 19</sup>

Estas inclusiones de aire pueden actuar como foco iniciador o propagador de fisuras y fracturas. Además merman las propiedades mecánicas del material y favorecen su degradación. Cuando estas burbujas aparecen en el fondo cavitario pueden generar sensibilidad postoperatoria, mientras que si se presentan en superficie favorecen el acumulo de placa.<sup>67, 39</sup>

## Factores de riesgo

### Influencia del operador

Existen inconsistencias en la literatura respecto al papel del operador en el fracaso de las obturaciones. Una gran mayoría de los estudios consultados durante la realización de esta revisión de la literatura encuentran una relación positiva. Esto es, las tasas de supervivencia de las reconstrucciones varían según el operador y factores que se relacionan con este.<sup>36, 47, 98, 90, 88, 89, 30, 57, 108</sup> A pesar de ello, existen autores que no encuentran suficientes pruebas que permitan establecer esta relación.<sup>96, 94, 89</sup>

La explicación más plausible radica en el hecho de que una amplia mayoría de la literatura se corresponde con ensayos clínicos. En estos, los operadores son entrenados y calibrados para la tarea a realizar, de forma que su calidad sea muy homogénea. Además, estos profesionales muestran un alto grado de motivación.<sup>96</sup>

En un estudio prospectivo realizado en varios gabinetes generalistas en Países Bajos, muestra diferentes tasas de fracaso entre los distintos operadores, a pesar del alto grado de motivación de

estos.<sup>98</sup> Ello es otra prueba más, de que los estudios realizados a nivel universitario no reflejan el quehacer diario de una clínica odontológica corriente.<sup>98,96</sup>

Las habilidades técnicas del operador son un factor muy importante, debido a la alta sensibilidad a la técnica de las resinas compuestas.<sup>108,57</sup> A pesar de su relevancia, ha sido relativamente poco estudiado en la literatura.<sup>57</sup> Además es difícil de evaluar, ya que influyen numerosos factores, como el contexto cultural, el nivel socioeconómico y cultural del paciente, así como los tratamientos que este está dispuesto a valorar. En no pocas ocasiones los deseos del paciente limitan los planes de tratamiento y descartan otras posibilidades más favorables para su situación.<sup>57,108</sup>

Además, los aspectos más analizados se refieren a la formación y las habilidades manuales.<sup>57</sup> Sin embargo, la experiencia y sobre todo la capacidad para tomar buenas decisiones terapéuticas pueden ser factores aún más determinantes.<sup>57,98</sup>

Se ha visto que un gran número de reconstrucciones reemplazadas alegando una recidiva de la lesión cariosa son en realidad tinciones marginales u defectos menores y subsanables por métodos más conservadores. En este sentido, un mejor diagnóstico permitiría conservar un mayor número de obturaciones que no deberían ser reemplazadas, lo que prolongará la vida media y supervivencia de las obturaciones.<sup>57,89</sup>

La experiencia es un factor muy relevante, especialmente en los profesionales recién egresados. Una visión idealizada y poco realista de las reconstrucciones los lleva a reponer más reconstrucciones, creyendo que estas deben lucir 'como el primer día'.<sup>57</sup> Además, su corta experiencia limita los diferentes tratamientos que puede ofertar al paciente, conduciendo a opciones terapéuticas que no serían la ideal en ese caso concreto.<sup>89,108</sup>

El ambiente laboral es un factor relevante. La diferencia en las retribuciones al profesional varían su grado de motivación. Además, la cadencia de las citas tiene un papel, ya que las citas más rápidas conducen a peores resultados.<sup>89,54,36</sup>

Se observan grandes diferencias entre las tasas de éxito comunicadas en los estudios realizados en un ambiente universitario y los encontrados a nivel de una clínica generalista. No solo influye el diagnóstico erróneo de recidiva de caries, además, la peor calidad de las obturaciones por un menor mimo en su realización, así como la mayor velocidad y menor tiempo dedicado influyen. Los deseos económicos también podrían estar generando mayores tasas de reemplazo de defectos subsanables por vías más conservadoras y económicas.<sup>94,97</sup> La falta de consenso a la hora de tomar decisiones clínicas, así como la desconfianza entre los distintos profesionales por

las habilidades de sus colegas en una técnica tan sensible, conducen a que el paciente tenga un mayor riesgo de reemplazo de las reconstrucciones cuando cambia de dentista. El miedo del profesional a que se le responsabilice de un fracaso fruto de una mala técnica del profesional que realizó la obturación, o la desconfianza del paciente acerca de su antiguo odontólogo y sus habilidades, pueden estar detrás de esto.<sup>57</sup>

Una revisión de la literatura ha encontrado que la tasa anual de fracaso varía entre el 3,6 y 11,7 dependiendo del profesional que ha realizado la obturación.<sup>108</sup>

Algunos autores han señalado que el sexo del odontólogo, edad y país donde se ha formado y ejerce su actividad profesional pueden tener cierta influencia.<sup>108, 89</sup>

Existe una relación con los factores del paciente y socioeconómicos, pues los pacientes con un mayor poder adquisitivo acuden a profesionales mejor formados y que extienden más las citas, dedicándole más tiempo a cada caso.<sup>108</sup>

## Factores del paciente

Para muchos autores los factores relacionados con el paciente son los más determinantes.<sup>30, 88, 89,</sup>

<sup>96</sup> Esto no debería sorprendernos, puesto que las principales causas de fracaso de las reconstrucciones son la fractura y la caries secundaria.<sup>92, 97, 89, 91, 9, 33, 11</sup> Ha sido observado por numerosos autores un mayor índice de fracasos por caries secundaria en pacientes con alto riesgo de caries. Además, hoy en día, con la mejora en el rendimiento de las resinas compuestas, se ha observado que una gran mayoría de las fracturas acontecen en individuos con hábitos parafuncionales.<sup>106, 57, 89, 7, 92</sup>

Las revisiones sistemáticas encuentran que estos factores pueden multiplicar el riesgo 2,5-8,3 veces respecto al grupo control.<sup>108</sup> Tener en cuenta los factores del paciente a la hora de confeccionar el plan de tratamiento permite tomar decisiones más adecuadas para ese caso y prolongar la supervivencia de este. Además permite al paciente conocer este riesgo, concienciando sobre la necesidad de controlarlo.<sup>57</sup>

El riesgo de caries ha sido encontrado como un determinante fundamental del éxito de la reconstrucción.<sup>108, 57, 30, 89, 91, 97, 62, 98, 3</sup> Se ha descrito en la literatura, un riesgo de fracaso 2,45-4,40 veces superior en individuos con alto riesgo de caries,<sup>57, 64, 35</sup> algo que Laske y colaboradores en 2019 cifraron en 1,69.<sup>108</sup> Datos similares fueron encontrados por Demarco en 2012.<sup>89</sup> Opdam *et al.* en una revisión sistemática del 2014 analizaron esto dividiendo a los pacientes en 3 grupos, obteniendo las distintas tasas de fracaso anual según el riesgo de caries. Se encontró que los

pacientes con alto, medio y bajo riesgo presentan tasas de fracaso anual de 4,6%, 4,1% y 1,6% respectivamente. Además, encontraron que este riesgo variaba según el diente. Los premolares en individuos con alto riesgo de caries presentaban un riesgo de fracaso 1,35 veces mayor que sus homólogos de individuos con bajo riesgo. En el caso de los molares esta diferencia se acentuaba, alcanzando un riesgo 1,73 veces superior.<sup>91</sup>

En muy pocas ocasiones se refleja en los estudios clínicos el índice de placa del paciente. Por ello muchas veces tenemos que extrapolar el riesgo de caries a través de otros indicadores, como la frecuencia de las revisiones. Una mayor cadencia de estas nos indicará un paciente al que el odontólogo ha considerado de alto riesgo de caries y con bajos niveles de higiene. El riesgo de esto es que existen protocolos diferentes entre distintos profesionales y países respecto a la frecuencia necesaria según la peligrosidad estimada.<sup>98</sup>

La presencia de caries en dientes anteriores automáticamente coloca al paciente en el grupo de mayor riesgo. La mejor forma de evaluar esto es a través de la presencia de caries activas actualmente.<sup>57</sup>

Unas citas de revisión muy frecuentes reflejan una mala higiene y una peor historia dental. Los pacientes que presentan un mayor número de obturaciones en boca se encuentran en una situación de mayor riesgo. Cuando se produce una nueva caries hay más probabilidades que se origine en un diente ya obturado y que obligue a retirar la antigua obturación. Un problema al respecto es la imprecisión en numerosos estudios a la hora de especificar la localización anatómica de la lesión y su relación con la obturación, así como especificar si se trata de caries secundarias o primarias.<sup>98</sup>

Además, un mayor número de obturaciones por paciente nos indica un mayor riesgo de caries.<sup>89, 90</sup>

Los pacientes que acuden a sus revisiones de forma regular muestran una mejor higiene y salud bucodental, así como una mayor supervivencia de sus obturaciones.<sup>89, 90</sup> Los pacientes que acuden esporádicamente y cuando presentan sintomatología, típicamente dolor, son pacientes menos preocupados por su salud oral y con mayor riesgo de caries.<sup>90</sup>

Los pacientes que portan prótesis parcial removible (PPR) muestran mayores tasas de fracaso de la restauración. Ello puede no ser debido al dispositivo protésico en sí, si no ser una muestra de individuos con un peor estado dental y periodontal, así como una menor motivación en cuanto a la higiene oral.<sup>101</sup> Laske y colaboradores encontraron un riesgo de fracaso 1,37 veces superior en estas edades.<sup>108</sup>

Numerosos estudios han encontrado una relación entre la edad del paciente y las tasas de fracaso. Se ha descrito un mayor riesgo de fracaso en ambos extremos de la pirámide demográfica, tanto en los individuos más jóvenes como en los más longevos.<sup>107, 108, 89, 98, 90, 57, 62</sup> Este se trata de un factor de riesgo relativo, ya que no es la edad el causante directo de una menor supervivencia, sino otros factores asociados a determinados grupos etarios.<sup>57</sup>

Se ha observado una relación positiva entre el índice CAO en niños y la supervivencia de las restauraciones. Además, en estos las reconstrucciones tienen 1,47 veces más riesgo de fracaso que en pacientes adolescentes. Dos posibles explicaciones plausibles son: una menor colaboración en los pacientes más jóvenes, que dificulta el correcto manejo de estos materiales tan sensibles a la técnica. Además, estos dientes llevan menos tiempo en boca, por lo que caries más precoces nos indican la existencia de factores de riesgo, como puede ser una peor higiene.<sup>57</sup> Se ha descrito una vida media de las reconstrucciones 5-6 años mayor en los pacientes adultos que en adolescentes. Los menores niveles de higiene que acompañan a estas edades lo explican.

107

En personas de edad avanzada se observa una menor supervivencia de las reconstrucciones por diversos motivos. En primer lugar por una menor higiene bucodental en estas edades. Además, el mayor consumo de fármacos, muchos de los cuales provocan xerostomía, tiene una gran influencia.<sup>57</sup>

La sobrecarga oclusal, ya sea debida a un edentulismo parcial o a la presencia de parafunciones, como el bruxismo, se asocia a un mayor riesgo de fracaso por fracturas del diente y/o la reconstrucción.<sup>108, 57, 89, 47, 62, 96, 3, 54, 57, 106, 7, 92</sup>

Se ha descrito en la literatura un riesgo de fracaso de las obturaciones en pacientes bruxistas 1,7-3,0 veces mayor que el grupo control.<sup>108, 89, 62</sup> No existen criterios diagnósticos validados que nos permitan establecer un diagnóstico certero de bruxismo, por lo que es difícil alcanzarlo y las herramientas diagnósticas no son siempre lo confiables que desearíamos.<sup>89, 57</sup>

Debido a su relación con estas parafunciones, se observa una menor supervivencia en los dientes atricionados, ab fraccionados y agrietados.<sup>57, 89</sup>

Algunos autores encontraron un mayor riesgo asociado al sexo masculino.<sup>90, 98, 3, 68</sup> Otros estudios no encontraron diferencias.<sup>98</sup>

Se ha observado que la composición de la saliva<sup>54</sup>, así como su cantidad<sup>57, 3</sup> pueden influir en el riesgo de fracaso.

Se ha informado de la relevancia de otras circunstancias, como el consumo de bebidas azucaradas o de tabaco,<sup>3</sup> así como la influencia del tipo de oclusión.<sup>54</sup>

El paciente influye en la incidencia de fracaso por motivos estéticos, ya que unas mayores expectativas conducen a la necesidad de reemplazar obturaciones por lo demás, en correcto estado. Esto es especialmente cierto en el caso de los dientes del frente anterior.<sup>57</sup> En el sector posterior tan solo fue responsable del 1% de los fracasos de obturaciones de amalgama, mientras que en composite fue una causa muy marginal.<sup>89</sup>

El fracaso por sensibilidad postoperatoria es altamente dependiente del paciente. La percepción del dolor es una vivencia subjetiva y muy variable entre pacientes y según el estado emocional.<sup>89</sup>

Los pacientes periodontales y los médicamente comprometidos presentaban un riesgo 1,21 y 1,48 veces mayor al grupo control, respectivamente.<sup>108</sup>

## Factores del diente

Se ha descrito una mayor incidencia de fracturas en aquellas obturaciones asentadas sobre bases cavitarias de ionómero de vidrio.<sup>89, 62, 38, 19, 91, 1, 84, 78</sup> Además, los dientes obturados debido a una fractura previa tienen un mayor riesgo de fracasar por fractura que aquellas reconstrucciones indicadas por caries.<sup>108</sup>

Se ha encontrado un mayor riesgo de fracaso en las obturaciones de clase II<sup>89, 90, 91, 94</sup>, especialmente en los molares.<sup>89</sup>

Se ha descrito que el 80% de las caries secundarias asientan sobre el margen gingival de clases II.<sup>24, 31, 50, 36, 82</sup>

La dificultad de estas obturaciones tiene que ver con la dificultad para lograr un buen punto de contacto<sup>57, 120</sup> y biselar los márgenes proximales, así como la ausencia de borde periférico de esmalte en muchas ocasiones. Además, en casos de caries subgingivales se observa una mala adaptación de la porción infragingival en numerosos casos.<sup>120</sup>

Se ha descrito un riesgo 2,8 veces mayor en las obturaciones de clase II.<sup>89</sup>

Se ha observado una mayor prevalencia de fracasos en las obturaciones de molares respecto a los premolares.<sup>101, 91, 30, 57, 70, 89, 62, 94, 98, 90</sup> El riesgo de fracaso aumenta cuanto más posterior sea el diente en el que se encuentra.<sup>57</sup> Una revisión encontró que esto sólo acontecía en los estudios a corto plazo (periodo de seguimiento inferior a 5 años). Estos se correspondían con el 65% de los estudios encontrados por un metaanálisis de estudios prospectivos realizado en el 2015.<sup>90</sup>

Los premolares tienen un menor tamaño, por lo que las restauraciones pueden tener un menor volumen.<sup>70,94</sup> Además reciben menos fuerzas oclusales.<sup>70</sup>

Se ha descrito un riesgo 1,3-3,0 veces mayor.<sup>62, 98, 89</sup> Las obturaciones en molares inferiores son las más expuestas al fracaso.<sup>62</sup> En concreto, el riesgo es 3 veces superior al de las obturaciones de premolares superiores.<sup>89</sup>

Cuando eran grandes cavidades con 3 o más superficies restauradas, las diferencias entre estos grupos dentales se anulaban.<sup>89</sup>

El número de paredes afectadas, así como el volumen y superficies restauradas resultaron ser un factor determinante en la longevidad de las reconstrucciones.<sup>91, 57, 89, 98, 96, 62, 30, 107, 108</sup>

Se ha descrito un riesgo 1,35-3,5 veces mayor de fracaso en restauraciones que abarcan  $\geq 3$  superficies respecto a las obturaciones de 1 superficie.<sup>108, 62, 89</sup> Otros estudios han descrito que cada superficie extra aumenta el riesgo un 40%.<sup>91, 89</sup>

Un estudio encontró una supervivencia a 18 años del 78% de las reconstrucciones de 1 superficie, mientras que solo el 22% de las restauraciones multisuperficie permanecían en boca. Otro estudio a 10 años la cifró en 55,9% y 44,5% respectivamente.<sup>96</sup>

Cada cara extra aumentó el riesgo por 1,61 y 1,35 veces en premolares y molares respectivamente.<sup>91</sup>

Las obturaciones más profundas presentan un mayor riesgo de desarrollar complicaciones pulpares que requieran un tratamiento de conductos.<sup>96</sup>

## Factores del material

Algunos autores sí encontraron que el composite concreto mostraba una influencia sobre la tasa anual de fracasos.<sup>107, 30, 89, 88, 96</sup>

En el desarrollo de los diferentes tipos de composites metacriláticos, el parámetro que más ha influido es el tamaño de partícula.<sup>13, 68</sup>

Un mayor tamaño de partícula reduce la carga de relleno máxima, lo que aumenta la proporción de monómeros y con ello la contracción de polimerización. Además, disminuye la capacidad de pulido y la retención de este en el tiempo. Las grandes partículas de relleno presentes en superficie al desprenderse dejan atrás una mayor irregularidad, lo que hace que aumente la rugosidad del material. Por ello, se evolucionó de los composites de macrorrelleno a los de microrrelleno. Sin embargo, su menor manejabilidad clínica y su menor tenacidad a la fractura llevaron a la siguiente evolución, los composites híbridos.

Actualmente, los composites microhíbridos son considerados el *gold standard*. No obstante, los desarrollos en nanotecnología permitieron crear composites de nanorrelleno y nanohíbridos, que serían el *state of the art* a día de hoy. Aunque se ha encontrado que tienen mejores capacidades de pulido y mantenimiento de este, así como un mejor manejo debido a una mayor fluidez, las revisiones sistemáticas y estudios a largo plazo disponibles no son capaces de encontrar diferencias en el rendimiento de los nanocomposites con los híbridos convencionales.<sup>13, 94, 63, 60</sup>

A pesar de ello, algunos estudios sí constatan ciertas mejoras, como una mayor estabilidad del color y una mayor resistencia a la flexión y a la tracción, así como una menor contracción de polimerización.<sup>68, 79, 89</sup>

Puede que al disminuir el tamaño de partícula, aumente la proporción de superficie por volumen, lo que puede aumentar la absorción de agua y con ello la degradación de la matriz, lo que afectaría a sus propiedades físicas. Estos efectos negativos se contrarrestarían con los positivos que genera el menor tamaño de partícula, de forma que no exista variación neta en las propiedades, lo que explicaría el igual éxito clínico.<sup>60</sup>

Tampoco está muy clara que exista una relación entre rugosidad superficial y mayor/menor susceptibilidad a manchas y tinciones.<sup>60</sup>

Algunos estudios encuentran mayores tasas de fracaso en los composites híbridos convencionales. Ello es debido a que al tratarse del *gold standard* son también los más investigados.<sup>90</sup>

*In vitro* se han descrito considerables diferencias entre los materiales, respecto a la resistencia a la flexión y compresión, el módulo elástico, la resistencia a la fractura y tenacidad, dureza y resistencia al desgaste. En clínica tan solo se han comunicado diferencias menores entre los materiales.<sup>89</sup>

Existe poca correlación entre las propiedades físicas y su rendimiento clínico, aunque fuerza, tenacidad y resistencia al desgaste son propiedades deseables en el sector posterior.<sup>32</sup>

Los composites con baja carga de relleno muestran una menor resistencia a la fractura. La menor carga genera una mayor expansión térmica y un módulo elástico inferior que los composites híbridos convencionales.<sup>89</sup>

Las revisiones sistemáticas muestran que los composites disponibles actualmente en el mercado no muestran diferencias significativas entre sí en cuanto a la supervivencia. Por lo tanto, el material concreto no es un factor que revista una importancia estadísticamente significativa en el devenir de la reconstrucción.<sup>57, 99, 90, 91</sup>

Las resinas compuestas en el pasado mostraron un mal comportamiento clínico. Modificaciones en la matriz orgánica pero sobre todo en el relleno inorgánico han sido clave en la mejora exponencial de sus características y rendimiento clínico.<sup>57</sup>

Se debe ser cauteloso a la hora de interpretar los resultados de estudios pasados, puesto que los resultados que proporcionaban eran muy mejorables. Algunos como los composites condensables o los de macrorrelleno ya no están disponibles en el mercado.<sup>13, 96</sup> Existen numerosos estudios y revisiones que constatan unas tasas de supervivencia de las reconstrucciones realizadas en composites híbridos convencionales y nanocomposites similares a las obtenidas con amalgama.<sup>7</sup>

Los estudios con periodos de seguimiento de hasta 17 años no encuentran diferencias en el rendimiento de los distintos composites comercializados. El único estudio que si las halla tiene un periodo de seguimiento de 22 años. Concluyó que los composites con mayor carga, muestran mejores resultados.<sup>89</sup> Es por ello que, teniendo en cuenta la vida media de las reconstrucciones, una mejora del rendimiento clínico del material se traduciría solo en un aumento ligero de la supervivencia de las reconstrucciones. Es por ello, que el desarrollo de los materiales debe ir encaminado más bien a facilitar su uso clínico. No olvidemos que uno de los principales problemas de los composites es su alta sensibilidad a la técnica.<sup>57, 89, 91</sup>

Es por ello, que las propiedades mecánicas del material en cuestión no deben ser un criterio en la elección del material.<sup>57, 14</sup>

La elección del material debe realizarse según la ubicación y extensión de la lesión cariosa, el riesgo individual de caries, la actividad de la caries y condiciones específicas del paciente y el entorno.<sup>52, 14, 47</sup>

¿Los composites convencionales tienen menor desempeño clínico que las resinas de baja contracción?

### **Composites de baja contracción**

La contracción de polimerización es un problema que reviste gran relevancia clínica, y se ha relacionado con el desarrollo de caries secundarias, filtración y decoloración marginal, fracturas de la reconstrucción o deflexión cuspeada. Se han buscado diversos métodos para intentar salvar esto, como mediante el uso de la técnica incremental, lámparas de arranque suave o composites de baja contracción.<sup>54, 5</sup>

Existen diversas metodologías para reducir la contracción que sufren los composites, como modificaciones en el contenido inorgánico o el aumento de inhibidores de la polimerización, entre otras. Los composites de baja contracción buscan reducir este problema mediante la modificación de la matriz orgánica.<sup>71</sup>

Destacan entre ellos los siloranos, las ormocerams y los composites tipo *bulk fill*.<sup>71</sup>

Las revisiones sistemáticas disponibles hasta el momento no logran encontrar diferencias en el rendimiento clínico de estos materiales respecto a los composites convencionales. Es más, se ha encontrado un mejor sellado marginal en los composites convencionales los primeros 12 meses de seguimiento.<sup>32, 20, 54, 6</sup>

### Composites *bulk fill*

Analizaremos por separado a los composites *bulk fill*, debido a su uso tan extendido. Con su desarrollo los fabricantes no sólo pretendían disminuir su contracción, sino que además, permitir su uso en incrementos horizontales masivos de hasta 4mm. Ello conseguiría reducir el tiempo necesario para realizar la reconstrucción, al tiempo que se evitaba el uso de la técnica incremental, asociada a errores como burbujas o desajustes marginales entre capas.<sup>107, 31</sup>

Existen diversos tipos de composites *bulk fill*, según su viscosidad o características especiales. Hay dos tipos principales de *bulk fill*:<sup>44</sup>

- Alta viscosidad o *full-body*: estos composites tienen una mayor carga de relleno, lo que les proporciona unas propiedades físicas apropiadas para estar en contacto directo con el antagonista. Ello le permite completar la reconstrucción en un único incremento (*bulk-technique*). Su gran viscosidad ha hecho que también se conozca como *bulk fill paste-like*. Esto permite que sean moldeables, pero también dificulta su manejo en cavidades estrechas y de difícil acceso.<sup>44, 32, 20, 24, 2, 10</sup>
- Baja viscosidad o fluidos: presentan una baja carga de relleno, lo que disminuye su viscosidad. Ello les permite fluir adaptándose a las irregularidades de la cavidad. Además permite que sean aplicados con jeringa, lo que mejora el acceso a cavidades estrechas y de difícil acceso así como una mejor acomodación en las ‘áreas conflictivas’. Sin embargo, también hace que tenga menores propiedades físicas. Por ello deben ser recubiertos oclusalmente por un composite convencional, que evite el contacto directo con el antagonista (*two-step bulk-technique*)<sup>44, 32, 20, 24, 2, 10</sup> Además, ello mejora su resistencia a la fluencia.<sup>32</sup> Algunos autores también han sugerido que esto debe realizarse por interproximal, utilizando una técnica incremental centrípeta.<sup>72</sup>

Si analizamos las dos principales motivaciones para su desarrollo, encontramos que:

- Muchos estudios *in vitro* y revisiones sistemáticas destacan que, aunque su profundidad de curado máximo es superior a la de los composites convencionales, algunos no logran alcanzar los 4mm.<sup>32, 45, 10, 11</sup> Hacen referencia a esta profundidad ya que para muchos esto se ha instaurado como un mantra, como una característica común a todos los composites *bulk fill*. Sin embargo, la profundidad máxima de curado depende en gran medida de la emitancia de la unidad de fotopolimerización y de la formulación concreta de cada composite. Es por ello que se debe evaluar y validar ésta con diferentes estudios clínicos y preclínicos.<sup>45</sup>
- En cuanto a la contracción de polimerización y estrés de contracción existen inconsistencias en la literatura. En general, las revisiones sistemáticas muestran un menor estrés de contracción de polimerización en los de tipo fluido e igual a los convencionales en los de alta viscosidad.<sup>10, 100, 31, 11, 70, 29</sup> Sin embargo, un metanálisis del 2020 no encuentra diferencias en la integridad marginal en los de tipo fluido respecto a los convencionales, como cabría esperar.<sup>24</sup>

En cuanto al rendimiento clínico de estos materiales, tres recientes meta-análisis no encontraron diferencias con respecto a los composites convencionales.<sup>10, 29, 7</sup>

A pesar de ello, un metanálisis del 2019 sostiene que se tratan de la mejor opción, debido a que reducen el tiempo de sillón y simplifican y facilitan el procedimiento, disminuyendo el número de errores al evitar la técnica incremental de los composites convencionales.<sup>7</sup>

### **¿Las obturaciones de composite fracasan más que las realizadas con amalgama de plata?**

Durante más de 100 años la amalgama de plata fue el material de elección para las obturaciones directas. En las últimas décadas hemos asistido a un cambio de paradigma dentro de la Odontología en el que el composite se ha convertido el *state of the art*.<sup>89, 90, 97</sup>

No pocos profesionales se oponen a este cambio, alegando un mayor fracaso de las obturaciones realizadas en resinas compuestas. En este aspecto, la literatura muestra discrepancias, desde estudios que encuentran mayores fracasos, iguales o incluso menores en este tipo de reconstrucciones directas.<sup>90</sup>

Algunas revisiones encuentran datos de fracaso de 2<sup>76, 105</sup> a 3,5<sup>105, 107</sup> veces mayores en el caso de obturaciones de composite. En este sentido, una revisión Cochrane confirma la existencia del

doble de fracasos anuales asociados a materiales compuestos. Sin embargo, resalta la existencia de escasa literatura y que gran parte de ésta es clasificada como evidencia de baja calidad.<sup>87</sup>

En general, existe una gran variabilidad en las tasas de fracaso anual descritas por los diversos estudios publicados, máxime en el caso de las resinas compuestas. Se han descrito tasas de fracaso anual de 0,16-2,83 en el caso de la amalgama y de 0,94-9,43 en el caso de resina compuestas. Ésta gran variabilidad de los datos nos dice dos cosas: en primer lugar la influencia del periodo de seguimiento en los resultados que este arroja; segundo, y más importante, la gran variabilidad de resultados dependiendo del material concreto y del operador.<sup>107</sup> Esto es debido a la alta sensibilidad a la técnica de las resinas compuestas, problema que afecta en menor medida al amalgama, de uso más sencillo y menos afectada por factores como la contaminación con fluidos.<sup>107, 51</sup>

La gran parte de los estudios encuentran que la principal razón de fracaso de las reconstrucciones, y esto es válido para amalgama, composite y derivados de vidrio ionómero, es la caries secundaria.<sup>107</sup> Sin embargo, muchos estudios encuentran una mayor prevalencia de ésta asociada a las resinas compuestas<sup>51, 96</sup>, donde la ausencia de capacidad antimicrobiana de los composites actuales puede ser un factor determinante. Algunos estudios encuentran que estas diferencias se acentúan en el caso de individuos con alto riesgo de caries,<sup>14</sup> mientras que otras revisiones hablan de iguales o menores tasas de prevalencia en individuos de bajo riesgo.<sup>18</sup>

En el caso de las fracturas, la otra gran razón de fracaso, también se encuentran resultados variados. Hallamos desde estudios que encuentran mayores<sup>107</sup> tasas de fracaso por este motivo en composite a los que encuentran valores similares<sup>107, 96, 51</sup> o menores.<sup>33, 89</sup>

Algunos autores han descrito iguales tasas de fracaso en las obturaciones de pequeño tamaño, mientras que en aquellas de mayor volumen, la amalgama se asocia a un mayor número de fracturas. Ello explicaría el porqué las revisiones más antiguas encontraban mejores resultados en las obturaciones de composite y en las actuales, peores: hoy en día se realizan obturaciones directas de resinas compuestas en casos más arriesgados, donde en tiempos pasados se hubiese optado por otros enfoques terapéuticos.<sup>33, 48</sup>

Algo a reseñar es el hecho de que una revisión reciente de la literatura constata que la supervivencia del composite a 5 años es igual a la de la amalgama (93%), pero cuando se evalúa la supervivencia de las restauraciones al cambiar de dentista, ésta cifra cae al 60%.<sup>66</sup>

Además de sus propiedades antimicrobianas, el auto-sellado marginal (gracias a los productos de corrosión) de la amalgama es citado como otra de sus potenciales ventajas.<sup>105, 66, 14</sup>

Muchos estudios están realizados en base a obturaciones realizadas en resinas compuestas antiguas, con un rendimiento clínico muy inferior a las actuales. Es por ello que algunas revisiones no encuentran diferencias entre la tasa de fracaso de nanocomposites e híbridos convencionales respecto a las obturaciones de amalgama.<sup>47</sup>

## Aislamiento del campo operatorio

Existe controversia en la literatura respecto a la necesidad de un aislamiento absoluto durante la confección de obturaciones directas. Si bien algún estudio parece encontrar una mayor incidencia de fracturas en reconstrucciones directas realizadas sin dique de goma.<sup>33, 94</sup> En cambio, otros muchos no encontraron diferencias significativas respecto a su uso.<sup>57, 90, 68, 80, 83</sup>

Una revisión Cochrane de la literatura encuentra una escasa evidencia que sugiere una mayor supervivencia de las reconstrucciones elaboradas bajo aislamiento absoluto. Sin embargo, la evidencia era escasa y de baja calidad.<sup>8</sup>

Sin embargo, más allá del éxito de la reconstrucción, presenta numerosas ventajas, como la prevención de ingestión o inhalación de instrumental y materiales usados en diferentes procedimientos, así como la prevención de infecciones cruzadas, incluido la transmisión de la enfermedad por COVID-19.<sup>85, 94, 8</sup>

Además, se ha visto como la contaminación por sangre o saliva merman la adhesión.<sup>40</sup> Ello sería más relevante en las clases II subgingivales, donde es difícil evitar la contaminación y donde debemos maximizar la adhesión, pues el margen se sitúa completamente sobre la dentina.<sup>80</sup>

## Conclusiones

- Existe controversia en la literatura respecto a la vida media del composite. Clásicamente se ha estimado en 6-7 años, si bien muchas revisiones actuales encuentran valores muy superiores con las resinas compuestas actuales.
- Las principales causas de fracaso son la caries secundaria y la fractura de la obturación y/o del diente. Otras razones de fracaso menos prevalentes son el desgaste, la deflexión cuspídea, la decoloración, la sensibilidad postoperatoria insoportable, defectos marginales (tinción y apertura marginal), atrapamientos de aire y fracaso por razones endodónticas.
- Los principales factores de riesgo de fracaso son los relacionados con el paciente, especialmente su riesgo de caries y la presencia de actividades parafuncionales o

sobrecarga oclusal (edentación parcial). Algunos estudios encuentran que el operador es el segundo factor más relevante, al tratarse de un material altamente sensible a la técnica.

- Las obturaciones de mayor tamaño y las de clase II tienen un riesgo significativamente mayor de fracaso. Las obturaciones en molares poseen tasas de fracaso anuales superiores que sus homólogas en premolares. Algunos autores encuentran que estas diferencias se anulan en obturaciones de gran tamaño.
- No se encuentran diferencias en la supervivencia clínica entre los composites convencionales actualmente comercializados. Tampoco se han hallado diferencias entre estos y los composites de baja contracción y los de tipo bulk-fill.
- Existe controversia respecto a la necesidad de aislamiento absoluto del campo operatorio. Las revisiones sistemáticas recientes concluyen que no es estrictamente necesario, aunque puede aportar beneficios más allá de aumentar la longevidad de las reconstrucciones. Algunos estudios encuentran indicios de mayores tasas de fractura en obturaciones realizadas sin aislamiento absoluto.
- Las obturaciones de composite muestran igual o mayor supervivencia que las obturaciones de amalgama en individuos con bajo riesgo de caries. Cuando el riesgo es alto, la situación se invierte.
- En obturaciones de pequeño tamaño las obturaciones de resina compuesta y las de amalgama de plata muestran un número similar de fracturas. En las de gran tamaño el amalgama de plata muestra un mayor índice de fracturas.

## Bibliografía

1. Schenkel AB, Veitz-Keenan A. Dental cavity liners for Class I and Class II resin-based composite restorations. *Cochrane Database Syst Rev.* 2019 Mar 5;3(3):CD010526. doi: 10.1002/14651858.CD010526.pub3. PMID: 30834516; PMCID: PMC6399099.
2. 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 Jan;23(1):221-233. doi: 10.1007/s00784-018-2429-7. Epub 2018 Mar 28. PMID: 29594349.

3. Kodzaeva ZS, Turkina AY, Doroshina VY. The long-term results of teeth restoration with composite resin materials: a systematic literature review. *Stomatologiya (Mosk)*. 2019;98(3):117-122. doi: 10.17116/stomat201998031117. PMID: 31322607.
4. Moorthy A, Hogg CH, Dowling AH, Grufferty BF, Benetti AR, Fleming GJ. Cuspal deflection and microleakage in premolar teeth restored with bulk-fill flowable resin-based composite base materials. *J Dent*. 2012 Jun;40(6):500-5. doi: 10.1016/j.jdent.2012.02.015. Epub 2012 Mar 3. PMID: 22390980.
5. Maghaireh GA, Taha NA, Alzraikat H. The Silorane-based Resin Composites: A Review. *Oper Dent*. 2017 Jan/Feb;42(1):E24-E34. doi: 10.2341/15-311-LIT. PMID: 28002691.
6. Schwendicke F, Göstemeyer G, Blunck U, Paris S, Hsu LY, Tu YK. Directly Placed Restorative Materials: Review and Network Meta-analysis. *J Dent Res*. 2016 Jun;95(6):613-22. doi: 10.1177/0022034516631285. Epub 2016 Feb 24. PMID: 26912220.
7. Borgia E, Baron R, Borgia JL. Quality and Survival of Direct Light-Activated Composite Resin Restorations in Posterior Teeth: A 5- to 20-Year Retrospective Longitudinal Study. *J Prosthodont*. 2019 Jan;28(1):e195-e203. doi: 10.1111/jopr.12630. Epub 2017 May 17. PMID: 28513897.
8. Wang Y, Li C, Yuan H, Wong MC, Zou J, Shi Z, Zhou X. Rubber dam isolation for restorative treatment in dental patients. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016 Sep 20;9(9):CD009858. doi: 10.1002/14651858.CD009858.pub2. PMID: 27648846; PMCID: PMC6457832.
9. Ferracane JL. Models of Caries Formation around Dental Composite Restorations. *J Dent Res*. 2017 Apr;96(4):364-371. doi: 10.1177/0022034516683395. Epub 2016 Dec 19. PMID: 28318391; PMCID: PMC5384487.
10. Arbildo-Vega HI, Lapinska B, Panda S, Lamas-Lara C, Khan AS, Lukomska-Szymanska M. Clinical Effectiveness of Bulk-Fill and Conventional Resin Composite Restorations: Systematic Review and Meta-Analysis. *Polymers (Basel)*. 2020 Aug 10;12(8):1786. doi: 10.3390/polym12081786. PMID: 32785019; PMCID: PMC7464794.
11. Haugen HJ, Marovic D, Par M, Thieu MKL, Reseland JE, Johnsen GF. Bulk Fill Composites Have Similar Performance to Conventional Dental Composites. *Int J Mol Sci*. 2020 Jul 20;21(14):5136. doi: 10.3390/ijms21145136. PMID: 32698509; PMCID: PMC7404092.

12. Hao Y, Huang X, Zhou X, Li M, Ren B, Peng X, Cheng L. Influence of Dental Prosthesis and Restorative Materials Interface on Oral Biofilms. *Int J Mol Sci.* 2018 Oct 14;19(10):3157. doi: 10.3390/ijms19103157. PMID: 30322190; PMCID: PMC6213966.
13. Perdigão J, Araujo E, Ramos RQ, Gomes G, Pizzolotto L. Adhesive dentistry: Current concepts and clinical considerations. *J Esthet Restor Dent.* 2020 Dec 2. doi: 10.1111/jerd.12692. Epub ahead of print. PMID: 33264490.
14. Schwendicke F, Frencken JE, Bjørndal L, Maltz M, Manton DJ, Ricketts D, Van Landuyt K, Banerjee A, Campus G, Doméjean S, Fontana M, Leal S, Lo E, Machiulskiene V, Schulte A, Splieth C, Zandona AF, Innes NP. Managing Carious Lesions: Consensus Recommendations on Carious Tissue Removal. *Adv Dent Res.* 2016 May;28(2):58-67. doi: 10.1177/0022034516639271. PMID: 27099358.
15. Szczesio-Wlodarczyk A, Sokolowski J, Kleczewska J, Bociong K. Ageing of Dental Composites Based on Methacrylate Resins-A Critical Review of the Causes and Method of Assessment. *Polymers (Basel).* 2020 Apr 10;12(4):882. doi: 10.3390/polym12040882. PMID: 32290337; PMCID: PMC7240588.
16. Pinna R, Usai P, Filigheddu E, Garcia-Godoy F, Milia E. The role of adhesive materials and oral biofilm in the failure of adhesive resin restorations. *Am J Dent.* 2017 Oct;30(5):285-292. PMID: 29178733.
17. Owens BM, Phebus JG. An evidence-based review of dental matrix systems. *Gen Dent.* 2016 Sep-Oct;64(5):64-70. PMID: 27599285.
18. Kielbassa AM, Glockner G, Wolgin M, Glockner K. Systematic review on highly viscous glass-ionomer cement/resin coating restorations (Part II): Do they merge Minamata Convention and minimum intervention dentistry? *Quintessence Int.* 2017;48(1):9-18. doi: 10.3290/j.qi.a37211. PMID: 28054040. Puta mierda
19. Soares CJ, Faria-E-Silva AL, Rodrigues MP, Vilela ABF, Pfeifer CS, Tantbirojn D, Versluis A. Polymerization shrinkage stress of composite resins and resin cements - What do we need to know? *Braz Oral Res.* 2017 Aug 28;31(suppl 1):e62. doi: 10.1590/1807-3107BOR-2017.vol31.0062. PMID: 28902242.
20. Kruly PC, Giannini M, Pascotto RC, Tokubo LM, Suga USG, Marques ACR, Terada RSS. Meta-analysis of the clinical behavior of posterior direct resin restorations: Low polymerization shrinkage resin in comparison to methacrylate composite resin. *PLoS*

- One. 2018 Feb 21;13(2):e0191942. doi: 10.1371/journal.pone.0191942. PMID: 29466366; PMCID: PMC5842874.
21. Ibrahim MS, Garcia IM, Kensara A, Balhaddad AA, Collares FM, Williams MA, Ibrahim AS, Lin NJ, Weir MD, Xu HHK, Melo MAS. How we are assessing the developing antibacterial resin-based dental materials? A scoping review. *J Dent*. 2020 Aug;99:103369. doi: 10.1016/j.jdent.2020.103369. Epub 2020 May 7. PMID: 32387506.
  22. Jorge Perdigão. Current perspectives on dental adhesion: (1) Dentin adhesion – not there yet. *Japanese Dental Science Review*. 2020 Nov; 56: 190-207. doi: 10.1016/j.jdsr.2020.08.004.
  23. da Veiga AM, Cunha AC, Ferreira DM, da Silva Fidalgo TK, Chianca TK, Reis KR, Maia LC. Longevity of direct and indirect resin composite restorations in permanent posterior teeth: A systematic review and meta-analysis. *J Dent*. 2016 Nov;54:1-12. doi: 10.1016/j.jdent.2016.08.003. Epub 2016 Aug 11. PMID: 27523636.
  24. Gerula-Szymańska A, Kaczor K, Lewusz-Butkiewicz K, Nowicka A. Marginal integrity of flowable and packable bulk fill materials used for class II restorations -A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Dent Mater J*. 2020 Jun 5;39(3):335-344. doi: 10.4012/dmj.2018-180. Epub 2020 Jan 11. PMID: 31932546.
  25. Chen L, Suh BI, Yang J. Antibacterial dental restorative materials: A review. *Am J Dent*. 2018 Nov 15;31(Sp Is B):6B-12B. PMID: 31099206.
  26. Zhang K, Zhang N, Weir MD, Reynolds MA, Bai Y, Xu HHK. Bioactive Dental Composites and Bonding Agents Having Remineralizing and Antibacterial Characteristics. *Dent Clin North Am*. 2017 Oct;61(4):669-687. doi: 10.1016/j.cden.2017.05.002. PMID: 28886763; PMCID: PMC5803788.
  27. Bhatti, Usman. (2019). The Phenomenon of Postoperative Sensitivity and Composite Restorations – A Review. *Journal of the Pakistan Dental Association*. 2019 Jan; 28(1): 33-40. doi: 10.25301/JPDA.281.33.
  28. Berkowitz G, Spielman H, Matthews A, Vena D, Craig R, Curro F, Thompson V. Postoperative hypersensitivity and its relationship to preparation variables in Class I resin-based composite restorations: findings from the practitioners engaged in applied research and learning (PEARL) Network. Part 1. *Compend Contin Educ Dent*. 2013 Mar;34(3):e44-52. PMID: 23631638; PMCID: PMC4264581.

29. Cidreira Boaro LC, Pereira Lopes D, de Souza ASC, Lie Nakano E, Ayala Perez MD, Pfeifer CS, Gonçalves F. Clinical performance and chemical-physical properties of bulk fill composites resin -a systematic review and meta-analysis. *Dent Mater.* 2019 Oct;35(10):e249-e264. doi: 10.1016/j.dental.2019.07.007. Epub 2019 Aug 14. PMID: 31421957.
30. Göstemeyer G, Schwendicke F. Inhibition of hybrid layer degradation by cavity pretreatment: Meta- and trial sequential analysis. *J Dent.* 2016 Jun;49:14-21. doi: 10.1016/j.jdent.2016.04.007. Epub 2016 Apr 20. PMID: 27107550.
31. Ferracane JL, Lawson NC. Probing the hierarchy of evidence to identify the best strategy for placing class II dental composite restorations using current materials. *J Esthet Restor Dent.* 2020 Nov 18. doi: 10.1111/jerd.12686. Epub ahead of print. PMID: 33206440.
32. 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. doi: 10.3290/j.jad.a38141. PMID: 28443833.
33. Heintze SD, Ilie N, Hickel R, Reis A, Loguercio A, Rousson V. Laboratory mechanical parameters of composite resins and their relation to fractures and wear in clinical trials-A systematic review. *Dent Mater.* 2017 Mar;33(3):e101-e114. doi: 10.1016/j.dental.2016.11.013. Epub 2016 Dec 16. PMID: 27993372.
34. Askar H, Krois J, Göstemeyer G, Bottenberg P, Zero D, Banerjee A, Schwendicke F. Secondary caries: what is it, and how it can be controlled, detected, and managed? *Clin Oral Investig.* 2020 May;24(5):1869-1876. doi: 10.1007/s00784-020-03268-7. Epub 2020 Apr 17. PMID: 32300980.
35. Nedeljkovic I, De Munck J, Vanloy A, Declerck D, Lambrechts P, Peumans M, Teughels W, Van Meerbeek B, Van Landuyt KL. Secondary caries: prevalence, characteristics, and approach. *Clin Oral Investig.* 2020 Feb;24(2):683-691. doi: 10.1007/s00784-019-02894-0. Epub 2019 May 23. PMID: 31123872.
36. Coelho A, Amaro I, Rascão B, Marcelino I, Paula A, Saraiva J, Spagnuolo G, Marques Ferreira M, Miguel Marto C, Carrilho E. Effect of Cavity Disinfectants on Dentin Bond Strength and Clinical Success of Composite Restorations-A Systematic Review of In Vitro, In Situ and Clinical Studies. *Int J Mol Sci.* 2020 Dec 31;22(1):353. doi: 10.3390/ijms22010353. PMID: 33396354; PMCID: PMC7794949.

37. Behery H, El-Mowafy O, El-Badrawy W, Saleh B, Nabih S. Cuspal Deflection of Premolars Restored with Bulk-Fill Composite Resins. *J Esthet Restor Dent*. 2016 Mar-Apr;28(2):122-30. doi: 10.1111/jerd.12188. Epub 2016 Feb 19. PMID: 26892364.
38. Nguyen KV , Sathorn C, Wong RH, Burrow MF . Clinical performance of laminate and non-laminate resin composite restorations: a systematic review. *Australian Dental Journal*. 2015;60(4):520-7.
39. Ferrari M, Koken S, Grandini S, Ferrari Cagidiaco E, Joda T, Discepoli N. Influence of cervical margin relocation (CMR) on periodontal health: 12-month results of a controlled trial. *J Dent*. 2018 Feb;69:70-76. doi: 10.1016/j.jdent.2017.10.008. Epub 2017 Oct 20. PMID: 29061380.
40. Kielbassa AM, Philipp F. Restoring proximal cavities of molars using the proximal box elevation technique: Systematic review and report of a case. *Quintessence Int*. 2015 Oct;46(9):751-64. doi: 10.3290/j.qi.a34459. PMID: 26159213.
41. Loomans BA, Opdam NJ, Roeters FJ, Huysmans MC. Proximal marginal overhang of composite restorations in relation to placement technique of separation rings. *Oper Dent*. 2012 Jan-Feb;37(1):21-7. doi: 10.2341/10-286-L. Epub 2011 Sep 27. PMID: 21942287.
42. Yadav RD, Raisingani D, Jindal D, Mathur R. A Comparative Analysis of Different Finishing and Polishing Devices on Nanofilled, Microfilled, and Hybrid Composite: A Scanning Electron Microscopy and Profilometric Study. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2016 Jul-Sep;9(3):201-208. doi: 10.5005/jp-journals-10005-1364. Epub 2016 Sep 27. PMID: 27843250; PMCID: PMC5086006.
43. Alonso V, Caserio M, Darriba IL. Use of Transparent Tips for Obtaining Tight Proximal Contacts in Direct Class II Composite Resin Restorations. *Oper Dent*. 2019 Sep/Oct;44(5):446-451. doi: 10.2341/17-112-T. Epub 2019 May 14. PMID: 31084531.
44. Chesterman J, Jowett A, Gallacher A, Nixon P. Bulk-fill resin-based composite restorative materials: a review. *Br Dent J*. 2017 Mar 10;222(5):337-344. doi: 10.1038/sj.bdj.2017.214. PMID: 28281590.
45. Lima RBW, Troconis CCM, Moreno MBP, Murillo-Gómez F, De Goes MF. Depth of cure of bulk fill resin composites: A systematic review. *J Esthet Restor Dent*. 2018 Nov;30(6):492-501. doi: 10.1111/jerd.12394. Epub 2018 Oct 29. PMID: 30375146.

46. Silva MF, Dias MF, Lins-Filho PC, Silva CH, Guimarães RP. Color stability of Bulk-Fill composite restorations. *J Clin Exp Dent*. 2020 Nov 1;12(11):e1086-e1090. doi: 10.4317/jced.57579. PMID: 33262876; PMCID: PMC7680568.
47. Tjäderhane L, Tezvergil-Mutluay A. Performance of Adhesives and Restorative Materials After Selective Removal of Carious Lesions: Restorative Materials with Anticaries Properties. *Dent Clin North Am*. 2019 Oct;63(4):715-729. doi: 10.1016/j.cden.2019.05.001. Epub 2019 Jul 13. PMID: 31470925.
48. Sharif MO, Catleugh M, Merry A, Tickle M, Dunne SM, Brunton P, Aggarwal VR, Chong LY. Replacement versus repair of defective restorations in adults: resin composite. *Cochrane Database Syst Rev*. 2014 Feb 8;2014(2):CD005971. doi: 10.1002/14651858.CD005971.pub3. PMID: 24510679; PMCID: PMC7388846.
49. Farah RI, Al-Harbi KS. The use of sectional matrix in direct restoration of a structurally compromised posterior tooth: a clinical technique. *Quintessence Int*. 2019;50(9):680-684. doi: 10.3290/j.qi.a42952. PMID: 31463481.
50. Muduroglu R, Ionescu AC, Del Fabbro M, Scolavino S, Brambilla E. Distribution of adhesive layer in class II composite resin restorations before/after interproximal matrix application. *J Dent*. 2020 Dec;103:103494. doi: 10.1016/j.jdent.2020.103494. Epub 2020 Oct 5. PMID: 33031887.
51. Moraschini V, Fai CK, Alto RM, Dos Santos GO. Amalgam and resin composite longevity of posterior restorations: A systematic review and meta-analysis. *J Dent*. 2015 Sep;43(9):1043-1050. doi: 10.1016/j.jdent.2015.06.005. Epub 2015 Jun 24. PMID: 26116767.
52. Schwendicke F, Frencken J, Innes N. Clinical Recommendations on Carious Tissue Removal in Cavitated Lesions. *Monogr Oral Sci*. 2018;27:162-166. doi: 10.1159/000487843. Epub 2018 May 24. PMID: 29794439.
53. Schwendicke F, Göstemeyer G. Understanding dentists' management of deep carious lesions in permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *Implement Sci*. 2016 Oct 19;11(1):142. doi: 10.1186/s13012-016-0505-4. PMID: 27760551; PMCID: PMC5069935.
54. Kruly PC, Giannini M, Pascotto RC, Tokubo LM, Suga USG, Marques ACR, Terada RSS. Meta-analysis of the clinical behavior of posterior direct resin restorations: Low polymerization shrinkage resin in comparison to methacrylate composite resin. *PLoS*

- One. 2018 Feb 21;13(2):e0191942. doi: 10.1371/journal.pone.0191942. PMID: 29466366; PMCID: PMC5842874.
55. Ferraris F, Conti A. Superficial roughness on composite surface, composite enamel and composite dentin junctions after different finishing and polishing procedures. Part I: roughness after treatments with tungsten carbide vs diamond burs. *Int J Esthet Dent*. 2014 Spring;9(1):70-89. PMID: 24757700.
56. Lopes LCP, Terada RSS, Tsuzuki FM, Giannini M, Hirata R. Heating and preheating of dental restorative materials-a systematic review. *Clin Oral Investig*. 2020 Dec;24(12):4225-4235. doi: 10.1007/s00784-020-03637-2. Epub 2020 Oct 20. PMID: 33083851.
57. Demarco FF, Collares K, Correa MB, Cenci MS, Moraes RR, Opdam NJ. Should my composite restorations last forever? Why are they failing? *Braz Oral Res*. 2017 Aug 28;31(suppl 1):e56. doi: 10.1590/1807-3107BOR-2017.vol31.0056. PMID: 28902236.
58. Hickel R, Peschke A, Tyas M, Mjör I, Bayne S, Peters M, Hiller KA, Randall R, Vanherle G, Heintze SD. FDI World Dental Federation - clinical criteria for the evaluation of direct and indirect restorations. Update and clinical examples. *J Adhes Dent*. 2010 Aug;12(4):259-72. doi: 10.3290/j.jad.a19262. PMID: 20847997.
59. Soares-Geraldo D, Scaramucci T, Steagall W Jr, Braga SR, Sobral MA. Interaction between staining and degradation of a composite resin in contact with colored foods. *Braz Oral Res*. 2011 Jul-Aug;25(4):369-75. doi: 10.1590/s1806-83242011000400015. PMID: 21860925.
60. Maran BM, de Geus JL, Gutiérrez MF, Heintze S, Tardem C, Barceleiro MO, Reis A, Loguercio AD. Nanofilled/nanohybrid and hybrid resin-based composite in patients with direct restorations in posterior teeth: A systematic review and meta-analysis. *J Dent*. 2020 Aug;99:103407. doi: 10.1016/j.jdent.2020.103407. Epub 2020 Jun 9. PMID: 32526348.
61. Anfe TE, Agra CM, Vieira GF. Evaluation of the possibility of removing staining by repolishing composite resins submitted to artificial aging. *J Esthet Restor Dent*. 2011 Aug;23(4):260-7. doi: 10.1111/j.1708-8240.2011.00435.x. Epub 2011 May 17. PMID: 21806759.
62. van de Sande FH. Hora est 5. Levensduur van composietrestauraties in posterieure gebitselementen [A PhD completed 5. Restoration survival in the composite resin age].

- Ned Tijdschr Tandheelkd. 2016 Sep;123(9):429-31. Dutch. doi: 10.5177/ntvt.2016.09.16182. PMID: 27643497.
63. Angerame D, De Biasi M. Do Nanofilled/Nanohybrid Composites Allow for Better Clinical Performance of Direct Restorations Than Traditional Microhybrid Composites? A Systematic Review. *Oper Dent*. 2018 Jul/Aug;43(4):E191-E209. doi: 10.2341/17-212-L. Epub 2018 Mar 23. PMID: 29570022.
  64. Kaisarly D, Gezawi ME. Polymerization shrinkage assessment of dental resin composites: a literature review. *Odontology*. 2016 Sep;104(3):257-70. doi: 10.1007/s10266-016-0264-3. Epub 2016 Aug 19. PMID: 27540733.
  65. Aguiar FH, Georgetto MH, Soares GP, Catelan A, Dos Santos PH, Ambrosano GM, Figueroba SR, Lovadino JR. Effect of different light-curing modes on degree of conversion, staining susceptibility and stain's retention using different beverages in a nanofilled composite resin. *J Esthet Restor Dent*. 2011 Apr;23(2):106-14. doi: 10.1111/j.1708-8240.2011.00406.x. PMID: 21477037.
  66. Eltahlah D, Lynch CD, Chadwick BL, Blum IR, Wilson NHF. An update on the reasons for placement and replacement of direct restorations. *J Dent*. 2018 May;72:1-7. doi: 10.1016/j.jdent.2018.03.001. Epub 2018 Mar 6. PMID: 29522787.
  67. Hirata R, Pacheco RR, Caceres E, Janal MN, Romero MF, Giannini M, Coelho PG, Rueggeberg FA. Effect of Sonic Resin Composite Delivery on Void Formation Assessed by Micro-computed Tomography. *Oper Dent*. 2018 Mar/Apr;43(2):144-150. doi: 10.2341/16-331-L. Epub 2018 Feb 2. PMID: 29394140.
  68. Angeletaki F, Gkogkos A, Papazoglou E, Kloukos D. Direct versus indirect inlay/onlay composite restorations in posterior teeth. A systematic review and meta-analysis. *J Dent*. 2016 Oct;53:12-21. doi: 10.1016/j.jdent.2016.07.011. Epub 2016 Jul 22. PMID: 27452342.
  69. Oglakci B, Kazak M, Donmez N, Dalkilic EE, Koymen SS. The use of a liner under different bulk-fill resin composites: 3D GAP formation analysis by x-ray microcomputed tomography. *J Appl Oral Sci*. 2019 Nov 25;28:e20190042. doi: 10.1590/1678-7757-2019-0042. PMID: 31778443; PMCID: PMC6882647.
  70. Akalın TT, Bozkurt FO, Kusdemir M, Özsoy A, Özcan M. Clinical Evaluation of Sonic-Activated High Viscosity Bulk-Fill Nanohybrid Resin Composite Restorations in Class II Cavities: A Prospective Clinical Study up to 2 Years. *Eur J Prosthodont Restor*

- Dent. 2018 Aug 30;26(3):152-160. doi: 10.1922/EJPRD\_01620Akalin09. PMID: 30063305.
71. Meereis CTW, Münchow EA, de Oliveira da Rosa WL, da Silva AF, Piva E. Polymerization shrinkage stress of resin-based dental materials: A systematic review and meta-analyses of composition strategies. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2018 Jun;82:268-281. doi: 10.1016/j.jmbbm.2018.03.019. Epub 2018 Mar 23. PMID: 29627738.
  72. Chandrasekhar V, Rudrapati L, Badami V, Tummala M. Incremental techniques in direct composite restoration. *J Conserv Dent*. 2017 Nov-Dec;20(6):386-391. doi: 10.4103/JCD.JCD\_157\_16. PMID: 29430088; PMCID: PMC5799982.
  73. Xue J, Yang BN. [Effect of preheating on the properties of resin composite]. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*. 2019 Dec 1;37(6):571-576. Chinese. doi: 10.7518/hxkq.2019.06.001. PMID: 31875432; PMCID: PMC7030756.
  74. Bahillo J, Bortolotto T, Roig M, Krejci I. Bulk filling of Class II cavities with a dual-cure composite: Effect of curing mode and enamel etching on marginal adaptation. *J Clin Exp Dent*. 2014 Dec 1;6(5):e502-8. doi: 10.4317/jced.51558. PMID: 25674316; PMCID: PMC4312676.
  75. Balhaddad AA, Garcia I, Collares F, Felix CM, Ganesh N, Alkabashi Q, Massei W, Strassler H, Melo MA. Assessment of the radiant emittance of damaged/contaminated dental light-curing tips by spectrophotometric methods. *Restor Dent Endod*. 2020 Nov 3;45(4):e55. doi: 10.5395/rde.2020.45.e55. PMID: 33294420; PMCID: PMC7691262.
  76. Maktabi H, Balhaddad AA, Alkhubaizi Q, Strassler H, Melo MAS. Factors influencing success of radiant exposure in light-curing posterior dental composite in the clinical setting. *Am J Dent*. 2018 Dec;31(6):320-328. PMID: 30658380.
  77. Dablanca-Blanco AB, Blanco-Carrión J, Martín-Biedma B, Varela-Patiño P, Bello-Castro A, Castelo-Baz P. Management of large class II lesions in molars: how to restore and when to perform surgical crown lengthening? *Restor Dent Endod*. 2017 Aug;42(3):240-252. doi: 10.5395/rde.2017.42.3.240. Epub 2017 Aug 3. PMID: 28808641; PMCID: PMC5553024.
  78. Gyanani HC, Chhabra N, Shah NC, Jais PS. Microleakage in Sub-Gingival Class II Preparations Restored Using Two Different Liners for Open Sandwich Technique Supplemented With or Without Ultrasonic Agitation: An In Vitro Study. *J Clin Diagn*

- Res. 2016 Mar;10(3):ZC70-3. doi: 10.7860/JCDR/2016/18120.7479. Epub 2016 Mar 1. PMID: 27135006; PMCID: PMC4843391.
79. Alkudhairy F, Vohra F. Compressive strength and the effect of duration after photo-activation among dual-cure bulk fill composite core materials. *Pak J Med Sci.* 2016 Sep-Oct;32(5):1199-1203. doi: 10.12669/pjms.325.10727. PMID: 27882021; PMCID: PMC5103133.
80. Juloski J, Köken S, Ferrari M. Cervical margin relocation in indirect adhesive restorations: A literature review. *J Prosthodont Res.* 2018 Jul;62(3):273-280. doi: 10.1016/j.jpjor.2017.09.005. Epub 2017 Nov 15. PMID: 29153552.
81. AlShaafi MM. Factors affecting polymerization of resin-based composites: A literature review. *Saudi Dent J.* 2017 Apr;29(2):48-58. doi: 10.1016/j.sdentj.2017.01.002. Epub 2017 Mar 7. PMID: 28490843; PMCID: PMC5411902.
82. Cadenaro M, Maravic T, Comba A, Mazzoni A, Fanfoni L, Hilton T, Ferracane J, Breschi L. The role of polymerization in adhesive dentistry. *Dent Mater.* 2019 Jan;35(1):e1-e22. doi: 10.1016/j.dental.2018.11.012. Epub 2018 Dec 13. PMID: 30554830.
83. de la Peña VA, García RP, García RP. Sectional matrix: Step-by-step directions for their clinical use. *Br Dent J.* 2016 Jan 15;220(1):11-4. doi: 10.1038/sj.bdj.2016.18. PMID: 26768458.
84. Schwendicke F. Contemporary concepts in carious tissue removal: A review. *J Esthet Restor Dent.* 2017 Nov 12;29(6):403-408. doi: 10.1111/jerd.12338. Epub 2017 Sep 19. PMID: 28925550.
85. Foxton RM. Current perspectives on dental adhesion: (2) Concepts for operatively managing carious lesions extending into dentine using bioactive and adhesive direct restorative materials. *Jpn Dent Sci Rev.* 2020 Nov;56(1):208-215. doi: 10.1016/j.jdsr.2020.08.003. Epub 2020 Sep 20. PMID: 32983288; PMCID: PMC7502031.
86. Toru GI, Tomohiro KW, Yasuhiro MS, Shinohara AS, Junji T. *New strategy to create "Super Dentin" using adhesive technology: Reinforcement of adhesive–dentin interface and protection of tooth structures.* *Japanese Dental Science Review.* 2011 Jan; 47(1): 31-42. doi: 10.1016/j.jdsr.2010.04.002.

87. Ferracane JL, Hilton TJ. Polymerization stress--is it clinically meaningful? *Dent Mater.* 2016 Jan;32(1):1-10. doi: 10.1016/j.dental.2015.06.020. Epub 2015 Jul 26. PMID: 26220776.
88. Kaisarly D, Gezawi ME. Polymerization shrinkage assessment of dental resin composites: a literature review. *Odontology.* 2016 Sep;104(3):257-70. doi: 10.1007/s10266-016-0264-3. Epub 2016 Aug 19. PMID: 27540733.
89. Demarco FF, Corrêa MB, Cenci MS, Moraes RR, Opdam NJ. Longevity of posterior composite restorations: not only a matter of materials. *Dent Mater.* 2012 Jan;28(1):87-101. doi: 10.1016/j.dental.2011.09.003. PMID: 22192253.
90. Beck F, Lettner S, Graf A, Bitriol B, Dumitrescu N, Bauer P, Moritz A, Schedle A. Survival of direct resin restorations in posterior teeth within a 19-year period (1996-2015): A meta-analysis of prospective studies. *Dent Mater.* 2015 Aug;31(8):958-85. doi: 10.1016/j.dental.2015.05.004. Epub 2015 Jun 16. PMID: 26091581.
91. Opdam NJ, van de Sande FH, Bronkhorst E, Cenci MS, Bottenberg P, Pallesen U, Gaengler P, Lindberg A, Huysmans MC, van Dijken JW. Longevity of posterior composite restorations: a systematic review and meta-analysis. *J Dent Res.* 2014 Oct;93(10):943-9. doi: 10.1177/0022034514544217. Epub 2014 Jul 21. PMID: 25048250; PMCID: PMC4293707.
92. van Dijken JW, Pallesen U. Eight-year randomized clinical evaluation of Class II nanohybrid resin composite restorations bonded with a one-step self-etch or a two-step etch-and-rinse adhesive. *Clin Oral Investig.* 2015 Jul;19(6):1371-9. doi: 10.1007/s00784-014-1345-8. Epub 2014 Oct 31. PMID: 25359327.
93. van Dijken JW, Pallesen U. A six-year prospective randomized study of a nano-hybrid and a conventional hybrid resin composite in Class II restorations. *Dent Mater.* 2013 Feb;29(2):191-8. doi: 10.1016/j.dental.2012.08.013. Epub 2012 Oct 9. PMID: 23063254.
94. Heintze SD, Rousson V. Clinical effectiveness of direct class II restorations - a meta-analysis. *J Adhes Dent.* 2012 Aug;14(5):407-31. doi: 10.3290/j.jad.a28390. PMID: 23082310.
95. Hickel R, Roulet JF, Bayne S, Heintze SD, Mjör IA, Peters M, Rousson V, Randall R, Schmalz G, Tyas M, Vanherle G. Recommendations for conducting controlled clinical studies of dental restorative materials. *Clin Oral Investig.* 2007 Mar;11(1):5-33. doi:

- 10.1007/s00784-006-0095-7. Epub 2007 Jan 30. Erratum in: *Clin Oral Investig*. 2008 Mar;12(1):97. PMID: 17262225.
96. Alvanforoush N, Palamara J, Wong RH, Burrow MF. Comparison between published clinical success of direct resin composite restorations in vital posterior teeth in 1995-2005 and 2006-2016 periods. *Aust Dent J*. 2017 Jun;62(2):132-145. doi: 10.1111/adj.12487. Epub 2017 Apr 19. PMID: 27861960.
97. Nedeljkovic I, Teughels W, De Munck J, Van Meerbeek B, Van Landuyt KL. Is secondary caries with composites a material-based problem? *Dent Mater*. 2015 Nov;31(11):e247-77. doi: 10.1016/j.dental.2015.09.001. Epub 2015 Sep 26. PMID: 26410151.
98. Wierichs RJ, Kramer EJ, Meyer-Lueckel H. Risk Factors for Failure of Direct Restorations in General Dental Practices. *J Dent Res*. 2020 Aug;99(9):1039-1046. doi: 10.1177/0022034520924390. Epub 2020 May 21. PMID: 32437636.
99. 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 Nov 1;11(11):e964-e968. doi: 10.4317/jced.55639. PMID: 31700568; PMCID: PMC6825734.
100. 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 Feb;47(2):93-101. doi: 10.3290/j.qi.a35260. PMID: 26665259.
101. Casagrande L, Laske M, Bronkhorst EM, Huysmans MCDNJM, Opdam NJM. Repair may increase survival of direct posterior restorations - A practice based study. *J Dent*. 2017 Sep;64:30-36. doi: 10.1016/j.jdent.2017.06.002. Epub 2017 Jun 8. PMID: 28602850.
102. Morais Sampaio GA, Rangel Peixoto L, Vasconcelos Neves G, Nascimento Barbosa DD. Effect of mouthwashes on color stability of composite resins: A systematic review. *J Prosthet Dent*. 2020 Sep 2:S0022-3913(20)30404-2. doi: 10.1016/j.prosdent.2020.08.001. Epub ahead of print. PMID: 32891404.
103. Wilson N, Lynch CD, Brunton PA, Hickel R, Meyer-Lueckel H, Gurgan S, Pallesen U, Shearer AC, Tarle Z, Cotti E, Vanherle G, Opdam N. Criteria for the Replacement of

- Restorations: Academy of Operative Dentistry European Section. *Oper Dent*. 2016 Sep;41(S7):S48-S57. doi: 10.2341/15-058-O. PMID: 27689930.
104. Bourbia M, Finer Y. Biochemical Stability and Interactions of Dental Resin Composites and Adhesives with Host and Bacteria in the Oral Cavity: A Review. *J Can Dent Assoc*. 2018 Jan;84:i1. PMID: 29513214.
105. Spencer P, Ye Q, Song L, Parthasarathy R, Boone K, Misra A, Tamerler C. Threats to adhesive/dentin interfacial integrity and next generation bio-enabled multifunctional adhesives. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2019 Nov;107(8):2673-2683. doi: 10.1002/jbm.b.34358. Epub 2019 Mar 20. PMID: 30895695; PMCID: PMC6754319.
106. Fernández E, Arroyo E, Pardo C, Oliveira O, Cortés, Moncada G, Casielles JM. Indicators of the risk mechanics for Class-I and Class-II amalgam and composite resin restorations. *Brazilian Journal of Oral Sciences*. 2014 Jun, 13(2): 146-151. <https://doi.org/10.1590/1677-3225v13n2a13>
107. Bernardo M, Luis H, Martin MD, Leroux BG, Rue T, Leitão J, DeRouen TA. Survival and reasons for failure of amalgam versus composite posterior restorations placed in a randomized clinical trial. *J Am Dent Assoc*. 2007 Jun;138(6):775-83. doi: 10.14219/jada.archive.2007.0265. PMID: 17545266.
108. Laske M, Opdam NJM, Bronkhorst EM, Braspenning JCC, Huysmans MCDNJM. Risk Factors for Dental Restoration Survival: A Practice-Based Study. *J Dent Res*. 2019 Apr;98(4):414-422. doi: 10.1177/0022034519827566. Epub 2019 Feb 20. PMID: 30786222.