

Kritische Wertung neuer Füllungsmaterialien...

Georg Meyer, Greifswald

Übersicht

Einleitung

Plastische Füllungsmaterialien:

Amalgam

Komposit

Glasionomer

Goldhämmerfüllung

Indirekte Füllungsmaterialien:

Keramik

Gold

Entscheidungskriterien

Einlagefüllung/Inlay vs Teilkrone

Einleitung

Unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten haben Einzelzahnrestaurationen aus Amalgam oder Kunststoff sowie aus Gold oder Keramik bei korrekter Indikation und sachgemäßer Verarbeitung gleichermaßen ihre jeweiligen Anwendungsbereiche.

Plastische Füllungsmaterialien

Obwohl **Silberamalgam** nach wie vor weltweit das meist verwendete plastische Füllungsmaterial im Seitenzahnbereich ist, führen insbesondere in Deutschland spektakuläre – aber leider auch höchst spekulative – Presseberichte sowie gezielte Fehlinformationen unterschiedlicher Interessengruppen zu einer starken Verunsicherung bei der Bevölkerung. Hauptgrund hierfür dürfte der hohe Quecksilberanteil sein, obwohl dieser im Amalgam äußerst stabil gebunden ist und unter den physiologischen Bedingungen der Mundhöhle nicht in pathologisch relevanten Dosen freigesetzt werden kann [1]. Das wurde in zahlreichen klinischen Studien belegt, beispielsweise in der von Amalgamskeptikern und Amalgambefürwortern gemeinsam konzipierten langjährigen Münchner Amalgamstudie, die sehr nachhaltig zeigte, dass vom Werkstoff Amalgam keine über ein medizinisch vertretbares Maß hinausgehenden Risiken zu erwarten sind [2]. In einer epidemiologischen Studie wurden Schliffacetten als Ausdruck von Kaufunktionsstörungen, die letztendlich zu craniomandibulären Dysfunktionen

(CMD) führen können, mit der höchsten Häufigkeit auf Amalgamfüllungen gefunden [3]. Daraus resultierende Krankheitsbilder, wie Kopf- und Gesichtsschmerzen, Ohrgeräusche, Kieferschmerzen u.a., entsprechen ziemlich genau den sehr häufig, aber somit fälschlicherweise, auf den Werkstoff Amalgam zurückgeführten Beschwerden [4]. Alle weltweit verfügbaren praxisrelevanten Studien zeigen eindeutig, dass Amalgam unter den plastischen Füllungsmaterialien mit zunehmender Kavitätengröße und Kaubelastung die beste Langzeithaltbarkeit hat [5, 6, 7, 8, 9]. Entgegen einem eindeutigen Beschluss der Weltzahnärzteschaft (FDI) im Jahre 2009 wird neuerdings - unter großem Engagement erklärter Amalgamgegner und Umweltschützer - versucht, mit einem weltweiten Quecksilberverbot insbesondere den Werkstoff Amalgam zu treffen. Das ist kaum nachvollziehbar, denn Dentalquecksilber macht in der gesamten globalen Umweltbilanz nur 0,1 – 0,2 Prozent der Gesamtbelastung durch freies Quecksilber aus [10, 11]. Unter gesundheitsökonomischen Gesichtspunkten könnte – so die FDI – derzeit nur schrittweise und einhergehend mit weltweiten bevölkerungswirksamen Prophylaxeprogrammen auf Amalgamfüllungen verzichtet werden [12]. Wichtige Voraussetzung für die Langzeithaltbarkeit von Amalgam ist eine darauf abgestimmte Bearbeitung der Zahnhartsubstanz und eine werkstoffgerechte Verarbeitung des Amalgams [13]. Trotzdem, und im Gegensatz zu allen anderen Materialien, „verzeiht“ die Amalgamfüllung in erstaunlich hohem Maße Verarbeitungsfehler, die sich unter widrigen Arbeitsbedingungen, beispielsweise in der Alterszahnheilkunde, nicht immer vermeiden lassen. Hilfreich hierbei sind die bakteriostatischen Eigenschaften des Amalgams sowie eine zunehmende Abdichtung der Ränder („Selbstversiegelung“) im Laufe der Zeit.



Abb. 1: Sorgfältig modellierte und funktionell integrierte Amalgamfüllung



Abb. 2: Amalgamfüllung mit Schliff Facette/Vorkontakt, die CMD mit Gesichtsschmerzen auslöste

Merke: Vom Amalgam sind keine über ein medizinisch vertretbares Maß hinausgehenden Risiken zu erwarten. Vermeintliche Amalgambeschwerden können auf CMD beruhen. Unter starker Belastung haben Amalgamfüllungen die größte Langzeithaltbarkeit.

Zahnfarbene Kunststoffe mit entsprechenden Füllkörpern (**Komposite**) sind in Verbindung mit der Schmelz-Ätz-Technik sicherlich als wichtigster zahnmedizinischer Fortschritt des letzten Jahrhunderts zu bewerten. Im relativ gering beanspruchten Frontzahnbereich sowie bei kleinen Seitenzahnfüllungen können mit diesen Werkstoffen hervorragende Langzeitergebnisse erreicht werden. Dagegen sind Komposite – trotz beachtlicher Weiterentwicklungen – im okklusionstragenden Seitenzahnbereich mit zunehmender Kavitätengröße, stärkerer Kaubelastung und erhöhtem Druck, beispielsweise durch prothetische Klammerauflagen, nur bedingt einsetzbar [14, 15, 16], denn „die Ränder öffnen sich unter Last“ [17].



Abb. 3a, b: Im gering beanspruchten Frontzahnbereich können auch große Aufbauten aus Komposit (hier: Trauma nach Fahrradsturz) eine sehr gute Langzeithaltbarkeit erreichen.

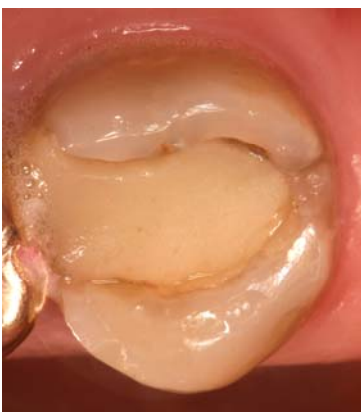


Abb. 4: Ein anterior offener Biss mit Kontakten nur auf den Molaren führte hier zu einer Randspaltbildung, die sich im Laufe der Zeit vergrößerte. Es lag (noch...) keine Fraktur vor. Die Therapie der Wahl wäre hier eine Teilkrone mit Überkuppung aller Höcker.

Wenn Randspalten und Randverfärbungen bei posterioren Kompositfüllungen aufgetreten sind, führen sie, so eine umfassende klinische Langzeitstudie, zwei Jahre später 8,7 Mal häufiger zum Füllungsversagen, vor allem durch Sekundärkaries, als es bei intakten Rändern der Fall ist [18]. Ein wesentlicher Grund besteht darin, dass alternde Kunststoffe offensichtlich bakterienfreundlich werden. So konnten unter Kunststofffüllungen mit Randspalten bis zu 8 Mal mehr kariogene, insbesondere auch anaerobe, Mikroorganismen gefunden werden als unter vergleichbar insuffizienten Amalgamfüllungen bzw. Unterfüllungen aus Zinkoxidphosphatzement [19].



Abb. 5a: Exemplarische anaerobe Bakterienkultur nach Abstrich unter Kompositfüllung.



Abb. 5b: Exemplarische anaerobe Kultur nach Abstrich unter Amalgamfüllung.

Zahlreiche weitere Studien belegen, dass Kunststoffe einschließlich hierauf basierender Befestigungsmaterialien ein deutlich geringeres bakteriostatisches Potenzial haben als Silber, Gold, Zinn, Kupfer, Zinkoxid u.a. [20, 21]. Eine Untersuchung an kariesaktiven Kindern zeigte nach Kompositversorgung eine deutlich kariogenere Mundhöhlenflora als die Kontrollgruppe, bei der die Defekte mit konfektionierten Edelstahlkronen versorgt worden waren [22]. Diese mikrobiologische Grundproblematik von Kunststoffen geht weit über die Zahnmedizin hinaus, denn Biofilme werden auf Kunststoffoberflächen von Behältern, Schläuchen, Röhren – auch in zahnärztlichen Behandlungseinheiten - und sogar bei Türklinken zu einem größeren hygienischen Problem als bei Metallen [23].

Als Konsequenz sollte der Kliniker die Voraussetzungen schaffen, um Randspaltbildungen bei Kompositfüllungen zu vermeiden. Dazu müssen in erster Linie alle Arbeitsschritte sorgfältig eingehalten werden, angefangen von der

absoluten Trockenlegung mit Kofferdam über die genaue Beachtung der Verarbeitungshinweise des jeweiligen Kompositherstellers bis hin zur korrekten Füllungsgestaltung, denn die Kompositfüllung „verzeiht“ – im Gegensatz zu Amalgam - keine Fehler [14]. Trotz intensiver Forschung ist das Randspalt-/ Sekundärkariesproblem bei Kompositen aufgrund mangelnder bakteriostatischer Eigenschaften bisher noch nicht gelöst. Allerdings gibt es einen ersten vielversprechenden Ansatz: Durch Zugabe von speziell synthetisierten Calcium-Phosphat-Nanopartikeln ist es zumindest unter Laborbedingungen gelungen, bei diesen modifizierten Kompositen kariesinhibitorische Eigenschaften zu erreichen [24].

Über die **Biokompatibilität** plastischer Füllungsmaterialien wurde in der Vergangenheit zu wenig reflektiert. Alle biologisch-toxikologischen Aspekte unseres Berufsstandes wurden fast ausschließlich auf das Amalgam fokussiert. Über biologische Aspekte organischer Kunststoffverbindungen in der Mundhöhle wurde selten nachgedacht. Vielmehr waren Komposite per se „die Guten“ und sie wurden in großen Mengen, gerade auch bei sogenannten biologisch begründeten „Amalgamsanierungen“, kritiklos und auf breiter Basis eingesetzt. Aufgrund der aktuellen Forschung sind solche Entscheidungen unter mikrobiologischen, allergologischen und möglicherweise auch immunologischen und hormonellen Aspekten nicht mehr haltbar [25, 26, 27]. Wegen stark zunehmender Kontaktallergien bei Angehörigen unseres Berufsstandes wird dringend vor dem Berühren dieser Werkstoffe, auch mit Gummihandschuhen, gewarnt [28, 29].

Allergische Reaktionen bei Patientinnen und Patienten, die in Einzelfällen zu anaphylaktischen Schockzuständen führten, sind insgesamt selten, scheinen aber ebenfalls zuzunehmen [30]. Im Sinne einer ärztlichen Verantwortung müssen diese Allergierisiken bei Patienten anamnestisch hinterfragt werden [25].



Abb. 6: Schwere Kontaktallergie einer Kollegin auf Kompositbestandteile.

Während **Dentinadhäsive** unter Laborbedingungen auf mechanisch-physikalischer Basis hervorragende Retentionsergebnisse liefern, scheint es bei vitaler Pulpa und geringer Restdentinabdeckung zu Immunreaktionen zu kommen, die zu einer internen Randspaltbildung und/oder zu einer Schädigung der Pulpa führen können [31, 32]. Deshalb wird dringend empfohlen, bei tiefen Kavitäten den pulpennahen Bereich mit einer entsprechenden Abdeckung vor Dentinadhäsiven zu schützen. Da die Dentinpermeabilität mit zunehmendem Abstand von der Pulpa exponentiell abnimmt, können dort Dentinadhäsive mit geringerem Risiko für die Pulpa eingesetzt werden [25, 33].

In einer histologischen tierexperimentellen Studie an Hunden konnte gezeigt werden, dass Dentinadhäsive zu Zahnfleischentzündungen führen, wenn sie subgingival zur Befestigung bzw. Retentionserhöhung zahnärztlicher Restaurationen eingesetzt werden [34].

Die Forschung über **systemische Folgen von Kunststoffen** ist äußerst komplex und deshalb bisher noch nicht sehr aussagekräftig. In einer tierexperimentellen Studie konnten Fertilitätsstörungen bei Mäusen, denen Bestandteile von Kunststofffüllungen mit der Nahrung verabreicht wurden, nachgewiesen werden. Hier scheinen Bisphenol A und auch TEGDMA eine besondere Rolle zu spielen [35]. Eine andere Arbeitsgruppe folgerte aus Zellkulturversuchen, dass die Toxizität vom HEMA und TEGDMA hauptsächlich auf oxidativen Metaboliten und der Bildung von freien Radikalen zu beruhen scheint. Die Toxizität der Kunststoffbestandteile – so die Autoren – ließe sich durch antioxidative Vitamine verringern [36]. Da bisher nicht klar ist, inwieweit sich derartige Befunde auf den Menschen übertragen lassen, besteht hier weiterer Forschungsbedarf. Möglicherweise könnte das zukünftig zu der Empfehlung führen, freie Kunststoffflächen in der Mundhöhle möglichst klein zu halten [37]. Das wäre einerseits durch minimalinvasive Füllungen erreichbar oder aber durch Keramik- und Goldrestaurationen.

Merke: Kompositfüllungen mit Randspalten sind besonders anfällig für kariogene Bakterien. Randspalten entstehen bei großen Füllungen und starker Belastung. Die biologischen Eigenschaften von Kompositen und Dentinadhäsiven müssen ebenso kritisch hinterfragt werden wie bei jedem anderen medizinischen Werkstoff.

Reine **Glasionomere** scheinen unter biologischen Gesichtspunkten unkritischer zu sein als die bisher bekannten und in Kompositen eingesetzten Kunststoffverbindungen. Allerdings ist die mechanische Stabilität von Glasionomeren sehr eingeschränkt, so dass sie – zumindest im okklusionstragenden Seitenzahnbereich – für dauerhafte Restaurationen noch nicht geeignet sind.

Eine klinische Rarität unter den plastischen Füllungen ist heute die **Goldhammerfüllung**, die unmittelbar durch Kondensation von Blatt- und/oder Schwammgold hergestellt wird. Sie bietet sich an für kleinste kariöse Läsionen, vor allem in Zahnfissuren und im Zahnhalsbereich bei insgesamt niedrigem Kariesniveau und guter Mundhygiene. Diese aufwendige Art von reinen Goldfüllungen gehört zu den dauerhaftesten und biologisch unkritischsten Restaurationsverfahren in der Zahnheilkunde [38].



Abb. 7: Goldhammerfüllung (beim Autor...) nach 33 Jahren

Indirekte Füllungsmaterialien

Die Grundprinzipien **vollkeramischer Restaurationsverfahren** sind in der Zahnmedizin seit vielen Jahrzehnten bekannt. Erst mit der Einführung adhäsiver Befestigungsmethoden hat sich ihr Indikationsspektrum deutlich erweitert. Unter ästhetischen Gesichtspunkten sind optimale Ergebnisse mit den modernen Vollkeramiken erreichbar. Keramische Inlays und Teilkronen könnten gesintert, gepresst und maschinell gefräst hergestellt werden. Schon in naher Zukunft werden CAD-/CAM-Verfahren Standard sein, um in der Praxis oder über Online-Verfahren an zentraler Stelle zeitnah und kostengünstig Inlays und Teilkronen zu erstellen, so dass dann sowohl auf Amalgam- als auch auf große Kunststofffüllungen weitgehend verzichtet werden könnte. Eine kürzlich publizierte wissenschaftliche Studie zeigt schon jetzt, dass mit dem direkten computergestützten CEREC-3-Verfahren bessere Ergebnisse zu erreichen waren, als mit der herkömmlichen abdruck- und modelbasierten Zahntechnik [39].



Abb. 8: Keramische Teilkronen mit supra-gingivaler Präparation bei tief zerstörten Zähnen ohne aufwendige kosmetische Individualisierung.

Merke: In Zukunft werden keramische CAD-/CAM-Restaurationen sowohl Amalgam- als auch große Kompositfüllungen weitgehend ersetzen können.

Der **klassische Goldguss** hat sich als indirekt einzusetzende zahnärztliche Restaurationsmethode für den okklusionstragenden Seitenzahnbereich seit vielen Jahrzehnten hervorragend bewährt. Kleine Kavitäten werden mit Inlays aus Gold restauriert. Sehr stark zerstörte Zähne können durch Überkupplung der Höcker mit Teilkronen aus Goldlegierungen dauerhaft stabilisiert werden. Die Präparation von Inlays und Teilkronen aus Gold ist vergleichsweise anspruchsvoll, weil auf kleinstem Raum genügend Retention für spätere Kaubelastungen angelegt werden muss, zumal die Restaurationen in der Regel mit herkömmlichen Zinkoxidphosphat-Zementen fixiert werden. Diese haben - im Vergleich zu adhäsiven Zementierverfahren - nur eine sehr geringe Retentionserhöhung, weshalb hier Dezementierungen bei zu wenig retentiver Präparation die Hauptversager von Inlays und Teilkronen sind [40]. Dagegen sind Zinkoxidphosphat-Zemente aber bakteriostatisch, also kariesshemmend und – gerade auch bei tiefen Kavitäten – biologisch ebenso unkritisch wie Goldlegierungen. Im Artikulator aufgewachste und funktionell optimierte Okklusalfächen können durch den Präzisionsguss dimensionsgetreu in Gold umgesetzt werden und die Kaufunktion dauerhaft stabilisieren. Wenn nötig dürfen feinste Einschleifkorrekturen zu jeder Zeit erfolgen, ohne die Qualität der Restaurationen zu beeinträchtigen. Goldgussfüllungen - und hier insbesondere Teilkronen - haben auch unter extremen Belastungssituationen, wie z.B. Bruxismus, die weitaus größte Langzeithaltbarkeit, so dass es kaum zu

verantworten ist, in der Ausbildung sowie in der täglichen Praxis auf diese Restaurationsmethoden zu verzichten.



Abb. 9: Diese Präparationen für Goldgüsse, Inlay (Prämolar) und Teilkrone (Molar), lassen sehr gut die retentiven Strukturen erkennen. Diese sind wichtigste Voraussetzungen für eine gute Langzeithaltbarkeit, insbesondere wenn mit Zinkoxid-Phosphat-Zementen zementiert werden soll.

Merke: Der Begriff „Goldstandard“ kann in der Zahnerhaltung sowohl unter biologischen als auch unter Langzeitgesichtspunkten wortwörtlich verstanden werden...

Insgesamt haben sowohl Gold- als auch Keramikrestaurationen alle werkstoffkundlichen Voraussetzungen für eine hervorragende Langzeithaltbarkeit. Anders als Komposite und Amalgame bieten sie auch unter biologischen Aspekten kaum Ansätze zur Kritik, erfordern aber einen deutlich höheren und präziseren klinischen Aufwand.

Misserfolge treten insbesondere dann auf, wenn die Entscheidungskriterien zwischen Inlay und Teilkrone nicht beachtet werden.

Entscheidungskriterien Einlagefüllung/Inlay vs. Teilkrone

Nur selten machen wir uns bewusst, dass natürliche Zähne durch eine Kavitätenpräparation dramatisch geschwächt werden. So verringert sich die Bruchfestigkeit allein durch zweiflächige Kavitäten um 40 Prozent, bei dreiflächigen Kavitäten sind es 60 Prozent. Bei endodontisch behandelten Zähnen erhöhen sich diese Werte noch einmal um ca. 20 – 40 Prozent, weil das stabilisierende Pulpdach fehlt [41, 42]. Bevor es zu einer Fraktur kommt, werden Zähne bei Belastung elastisch deformiert. Auch dieser Wert steigt mit zunehmender

Kavitätengröße deutlich an und kann schon bei normaler Kaubelastung zu einer Höckerauslenkung führen, die im Mikrometerbereich liegt [43].

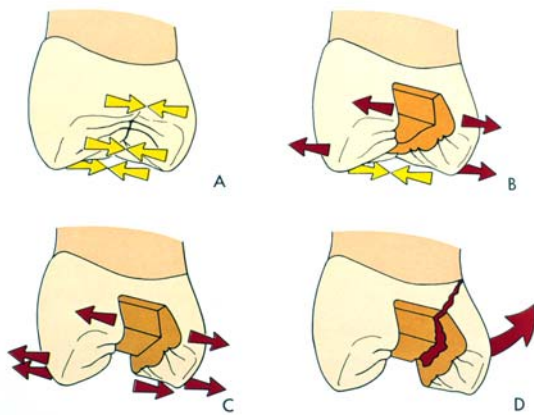


Abb. 10: Im Vergleich zur natürlichen geschlossenen Schmelzkrone führen Kavitätenpräparationen mit zunehmender Größe zu einer deutlichen Schwächung des Zahnes.

Hieraus ergeben sich Konsequenzen für jegliche Art von Einlagefüllungen/Inlays, unabhängig davon, ob sie aus Amalgam, Kunststoff, Gold oder Keramik sind [44]. Auch ein adhäsiver Verbund ist bei stark geschwächten Zähnen bzw. ausgedehnten Kavitäten und großer okklusaler Belastung nicht immer geeignet, eine dauerhafte Stabilisierung zu erreichen, weil bei Kompositen durch Wasseraufnahme und –abgabe sowie Temperaturschwankungen permanente Quellungs- und Schrumpfungsvorgänge stattfinden, die zu starken Belastungen und Spaltbildungen in den Randbereichen führen können [45, 17] sowie zu einer rapiden Verschlechterung der mechanischen Eigenschaften [46]. Schon BLACK („Extension for Prevention“) wies selbstkritisch darauf hin, dass bei großen Kavitäten im Seitenzahnbereich eine Überkupplung – zumindest tragender Höcker – sinnvoll ist [47] um Randspaltbildungen oder Frakturen zu vermeiden.

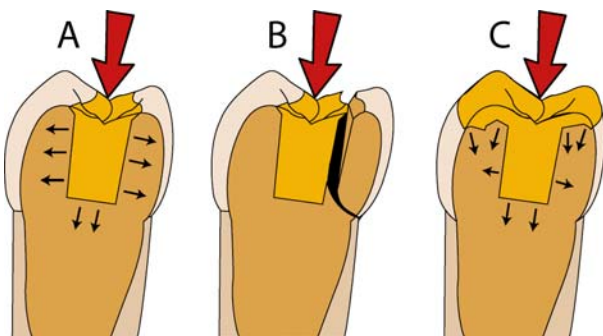


Abb. 11: Große mehrflächige Einlagefüllungen, auch adhäsiv eingesetzt, können stark geschwächte Zähne nicht dauerhaft stabilisieren ganz im Gegensatz zu Teilkronen mit Überkupplung der Höcker.

Die Entscheidungskriterien zwischen plastischen Einlagefüllungen bzw. Gold- und Keramikinlays einerseits sowie Überkupplungen mit Teilkronen aus Keramik- oder Goldlegierungen andererseits sind nahezu identisch, weil die Schwächung des Zahnes und nicht der jeweilige Werkstoff entscheidend ist für die Prognose [48].

Indikation für Einlagefüllungen/Inlays:

- Kavität nicht zu breit
- Kavität nicht zu tief
- Keine Schmelzrisse vorhanden
- Keine massiven Schliffacetten
- Zahn vital
- Front-/Eckzahnführung gewährleistet
- Patient weiblich

Indikation für Teilkronen:

- Große und tiefe mehrflächige Defekte
- Sehr breite und tiefe okklusale Kavitäten mit unterminierten Höckern/Randleisten
- Schmelzrisse/Parafunktionen
- Front-/Eckzahnführung insuffizient
- Avitale/wurzelbehandelte Zähne
- Endständige Molaren bei größeren Defekten und/oder stärkeren Abrasionen der Kaufläche
- Patient männlich

Der geschlechtsspezifische Einflussfaktor erklärt sich daraus, dass Männer signifikant größere und stärkere Schliffacetten haben als Frauen sowie größere Kaukräfte aufbringen können [49]. Das scheint auch der Grund zu sein, warum Inlays bei Frauen eine geringere Verlustquote aufweisen als bei Männern [50].



Abb. 12a: Der erste Prämolare hat eine schmale flache Kavität, wogegen der zweite Prämolare stark unterminierend zerstört ist.



Abb. 12b: Der erste Prämolare wurde mit einem Inlay versorgt, der zweite Prämolare mit einer Teilkrone.

Insgesamt gesehen haben Teilkronen bei der Einzelzahnversorgung die weitaus größte Langzeithaltbarkeit. Dabei schneiden Teilkronen aus Gold etwas besser ab als solche aus Keramik [51]. Die Ursache dürfte darin bestehen, dass Restaurationen aus Goldlegierungen nicht frakturieren können.

Merke: Im Vergleich zu natürlichen gesunden Zähnen führen Kavitätenpräparationen zu einer deutlichen Zunahme der elastischen Deformation mit der Gefahr einer Randspaltbildung, auch bei adhäsiven Verfahren, sowie zu einer erhöhten Frakturanfälligkeit. Deshalb sollten vor allem im Molarenbereich bei großen Kavitäten frühzeitig Teilkronen aus Gold oder Keramik eingeplant werden.

CME-Fragen

1. Welche Aussage trifft nicht zu?
 - a) Quecksilber aus Amalgamfüllungen stellt in der Umwelt den größten Belastungsfaktor dar
 - b) Amalgamfüllungen sind für große Kavitäten im Seitenzahnbereich geeignet
 - c) Amalgamfüllungen können CMD-Symptome auslösen
 - d) Amalgamfüllungen können nicht zu Quecksilbervergiftungen führen
 - e) Amalgamfüllungen sind bakteriostatisch

2. Welche Aussage trifft zu?
 - a) Kompositfüllungen sind für große Kaubelastungen besser als Amalgam geeignet
 - b) Randspaltbildungen bei Kompositfüllungen sind harmlos
 - c) Komposite können keine Allergien hervorrufen
 - d) Komposite sind für die Erstversorgung kleiner Kavitäten am besten geeignet
 - e) Komposite sind biologisch harmloser und unkritischer als Amalgam

3. Was ist keine Indikation für Teilkronen?
 - a) Avitale/wurzelbehandelte Zähne
 - b) Schmelzrisse/Parafunktionen
 - c) Große und tiefe mehrflächige Defekte
 - d) Flache, schmale Kavität
 - e) Patient männlich

4. Hauptversager für Inlays und Teilkronen aus Gold sind:
 - a) Präparationsbedingte ungenügende Retention
 - b) Pulpenprobleme durch Zinkoxid-Phosphat-Zemente
 - c) Allergien
 - d) Frakturen
 - e) Parodontale Entzündungen

5. Sichere Indikationen für Kompositfüllungen sind:
 - a) Poly-Allergiker
 - b) Okklusionstragende Füllungen bei Bruxieren
 - c) Erstversorgung nicht okklusionstragender Klasse-II-Kavitäten
 - d) Keine schmelzbegrenzten Kavitäten
 - e) Kariesaktive Risikokinder

Literatur

1. Halbach St. Amalgam – Zahnmedizin zwischen Toxikologie und Toxikophobie. Zahnmedizin up2date 5, 2009; 471-85.
2. Melchart D, Vogt S, Köhler W, Streng A, Weidenhammer W, Kremers L, Hickel R, Felgenhauer N, Zilker T, Wühr E, Halbach S. Treatment of health complaints attributed to amalgam. J Dent Res. 2008;87(4):349-53.
3. Küppers A, Holtfreter B, Kordaß B, Bernhardt O. Okklusaler und inzisaler Verschleiß von Zahnhartgewebe und dentalen Restaurationsmaterialien. Ergebnisse einer populationsbasierten Probandengruppe aus dem assoziierten Projektbereich der regionalen Basisstudie Vorpommern – Study of Health in Pomerania (SHIP). 42. Jahrestagung DGFD. 04./05.12.2009 Bad Homburg.
4. Meyer G: Amalgamproblematik unter funktionellen Aspekten. AZN 4/09, 12-6.
5. Kovarik R.E. Restoration of Posterior Teeth in Clinical Practice: Evidence Base for Choosing Amalgam versus Composite. Dent Clin N Am 53 2009; 71-76.
6. Roumanas EC. The frequency of replacement of dental restorations may vary based on a number of variables, including type of material, size of the restoration, and caries risk of the patient. J Evid Based Dent Pract. 2010 Mar; 10(1):23-4.
7. Burke FJT, Wilson NHF, Cheung SW et al. Influence of patient factors on age of restorations at failure and reasons for their placement and replacement. J Dent 2001;29: 317-24.
8. Bernado M et al. Survival and reasons for failure of amalgam versus composite posterior restorations placed in a randomized clinical trial. J Am Dent Assoc. 2007 ; 138(6): 775-83
9. Antony K, Hiebinger C, Genser D, Windisch F. Haltbarkeit von Zahnamalgam im Vergleich zu Kompositkunststoffen. DIMDI. Schriftenreihe Health Technology Assessment, Bd. 76, 1. Auflage 2008.
10. Jones D. Putting dental mercury pollution into perspective. British Dental Journal 2004; 197, 175-77.
11. Jones D. The Safety of Dental Amalgam. Information provided to FDI for the meeting with UN and WHO on November 16-17, 2009.
12. FDI Statement. Genf 2010.
13. Motsch A, Meyer G. Die Amalgamfüllung – Heute!. Unterrichtsschrift, Göttingen 1992. 8. überarbeitete und erweiterte Auflage, Greifswald 2009.
14. Haller B. Direkte Seitenzahnrestauration mit Komposit. Zahnmedizin up2date 6, 2009; 579-601.

15. Pospiech P, Nagel F. Zum Verhalten von Füllungsmaterialien unter Modellgussklammern. 53. Jahrestg. DGZPW, Kiel 2004.
16. Hayashi M, Wilson NHF. Failure Risk of Posterior Composites with Post-operative Sensitivity. *Operative Dentistry* 2003; 28-6: 681-688.
17. Lutz F, Besek M, Göhring T, Krejci I. Amalgamersatz – klinisches Potenzial. *Acta Med Dent Helv* 2000;5: 21-30.
18. Hayashi M, Wilson NHF. Marginal deterioration as a predictor of a posterior composite. *Eur J Oral Sci* 2003; 111:155-162.
19. Splieth Ch, Bernhardt O, Heinrich A, Bernhardt H, Meyer G. Anaerobic microflora under Class I and II composite and amalgam restorations. *Quintessence Int* 2003; 34: 497-503.
20. Pennekamp Th. Befestigungsmaterialien und bakterielle Kontamination des Dentins. DGZMK/BZÄK (Dentsply-Förderpreis) Hannover 2002.
21. Slutzky H., Weiss I., Lewinstein, I., Slutzky S., Matalon S. Surface antibacterial properties of resin and resin-modified dental cements. *Quintessence Int* 2007; 38:55-61.
22. Willershausen B, Ernst CP, Kasyj A, Topf J, Pistorius A. Influence of Dental Restorative Materials on Salivary *Streptococcus mutans* and *Lactobacilli* in the Primary Dentition. *Oral Health Prev Dent* 2003;1(2): 157-62.
23. Gürtler L. Medizinische Mikrobiologie Universität Greifswald, persönliche Mitteilung. 2005
24. Xu HHK, Weir MD, Sun L, Takagi S, Chow LC. Effects of Calcium Phosphate Nano-particles on Ca-PO₄ Composite. *J Dent Res* 86(4): 378-383, 2007 (Paffenberger Research Center).
25. Schmalz G, Geurtsen W, Arenholt-Bindslev D. Die Biokompatibilität von Komposit-Kunststofffüllungen. *Dtsch Zahnärztl Z* 2005; 60:563-576.
26. Schmalz G. Biokompatibilität zahnärztlicher Materialien. *Zahnmedizin up2date* 2, 2010; 147-163.
27. Darmani H, Al-Hiyasat, AS, Milhelm MM. Cytotoxicity of dental composites and their leached components. *Quintessence Int* 2007;38: 789-795.
28. Lönnroth EC, Wellendorf H, Ruyter IE. Permeability of different types of medical protective gloves to acrylic monomers. *Eur J Oral Sci* 2003;111:440-446.
29. Lindström M, Alanko K, Keskinen H, Kanerva L. Dentist`s occupational asthma, rhinoconjunctivitis, and allergic contact dermatitis from methacrylates (MA). *Finnish Institute of Occupational Health Allergy* 2002;57: 543-545.

30. Reichl FX. Allergien gegen Füllungsmaterialien nehmen zu. DZW 37, 2009, S. 1.
31. Koshiro K, Inoue S, Sano H, De Munck J, Van Meerbeek B. In vivo degradation of resin-dentin bonds produced by a self-etch and an etch-and-rinse adhesive. Eur J Oral Sci 2005; 113 (4), 341-348.
32. Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Endo K, Sano H, Oguchi H. In vivo Degradation of Resin-Dentin Bonds in Humans Over 1 to 3 Years. J Dent Res 2000;79(6): 1385-1391.
33. Kispélyi B, Fejédy L, Iványi I, Rosivall L, Nyárasdy I. Effect of an „All-in-one“ Adhesive on Pulp Blood Vessels: A Vitalmicroscopic Study of Rat`s teeth. Operative Dentistry 2004; 29-1: 75-79.
34. Redlich M, Harary D, Shoshand Sh. Gingival response to a new multipurpose dental adhesive: A histologic study in dogs. J Prosthet Dent 1996; 76, 379.
35. Al-Hiyasat AS, Darmani H, Elbetieha AH. Leached components from dental composites and their effects on fertility of female mice. Eur J Oral Sci 2004; 112: 267-272.
36. Walther U, Siagian II, Walther SC, Reichl FX, Hickel R. Antioxidative vitamins decrease cytotoxicity of HEMA and TEGDMA in cultured cell lines. Archives of Oral Biology 2004; Vol. 49(2):125-131.
37. Geurtsen W. Polymethylmethacrylate Resins. In: Biocompatibility of Dental Materials. Hrsg.: G. Schmalz, D. Arenholt-Bindslev. Springer Verlag Berlin Heidelberg 2009.
38. Splieth Ch, Rosin M, Steffen H, Meyer G. Minimal-invasive Restaurationen. ZWR 11/2000: 634-637.
39. Ural C, Burgaz Y, Saraç D. In vitro evaluation of marginal adaptation in five ceramic restoration fabricating techniques. Quintessence Int 2010; 41:585-590.
40. Schlösser R, Kerschbaum Th, Ahrens FJ, Cramer M. Survival rate of partial and full crowns, Dtsch Zahnärztl Z 48/1993, 696–698.
41. Re GJ, Norling BK. Fracturing molars with axial forces. J Dent Res 1981, 60: 805.
42. St-Georges AJ, Sturdevant JR, Swift Jr EJ, Thompson JY. Fracture resistance of prepared teeth restored with bonded inlay restorations. J Prosth Dent 2003;89:551-7.
43. Krainau R, Meyer G, Vogel A, Lauterborn W. Kavitätendeformation unter Matrizeneinwirkung – Messungen mit Hilfe granulataions-optischer Methoden. Dtsch Zahnärztl Z 42/1987, 102.

44. Hayashi M, et al. Quantitative Measurement of Marginal Disintegration of Ceramic Inlays. Operative Dentistry 2004; 29-1: 3-8.
45. Motsch A. Die Kompositfüllung im Seitenzahnbereich – ein Amalgamersatz?. In: Akademie Praxis und Wissenschaft in der DGZMK (Hrsg). Funktionslehre. Schriftenreihe APW. München: Hanser, 1993.
46. Hahnel S, Henrich A, Bürgers G, Handel G, Rosentritt M. Investigation of Mechanical Properties of Modern Dental Composites After Artificial Aging for One Year. Operative Dentistry 2010; 35-4: 412-419.
47. Black GV. Die Technik des Zahnfüllens. Konservierende Zahnheilkunde Band II, Hermann Meusser Verlag Berlin 1914.
48. Lang H, Schüler N, Nolden R. Ceramic inlay or partial ceramic crown? DZZ 53(1), 1998: 53-56.
49. Bernhardt O. Craniomandibular disorders – prevalence, diagnosis and interactions. Habilitation 2004, Univ. Greifswald.
50. Haberkorn Th. Inlay versus Teilkrone. Med. Dissertation 2003, Univ. Köln.
51. Schmalz G, Geurtsen W, Haller B, Federlin M. Zahnfarbene Restaurationen aus Keramik: Inlays, Teilkrone und Veneers. Stellungnahme DGZMK 2001. www.dgzmk.de