

# Kariesexkavering och kavitetdesign

**SAMMANFATTAT** Syftet med kariesexkavering är att avlägsna uppmjukat, infekterat dentin men samtidigt minimera avverkan av frisk tandhårdvävnad. För att uppnå detta kan flera olika metoder för kariesexkavering kombineras.

Accepterad för publicering 29 augusti 2010

**K**ariesexkavering och preparation syftar till att avlägsna infekterad, karieserad tandhårdvävnad men också till att skapa en gynnsam kavitetform. Mycket talar för att mängden kvarvarande tandhårdvävnad påverkar behandlingsresultatet på sikt. Hos en restaurerad tand ökar risken för misslyckande med antalet fyllda ytor. Minimalt invasiv vård innebär däremot inte alltid att en maximal mängd tandhårdvävnad ska sparas. Ibland måste tandsubstans avverkas för att på sikt begränsa risken för frakturer.

Kariesskadad tandhårdvävnad kan avlägsnas med ett flertal metoder. Även om alla tekniker bedöms kunna skapa kariesfrihet har varje metod specifika egenskaper. Flera metoder kan kombineras för att nå ett optimalt resultat.

Kariesexkavering syftar till att avlägsna uppmjukat, infekterat dentin så att progressionen stannar av. Även om det antytts i enstaka studier att kariesprocessen avstannar och att pulpan behåller sin vitalitet är den samlade bedömningen att det i nuläget saknas vetenskapligt stöd för att lämna kvar infekterat, karieserat dentin (så kallad indirekt överkapping).

Vid exkavering av djup karies ökar risken för pulpaexponering. Risken reduceras vid stegvis exkavering jämfört med omedelbar fullständig exkavering.

## INTRODUKTION

Exkavering och preparation syftar till att avlägsna karieserad tandhårdvävnad men också till att skapa en gynnsam kavitetdesign. Kavitetens form och storlek kommer att påverka möjligheten till insyn och applicering av fyllningsmaterial. Dessutom kan designen inverka på hållfastheten hos både fyllning och tand.

Historiskt extenderades kavitetpreparationen ofta långt utanför kariesskadans gränser. Ambitionen var att minska risken för nya kariesskador (extension for prevention) men också att möjliggöra retention för fyllningar i amalgam. Principerna för reparativ tandvård har förändrats under de senaste decennierna och utvecklingen av adhesiv teknik har möjliggjort en modifiering av kavitetdesignen. Kaviteten följer i dag mer kariesskadans utbredning än en standardiserad mall. Vi är dessutom mindre beroende av mekanisk retention. Resultatet blir att vi kan spara intakt tandsubstans och därmed sannolikt både öka fyllnadsöverlevnad och minska komplikationsrisken. Samtidigt har kariesbehandling fått en mindre invasiv och mer preventiv inriktning. Minimalt invasiv tandvård strävar mot en mer hälsoinriktad vård genom att på lång sikt spara så mycket intakt tandsubstans som möjligt [1].

Det kan givetvis diskuteras om begränsade skillnader i mängden avverkad tandsubstans påverkar behandlingsresultatet. På kort sikt är påverkan sannolikt mycket liten. Men under en tands livscykel utsätts den ofta för återkommande reparativa insatser. Konsekvenserna av varje

**Thomas Jacobsen**  
universitetslektor (Associate professor), DDS, Odont Dr. (PhD), avd för cariologi, Odontologiska institutionen, Sahlgrenska akademien, Göteborgs universitet  
**E-post:** thomas.jacobsen@dental.pp.se  
**Anders Lindberg**  
DDS, Med Dr. (PhD), Folk tandvården Skellefteå kliniken, Skellefteå



Figur I. Både materialval och attityd till kariesbehandling har förändrats under de senaste decennierna.

nytt ingrepp adderas vilket ökar komplikationsrisken.

Mycket talar för att relationen mellan fyllningens storlek och därmed mängden kvarvarande tandhårdvävnad påverkar behandlingsresultatet [2, 3, 4]. Överlevnaden hos fyllningar i komposit tycks vara beroende av hur många ytor som omfattas. I en 17-årsuppföljning visade sig den relativa risken för misslyckande för fyllningar med två respektive tre och fler ytor vara 2,3 respektive 3,3 gånger högre jämfört med enytsfyllningar [4]. Om kaviteternas storlek kan minska förväntas fyllningar i komposit ha en god överlevnad även vid direkt tuggbelastning [5].

Avsikten med denna artikel är att presentera olika aspekter på kariesexkavering och kavitetdesign. Dessutom ges exempel på litteratur för ytterligare fördjupning.

### KARIESEKKAVERING

Manifesta, progredierande kariesskador åtgärdas som regel operativt. Vid all kariesexkavering är det primära målet att avlägsna tillräckligt mycket karierat dentin att angreppet stannar av. Massler [6] beskriver en yttre zon i en aktiv kariesskada där dentinet är infekterat och demineraliserat. Dessutom är kollagenet denaturerat. Denna benämns den *infekterade zonen*. Även i den inre så kallade *kariespåverkade zonen* är dentinet demineraliserat men kollagenet är intakt och det finns förutsättningar för remineralisering. I den kariespåverkade zonen är bakterieförekomsten låg.

Vi kan välja mellan ett flertal exkaveringsmetoder för att avlägsna kariesskadad tandhårdvävnad [7]. Även om alla tekniker bedöms kunna skapa kariesfrihet har varje metod specifika egenskaper. Inte sällan måste flera metoder kombineras för att nå ett optimalt resultat.

### Exkaveringsmetoder

#### Borr

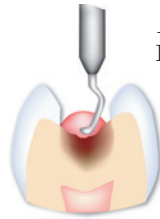
Det råder ingen tvekan om att borr är en effektiv metod vid kariesexkavering och preparation. Möjligheten att i samband med borrexkavering skilja mellan frisk och kariesskadad tandsubstans är begränsad. I en *in vitro*-studie [8] konstateras att borr avlägsnar mer frisk tandsubstans i jämförelse med handexkavering, kemo-mekanisk teknik och air-abrasion.



#### Handexkavering

Handexkavering är en effektiv metod vid kariesexkavering men förutsätter att kariesskadan är tillgänglig. Tekniken får ses som komplement till borr och är mer vävnadsbevarande än att enbart använda borr som metod

för exkavering. Celiberti et al [9] menar att i jämförelse med andra exkaveringsmetoder uppvisar handexkavering den bästa kombinationen av behandlingseffekt och effektivitet.



#### Kemo-mekanisk exkavering

En systematisk översikt [10] visar att både exkavering med borr och behandling med kemo-mekanisk teknik är effektiva för att avlägsna karies. Författarna konstaterar också att behandling med kemo-mekanisk teknik är förknippad med en hög patientacceptans, men kräver längre behandlingstid jämfört med borr. Det förefaller också sannolikt att kemo-mekanisk teknik ger en lägre frekvens av smärta vid exkavering jämfört med användning av borr.

En *in vitro*-studie [8] visar att kemo-mekanisk teknik är en mer tandsubstansbevarande exkaveringsmetod jämfört med borr. Metodens användbarhet begränsas då det krävs tillgång till kariesskadan.



#### Air-abrasion

I en *in vitro*-studie [8] konstateras att den kariesavlägsnande effekten av air-abrasion varierar mer än för andra studerade exkaveringsmetoder. Resultatet anses beroende av vilken typ av partiklar som används. I ytterligare en *in vitro*-studie [11] understryker författarna att aluminiumpartiklar avverkar intakt dentin mer effektivt jämfört med karierat dentin. I en systematisk översikt av olika exkaveringsmetoder diskuteras de biologiska effekterna av aerosolen [7]. Författarna rapporterar att äldre studier antyder en potentiell risk för lungpåverkan. Det hävdas dock att senare tekniker använder mer effektiv evakuering av aerosolen. Det spekuleras i artikeln om detta i kombination med skyddsutrustning för både personal och patient kan reducera riskerna. Det tycks saknas vetenskapligt underlag för att bedöma effekter av aerosolen på arbetsmiljön.



#### Exkavering med Er:YAG laser

Jämfört med traditionell mekanisk teknik är användning av laser (Erbiumlaser) en relativt ny metod, vars utbredning i Norden ännu är begränsad. När laserstrålen träffar tandytan absorberas ljuset av vattenmolekyler i tandhårdvävnaden. Detta resulterar i att vattnet snabbt upphettas och förångas. Reaktionen skapar ett högt lokalt tryck och en mikroexplosion varvid tandhårdvävnad avlägsnas.

Statens beredning för medicinsk utvärdering (SBU) [12] redovisar i en systematisk översikt to-

talt sju kliniska studier där kariesskavering med Er:YAG laser utvärderats. I rapporten konstateras att laser är likvärdig med borr för att avlägsna kariesskadad tandhårdvävnad men att behandling tar längre tid. Vidare konstateras att vuxna patienter föredrar behandling med laser framför borr men att underlag saknas för att bedöma hur barn upplever behandlingen. SBU fastställer också att underlag saknas för att kunna bedöma laserbehandlingens effekt på pulpan samt fyllningars livslängd.

SBU [12] kalkylerar en merkostnad vid användning av laser jämfört med borr. Metodens användbarhet begränsas av att metall inte kan avverkas.

### När är det färdigexkaverat?

Optimal kariesskavering innebär att enbart den infekterade zonen avlägsnas. Vanligen kontrolleras resultatet med en vass sond samtidigt som dentinytans färg bedöms. Kidd [13] menar att det saknas samsyn kring hur hård den färdigexkaverade ytan ska vara och om kvarvarande missfärgningar kan accepteras eller inte. Missfärgning av dentinet bedöms inte vara en god indikator på infektion [14]. Därför behöver inte missfärgat, hårt dentin avlägsnas. Genom att undvika borr under slutexkavering och i stället utnyttja mer selektiva metoder som handexkavering eller kemo-mekanisk teknik avverkas en mindre mängd frisk tandhårdvävnad.

Ett alternativ till taktill kontroll är att utnyttja färgämnen som markerar karierat dentin, så kallade kariesskavare. Det finns dock i litteraturen en tveksamhet till om kariesskavare verkligen selektivt färgar infekterat dentin [15–18]. Vid användande av kariesskavare finns risken att mer tandhårdvävnad än nödvändigt avlägsnas.

Ytterligare en metod använder sig av fluorescerande ljus för att diagnostisera karies. Metoden kallas i litteraturen för FACE (Fluorescence Aided Caries Excavation). Den bygger på att kavitetens belyses med blå-violett ljus med en våglängdstopp vid 370 nm. Operatören använder sig av ett 530 nm gult glasfilter genom vilket kaviteten observeras. Dentin som ska exkaveras fluorescerar i orange-rött. Metoden har visat lovande resultat men har ännu inte slagit igenom kommersiellt [19].

### Exkavering av djup karies

Vid exkavering av djup karies ökar risken för pulpaexponering. Risken reduceras vid stegvis exkavering jämfört med omedelbar fullständig exkavering [20–22]. SBU [23] menar dock i en systematisk översikt att det vetenskapliga underlaget är otillräckligt för att bedöma om det finns skillnad i pulpaöverlevnad efter omedelbar fullständig exkavering jämfört med stegvis exkavering.

### Stegvis exkavering – metodbeskrivning

Vid stegvis exkavering är det viktigt att tanden preoperativt bedöms vara symtomfri och sensibel samt att den uppvisar normala periapikala förhållanden på röntgen.



1. Kaviteten öppnas och det yttre skiktet av uppmjukad, karierad vävnad avlägsnas så att plats skapas för en temporär fyllning. Kavitetens periferi ska vara fri från karies.



2. Karierat dentin täcks med stelnde calciumhydroxid (till exempel Life™ eller Dycal™) och tanden förses med en temporär fyllning med god hållfasthet, exempelvis glasjonomecement.



3. Efter tidigast 2–3 månader avlägsnas den temporära fyllningen och en slutlig exkavering genomförs. Dentinytan ska vid försiktig sondering upplevas som hård (motsvarande intakt dentin). Mycket pulpanära dentin kan täckas med calciumhydroxid innan kaviteten fylls på sedvanligt sätt.

### Kan man lämna kvar karies?

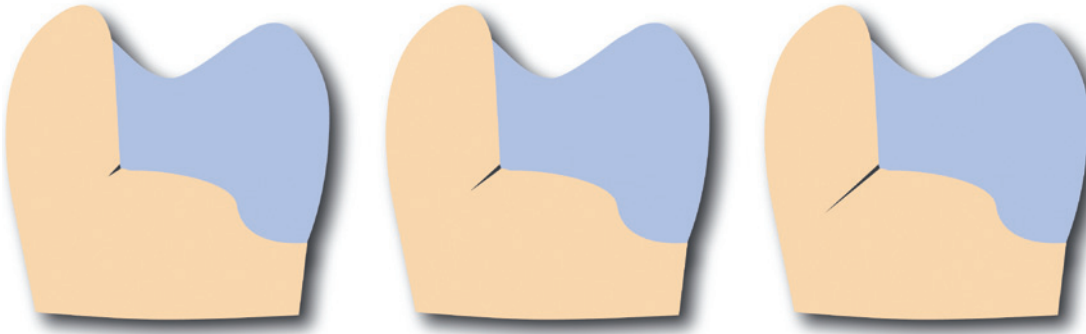
Det har diskuterats om nödvändigheten att avlägsna all kariesskadad vävnad eller om det är korrekt att permanent lämna kvar det innersta skiktet av infekterat dentin. Även om det antytts i enstaka studier [24–27] att kariesprocessen avstannar och att pulpan behåller sin vitalitet är den samlade bedömningen att det i nuläget saknas vetenskapligt stöd för så kallad indirekt överkappning [23, 28].

### KAVITETSDESIGN

Kavitetens form ska både underlätta inspektion och applicering av fyllningsmaterialet. Dessutom ska den minimera riskerna för frakturer av fyllning och tand. Även om karies på längre sikt anses vara den vanligaste orsaken till omgörning av fyllningar är frakturer av både fyllningsmaterial [29] och tandhårdvävnad [30, 31] frekvent förekommande. Eftersom brott under normala betingelser sällan uppstår i intakta tänder får vi anta att kavitetensdesign och val av fyllningsmaterial påverkar risken för frakturer.

### Varför uppstår frakturer?

Inte sällan uppkommer kusp- och fyllningsfrakturer utan förvarning. Patienten blir överraskad eftersom tanden vid tillfället sällan utsätts för större belastning. Förklaringen bygger på de klassiska principerna för brottmekanik i spröda material [32]. Tand- och materialfrakturer upp-



Figur II. Tillväxt av sprickor i tandhårdvävnad eller fyllningsmaterial orsakar frakturer.

står som regel som ett resultat av sprickbildning och spricktillväxt (figur II). Vid fortsatt normal belastning koncentreras spänningen vid sprickans spets vilket bidrar till tillväxten. En tillräckligt omfattande spricka blir instabil och ett brott uppstår närmast spontant.

När väl en spricka initierats kan det ta lång tid innan frakturen uppstår. Detta medför att patienter ofta har svårt att förstå kopplingen mellan orsak och verkan.

Sprickor i tandhårdvävnad och efterföljande frakturer kan orsakas av ett flertal faktorer. Geurtsen & Garcia-Godoy [33] menar i en översiktsartikel att sprickor kan initieras i samband med tuggbelastning eller trauma. Frakturrisken påverkas också av diverse predisponerande faktorer. Författarna menar att både mängden kvarvarande tandhårdvävnad, bettförhållanden, iatrogena preparatioskador och belastningsmönster måste beaktas. Bader et al [34] anger synliga spricklinjer och omfattande fyllningar som viktiga riskindikatorer.

Sprickans lokalisering och riktning påverkar de kliniska konsekvenserna. Följderna av sprickor kan variera från begränsade kuspfrakturer till längsfrakturerade tänder. I princip följer en spricka minsta motståndets lag. Ofta följer sprickan dentintubuli men tillväxten kan också ske längs ett rotkanalstift eller andra brottanvisningar.

Ett vanligt kliniskt problem är symtomgivande sprickor i vitala tänder. Banerji et al sammanfattar kunskapsläget i två artiklar [35, 36]. Författarna diskuterar både etiologiska faktorer och behandlande åtgärder. Artiklarna kan med fördel läsas som ytterligare fördjupning.

Rotbehandlade tänder drabbas inte sällan av frakturer. Styvheten i kvarvarande tandhårdvävnad påverkas av både kron- och kavumpreparation. I en systematisk översikt drar Stavropoulou & Koidis [37] slutsatsen att rotbehandlade tänder som kronförsetts hade betydligt längre överlevnad jämfört med de tänder som restaurerats med direkt fyllningsteknik.

### Kan man förebygga frakturer?

Vid tuggbelastning koncentreras spänningar lokalt kring spetsiga vinklar, exempelvis mellan

kuspväggar och kavitetsbotten. Undvik därför att skapa vassa hörn i samband med preparationen. Samtidigt kan sprickor av varierande antal och storlek förekomma i tandens hårdvävnad. Dessa skapas exempelvis vid tuggbelastning eller i samband med preparation. En optimal restaurationsteknik syftar till att öka styrkan hos kvarvarande tandsubstans och minska risken att sprickor växer. En grundläggande princip inom reparativ vård är respekten för frisk tandvävnad. Ibland måste tandhårdvävnad avverkas för att på sikt begränsa risken för ytterligare skador. Genom att skära försvagade kuspar hävdas att risken för frakturer minskar och även att prognosen för tänder med symtomgivande sprickor förbättras [38, 39].

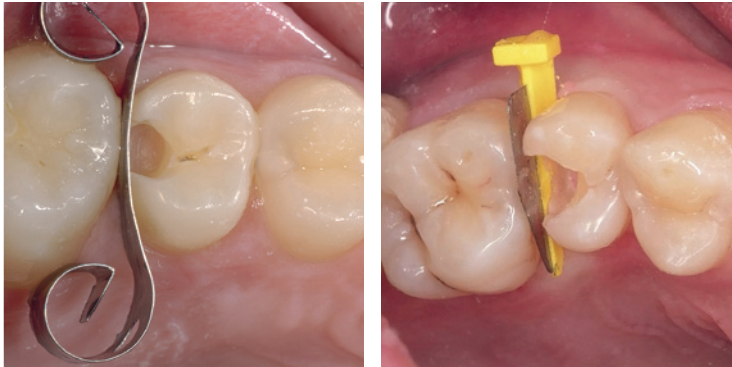
Adhesiv restaurationsteknik har potential att öka frakturstyrkan hos en tand. Principen är dock ofullständigt dokumenterad i kliniska studier. Många antaganden bygger på mekaniska eller matematiska in vitro-modeller och resultaten är ofta motsägelsefulla [33, 36, 40]. Geurtsen & Garcia-Godoy [33] drar slutsatsen att kompositfyllningar inte ökar frakturstyrka hos tänder med vida okklusala-approximala fyllningar till värden liknande den icke restaurerade tanden. Ett likartat resonemang förs av Banerji et al [36]. Dessutom tycks adhesivers effekt minska med tiden [41].

Mycket talar för att tandhårdvävnad förstärks av adhesiv teknik men att effekten är begränsad. Det är därför rimligt att förstärkning av försvagade tänder ska bygga både på adhesiva och mekaniska principer.

### Reparation eller utbyte av fyllningar?

Ställningstaganden till behandling av sekundärkaries och defekta fyllningar utgör en icke ringa del av den kliniska vardagen. När en fyllning byts ut avverkas samtidigt även frisk tandsubstans. Mängden tandsubstans som avverkas är större vid utbyte av tandfärgat fyllningsmaterial jämfört med amalgam [42, 43].

Ett mer tandsubstansbevarande alternativ är att reparera mindre och åtkomliga defekter snarare än att byta ut hela fyllningen. Reparationer skulle dessutom kunna leda till lägre kostnader och mindre obehag för patienten.



Figur III. Ett mekaniskt skydd approximalt minskar risken för iatrogena skador på grann tanden.

I en systematisk översikt konstateras att få kliniska studier har undersökt effekten av reparation jämfört med utbyte av defekta fyllningar [44]. I en studie [45] jämfördes olika behandlingsmetoder för åtgärd av defekta kompositfyllningar. Efter sju år fanns ingen signifikant skillnad avseende USPHS/Ryge-kriterier mellan utbytta och reparerade fyllningar. Materialet består enbart av fyllningar med mindre defekter. Inga slutsatser kan dras angående konsekvenserna för mer omfattande defekter. I en annan klinisk studie jämfördes fyllningsreparation med utbyte av hela fyllningen [46]. Efter tre år kunde ingen signifikant kvalitetsskillnad noteras. Författarna drar slutsatsen att resinförsegling, reparation och puts förbättrar överlevnaden för defekta fyllningar jämfört med en obehandlad kontroll.

Det är rimligt att anta att åtgärd av lokala defekter i anslutning till fyllningar med reparation snarare än utbyte av hela fyllningar sparar intakt tandhårdvävnad.

#### **Iatrogena preparatsskador**

Vid preparation och exkavering av approximala kariesskador finns en stor risk att grann tanden skadas [47–49].

Qvist et al [47] utvärderar dessutom om preparatsskador ökar risken för att tanden senare kommer att restaureras. Av totalt 190 ursprungligen intakta approximalytor i anslutning till 187 klass II-fyllningar i primära och permanenta tänder uppvisade 128 ytor (68 procent) preparatsskador. Författarna menar att iatrogena skador ökar risken för fyllningsterapi. Under observationstiden restaurerades 35 procent av ytorna med preparatsskador i primära tänder men endast 10 procent av de oskadade ytorna. Motsvarande siffror för permanenta tänder var 15 respektive 6 procent.

Användning av ett mekaniskt skydd approximalt under preparationsarbetet minskar sannolikt risken för iatrogena skador och därmed även behovet av reparativ vård (figur III).

#### **SLUTSATSER**

- Målsättningen vid kariesexkaveringen är att avlägsna infekterat, nekrotiskt dentin men samtidigt minimera avverkan av frisk tandhårdvävnad. Olika exkaveringstekniker kan därför kombineras.
- Även om det antytts i enstaka studier att kariesprocessen avstannar och att pulpan behåller sin vitalitet är den samlade bedömningen att det i nuläget saknas vetenskapligt stöd för att permanent lämna kvar infekterat, nekrotiskt dentin (så kallad indirekt överkappning).
- Vid exkavering av djup karies ökar risken för pulpaexponering. Risken reduceras vid stegvis exkavering jämfört med omedelbar fullständig exkavering.
- Risken för frakturer reduceras med en lämplig kavitetdesign i kombination med en adhesiv restaurationsteknik. Minimalt invasiv vård innebär inte alltid att en maximal mängd tandhårdvävnad ska sparas. Optimal avverkan betyder att tandhårdvävnad kan avverkas för att på sikt begränsa risken för frakturer.
- Åtgärd av lokala defekter i anslutning till fyllningar med reparation snarare än utbyte av hela fyllningar sparar intakt tandhårdvävnad.
- Användning av ett mekaniskt skydd approximalt under preparationsarbetet minskar sannolikt risken för iatrogena skador och därmed även behovet av reparativ vård.

#### **ENGLISH SUMMARY**

*Caries excavation and cavity design*

*Thomas Jacobsen, Anders Lindberg*

*Tandläkartidningen 2011; 103 (1): 74–9*

Caries excavation and tooth preparation aim at removing necrotic, carious tissue and creating an optimal cavity design. There are indications that the amount of remaining tooth tissue in the long run will affect the outcome of the restorative treatment. The relative risk for failure will increase with the number of restored surfaces. However, minimally invasive dentistry does not always imply that the amount of remaining dental hard tissue is maximized. Occasionally, tissue must be sacrificed to reduce the risk for fractures.

Cariou tissue can be excavated by several techniques. Even if all of them have the ability to create a caries-free surface every approach has its own characteristics. Methods can be combined to reach an optimal result.

Caries excavation seeks to stop further progression by removing an adequate amount of carious tissue. Even if some studies indicate that the decay arrests and the pulp maintain its vitality, the overall assessment is that incomplete caries removal lacks scientific support.

Excavation of deep caries lesions increases the risk for pulp exposures. The risk is reduced with stepwise excavation compared with direct complete excavation.

## REFERENSER

1. Ericson D, Kidd E, McComb D, Mjör I, Noack MJ. Minimally Invasive Dentistry – concepts and techniques in cariology. *Oral Health Prev Dent.* 2003;1(1):59–72.
2. Brunthaler A, König F, Lucas T, Sperr W, Schedle A. Longevity of direct resin composite restorations in posterior teeth. *Clin Oral Investig.* 2003 Jun;7(2):63–70.
3. Van Nieuwenhuysen JP, D'Hoore W, Carvalho J, Qvist V. Long-term evaluation of extensive restorations in permanent teeth. *J Dent.* 2003 Aug;31(6):395–405.
4. da Rosa Rodolpho PA, Cenci MS, Donassollo TA, Loguércio AD, Demarco FF. A clinical evaluation of posterior composite restorations: 17-year findings. *J Dent.* 2006 Aug;34(7):427–35.
5. Manhart J, García-Godoy F, Hickel R. Direct posterior restorations: clinical results and new developments. *Dent Clin North Am.* 2002 Apr;46(2):303–39.
6. Massler M. Pulpal reactions to dental caries. *Int Dent J.* 1967 Jun;17(2):441–60.
7. Banerjee A, Watson TF, Kidd EA. Dentine caries excavation: a review of current clinical techniques. *Br Dent J.* 2000 May 13;188(9):476–82.
8. Banerjee A, Kidd EA, Watson TF. In vitro evaluation of five alternative methods of carious dentine excavation. *Caries Res.* 2000 Mar–Apr;34(2):144–50.
9. Celiberti P, Francescut P, Lussi A. Performance of four dentine excavation methods in deciduous teeth. *Caries Res.* 2006; 40(2):117–23.
10. Markezan M, Faraco Junior IM, Feldens CA, Tovo MF, Ottoni AB. Evaluation of the methodologies used in clinical trials and effectiveness of chemo-mechanical caries removal with Carisolv. *Braz Oral Res.* 2006; 20(4):364–71.
11. Paolinelis G, Watson TF, Banerjee A. Microhardness as a predictor of sound and carious dentine removal using alumina air abrasion. *Caries Res.* 2006;40(4):292–5.
12. SBU. Laser vid avlägsnande av karies. Stockholm: Statens beredning för medicinsk utvärdering (SBU); 2009. SBU Alert-rapport nr 2009-03. ISSN 1652-7151.
13. Kidd EA. Clinical threshold for carious tissue removal. *Dent Clin North Am.* 2010 Jul;54(3):541–9.
14. Kidd EAM, Ricketts D, Beighton D. Criteria for caries removal at the enamel–dentine junction: a clinical and microbiological study. *Br Dent J.* 1996 Apr 20;180(8):287–91.
15. Anderson MH, Loesch WJ, Charbeneau GT. Bacteriological study of a basic fuchsin caries-disclosing dye. *J Prosthet Dent.* 1985 Jul;54(1):51–5.
16. Boston DW, Graver HT. Histological study of an acid red caries-disclosing dye. *Oper Dent.* 1989 Autumn;14(4):186–92.
17. Kidd EAM, Joyston-Bechal S, Beighton D. The use of a caries detector dye during cavity preparation: a microbiological assessment. *Br Dent J.* 1993 Apr 10;174(7):245–8.
18. Pugach MK, Strother J, Darling CL, Fried D, Gansky SA, Marshall SJ, et al. Dentin caries zones: mineral, structure, and properties. *J Dent Res.* 2009 Jan;88(1):71–6.
19. Lennon AM, Attin T, Buchalla W. Quantity of remaining bacteria and cavity size after excavation with FACE, caries detector dye and conventional excavation in vitro. *Oper Dent.* 2007 May–Jun;32(3):236–41.
20. Magnusson BO, Sundell SO. Stepwise excavation of deep carious lesions in primary molars. *J Int Assoc Dent Child.* 1977 Dec;8(2):36–40.
21. Leksell E, Ridell K, Cvek M, Mejare I. Pulp exposure after stepwise versus direct complete excavation of deep carious lesions in young posterior permanent teeth. *Endod Dent Traumatol.* 1996 Aug;12(4):192–6.
22. Bjørndal L, Reit C, Bruun G, Markvart M, Kjældgaard M, Näsman P, et al. Treatment of deep caries lesions in adults: randomized clinical trials comparing stepwise vs. direct complete excavation, and direct pulp capping vs. partial pulpotomy. *Eur J Oral Sci.* 2010 Jun;118(3):290–7.
23. SBU. Rotfyllning – en systematisk litteraturover-sikt. Stockholm: Statens beredning för medicinsk utvärdering (SBU); 2010. SBU-rapport nr 203. ISBN 978-91-85413-39-3.
24. Sawusch RH. Direct and indirect pulp capping with two new products. *J Am Dent Assoc.* 1982; 104(4):459–62.
25. Fitzgerald M, Heys RJ. A clinical and histological evaluation of conservative pulpal therapy in human teeth. *Oper Dent.* 1991; 16(3):101–12.
26. Falster CA, Araujo FB, Straffon LH, Nor JE. Indirect pulp treatment: in vivo outcomes of an adhesive resin system vs calcium hydroxide for protection of the dentin-pulp complex. *Pediatr Dent.* 2002; 24(3):241–8.
27. Maltz M, Oliveira EF, Fontanella V, Carminatti G. Deep caries lesions after incomplete dentine caries removal: 40-month follow-up study. *Caries Res.* 2007; 41(6):493–6.
28. Ricketts DN, Kidd EA, Innes N, Clarkson J. Complete or ultraconservative removal of decayed tissue in unfilled teeth. *Cochrane Database Syst Rev.* 2006; 3:CD003808.
29. Manhart J, Chen H, Hamm G, Hickel R. Buonocore Memorial Lecture. Review of the clinical survival of direct and indirect restorations in posterior teeth of the permanent dentition. *Oper Dent.* 2004 Sep–Oct;29(5):481–508.
30. Bader JD, Martin JA, Shugars DA. Incidence rates for complete cuspal fracture. *Community Dent Oral Epidemiol.* 2001 Oct;29(5):346–53.
31. Fennis WM, Kuijs RH, Kreulen CM, Roeters FJ, Creugers NH, Burgersdijk RC. A survey of cuspal fractures in a population of general dental practices. *Int J Prosthodont.* 2002 Nov–Dec;15(6):559–63.
32. Griffith AA. The phenomena of rupture and flow in solids. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 1920; Series A, 221, 163–98.*
33. Geurtsen W, Garcia-Godoy F. Bonded restorations for the prevention and treatment of the cracked-tooth syndrome. *Am J Dent.* 1999; 12: 266–70.
34. Bader JD, Shugars DA, Martin JA. Risk indicators for posterior tooth fracture. *J Am Dent Assoc.* 2004 Jul;135(7):883–92.
35. Banerji S, Mehta SB, Millar BJ. Cracked tooth syndrome. Part 1: aetiology and diagnosis. *Br Dent J.* 2010 May 22;208(10):459–63.
36. Banerji S, Mehta SB, Millar BJ. Cracked tooth syndrome. Part 2: restorative options for the management of cracked tooth syndrome. *Br Dent J.* 2010 Jun;208(11):503–14.
37. Stavropoulou AF, Koidis PT. A systematic review of single crowns on endodontically treated teeth. *J Dent.* 2007 Oct;35(10):761–7.
38. Signore A, Benedicenti S, Covani U, Ravera G. A 4- to 6-year retrospective clinical study of cracked teeth restored with bonded indirect resin composite onlays. *Int J Prosthodont.* 2007 Nov–Dec;20(6):609–16.
39. Opdam NJ, Roeters JJ, Loomans BA, Bronkhorst EM. Seven-year clinical evaluation of painful cracked teeth restored with a direct composite restoration. *J Endod.* 2008 Jul;34(7):808–11.
40. Fonseca RB, Fernandes-Neto AJ, Correr-Sobrinho L, Soares CJ. The influence of cavity preparation design on fracture strength and mode of fracture of laboratory-processed composite resin restorations. *J Prosthet Dent.* 2007 Oct;98(4):277–84.
41. van Dijken JWV, Sunnegårdh-Grönberg K, Lindberg A. Clinical long-term retention of etch-and-rinse and self-etch adhesive systems in non-carious cervical lesions. A 13 years evaluation. *Dent Mater.* 2007 Sep;23(9):1101–7.
42. Hunter AR, Treasure ET, Hunter AJ. Increases in cavity volume associated with the removal of class 2 amalgam and composite restorations. *Oper Dent.* 1995 Jan–Feb;20(1):2–6.
43. Krejci I, Lieber CM, Lutz F. Time required to remove totally bonded tooth-colored posterior restorations and related tooth substance loss. *Dent Mater.* 1995 Jan;11(1):34–40.
44. Sharif MO, Cattleugh M, Merry A, Tickle M, Dunne SM, Brunton P, Aggarwal VR. Replacement versus repair of defective restorations in adults: resin composite. *Cochrane Data-*
- base of Systematic Reviews 2010, Issue 2. Art. No.: CD005971.
45. Gordan VV, Garvan CW, Blaser PK, Mondragon E, Mjör IA. A Long-term evaluation of alternative treatments to replacement of resin-based composite restorations: results of a seven-year study. *J Am Dent Assoc.* 2009; 140(12):1476–84.
46. Moncada G, Martin J, Fernandez E, Hempel MC, Mjör IA, Gordan VV. Seal-ing, refurbishment and repair of Class I and Class II defective restorations: a three-year clinical trial. *J Am Dent Assoc.* 2009; 140(4):425–32.
47. Qvist V, Johannessen L, Bruun M. Progression of approximal caries in relation to iatrogenic preparation damage. *J Dent Res.* 1992; 71(7):1370–3.
48. Lussi A, Gygax M. Iatrogenic damage to adjacent teeth during classical approximal box preparation. *J Dent.* 1998; 26(5–6):435–41.
49. Lenters M, van Amerongen WE, Mandari GJ. Iatrogenic damage to the adjacent surfaces of primary molars, in three different ways of cavity preparation. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2006; 7(1):6–10.