



Artikeln är tidigare publicerad i Den Norske Tannlegeforenings Tidende 2013; 123 (8): 536–41. Artikeln är baserad på en masteruppsats.

Frakturer i helkeramiska restaurationer – orsaker och prevention

Analys av frakturer i helkeramiska konstruktioner kan belysa de mekanismer som skapar frakturen. Denna studie visar att frakturen startar i cervikala kronkanten, som regel approximant. Hantering och design av marginala anslutningen är troligen av stor betydelse för frakturstyrkan hos keramiska kronor.

Generellt kan komplikationer hos helkeramiska restaurationer, i högre grad än för andra typer av restaurationer, kopplas till oväntade brott (figur 1) [1–3]. Trots utvecklingen av starka kärnkeramer, som tål belastning långt över det som kan förväntas intraoralt, är frakturer fortsatt en av de vanligaste orsakerna till misslyckanden för denna typ av restaurationer.

Man skiljer på kohesiva (i keramen) och adhesiva (mellan täckporcelain och kärnmaterial/metall) frakturer [3, 4]. Kohesiva frakturer är genomgående eller totala frakturer. Adhesiva frakturer är den typ där keramen skalas av från underliggande kärnkeram eller metall, utan en genomgående fraktur. Detta betecknas ofta som *chip-off* eller *chipping* bland tandläkare och tandtekniker, men kommer i detta sammanhang fortsättningsvis att benämnas avskalning. Det kan finnas olika orsaker till avskalning av täckporcelain, exempelvis svikt i bindningen mellan täckporcelain och kärnan eller bristande understöd

av kärnkeramen [5]. Denna studie belyser emellertid endast totalfrakturer.

Vid bruk av frakturanalytiska metoder tolkas brottytan för att ge en uppfattning om frakturstartpunkt och förlopp samt möjlig orsak [6–9]. Det finns ett antal frakturmönster eller markörer som kan användas i en sådan analys:

- *Hackle* är en gemensam benämning för radiella märken eller spår i keramiska material. Det är linjer på brottytan som följer den lokala riktningen för frakturen. Utifrån dessa är det möjligt att spåra frakturen tillbaka till en startpunkt.

De spår som är lättast att identifiera är *wake hackle*, som är spår från en por som används för att indikera riktning och startpunkt. Frakturriktningen indikeras av svansen som skapas när frakturen möter en por eller en ojämnhet. Svansen pekar bort från startpunkten.

Andra former av *hackle* är *twist hackle* eller *rivermarks*. Förgreningar till dessa frakturmönster indikerar riktningen, där spricktillväxten leder bort från förgreningen.

- *Arrest lines* är skarpa linjer på frakturens yta som indikerar att frakturen har utvecklats stegvis i samband med återkommande belastning. Starten av en fraktur är alltid lokaliserad på den konkava sidan av dessa linjer. *Wake hackle* går vinkelrätt på dessa linjer.

- *Gull wings* är ett v-format mönster där riktningen indikeras av spetsen på v:et, som pekar mot starten för brottet.

- *Avskalning (chip-off/chipping)* är en fraktur där de-

Författare:

Anne Dybdahl Hardang, odontologistuderande, medicinsk-odontologiska fakulteten, Universitetet i Bergen, Norge.

Amanda Hembre Ulsund, odontologistuderande, medicinsk-odontologiska fakulteten, Universitetet i Bergen, Norge.

Marit Øilo, førsteamanuensis, Institutt for klinisk odontologi, Det medicinsk-odontologiska fakulteten, Universitetet i Bergen, Norge.
E-post: marit.oilo@iko.uib.no

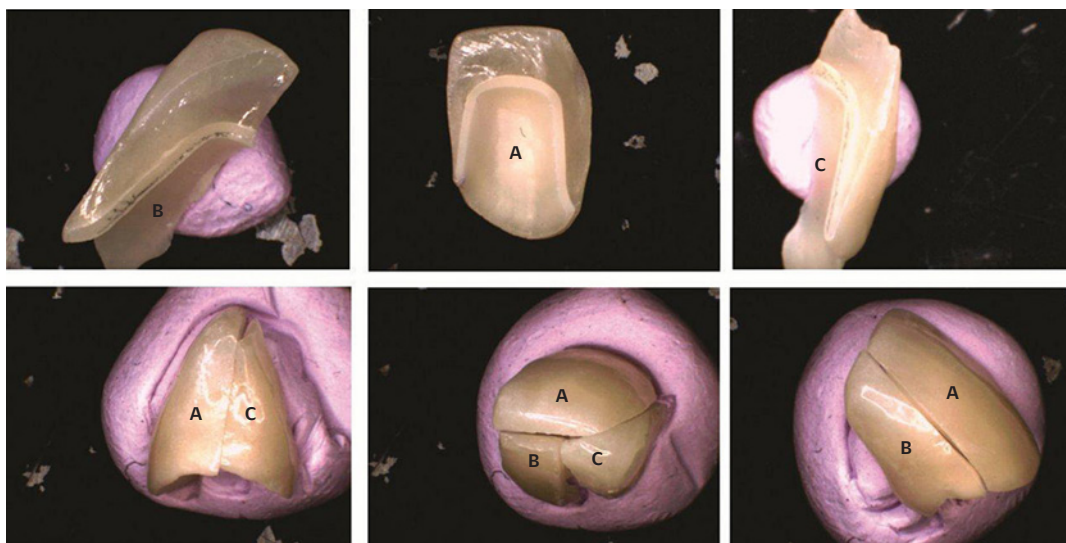
Foto: Kjell Ulsund



Figur 1. Foto av frakturerad restaurasjon på tand 21 innan den avlägsnades. Frakturlinjen går från den distocervikala kanten till incisalkanten.

Tabell 1. Översikt över de insända restaurationerna

	Material	Restaurationstyp	Tand	Cement	Levnadstid (år)
Exempel 1	Procera Alumina	Krona	21	RelyX Unicem	1,5
Exempel 2	Procera Alumina	Fasad	21	RelyX Unicem	3,5
Exempel 3	Empress	Krona	21	RelyX Unicem	11
Exempel 4	Empress	Krona	11	RelyX Unicem	11
Exempel 5	Procera Alumina	Krona	21	Ketac-Cem	10
Exempel 6	Empress	Onlay	46	RelyX Unicem	6



Figur II. Översiktbilder av de insända fragmenten till en restaura­tion. En försiktig återplacering visar kronans ursprungliga anatomiska form och orientering. De olika delarna blev namngivna och markerade A, B, C och så vidare för att underlätta analysen.

lar eller hela täckporslinet i ett område skalas av. Avskalning kan ske när restaurationen utsätts för koncentrerad belastning som medför att en del av materialet fraktureras. Formen på en avskalning varierar beroende på vinkeln på den kraft som konstruktionen utsätts för. Detta kan vara av praktisk nytta då formen på avskalningen kommer att kunna berätta för operatören riktningen på den kraft som resulterat i avskalningen. En avskalning uppstår ofta som en sekundär fraktur eller vid avlägsnande av fastsittande fragment.

Dessutom kommer frakturen ofta att ha en krökt riktningförändring, där kraften byter från drag till tryck. Vid en frakturanalytisk tolkning av brottytor är det den totala bilden av olika fraktur­mönster som möjliggör att frakturens riktning och ursprung kan lokaliseras [7].

Målet med studien var att undersöka möjliga orsaker till kliniska frakturer och om man kan förebygga dessa i helkeramiska kronor och broar.

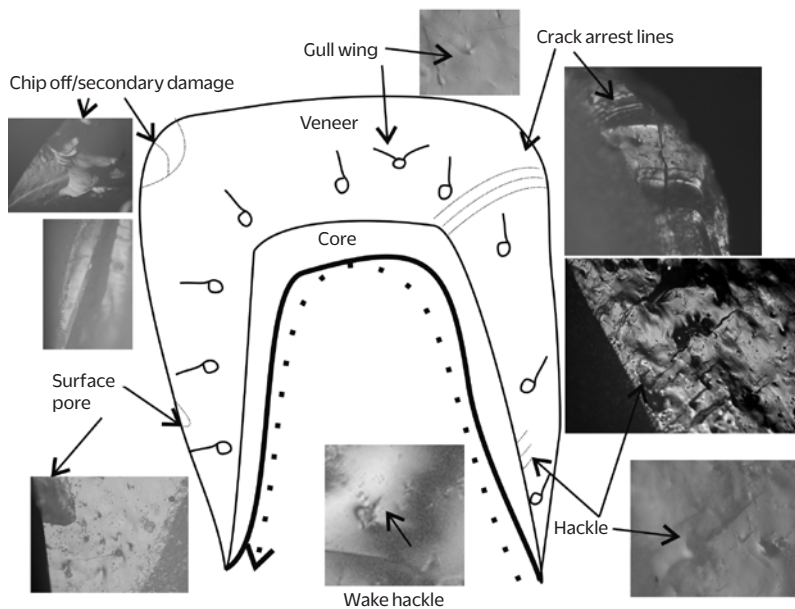
MATERIAL OCH METOD

Sex kliniska, havererade helkeramiska konstruk­tioner mottogs från privatpraktiserande tandläkare (tabell 1). Den del av konstruktionen som eventuellt satt kvar på tanden blev lösgjord och avlägsnad av tandläkaren. Delarna sändes in tillsammans med kliniskt foto och tillgänglig information om ma­terial, cement och funktionstid. Frakturanalysen utfördes under ljusmikroskop och svepelektron­mikroskop (SEM). Föroreningar och organiskt ma­terial avlägsnades från fragmenten [10]. De olika fragmenten återplacerades så att en tredimensionell bild av restaurationen erhöles och översikt­sbilder av de frakturerade fragmenten togs i ljus­mikroskop med låg förstoring. Delarna namngavs och märktes efter storlek (figur II). Kärnmaterialets och täckporslinets tjocklek, form och eventuella synliga skador/defekter/missfärgningar värderades. Brottytorna utvärderades med ljusmikroskopi med ökande förstoring. Analysen utfördes genom att man letade efter fraktur­mönster och markörer

”Trots utvecklingen av starka kärnkeramer ... är frakturer fortsatt en av de vanligaste orsakerna till misslyckanden ...”



Figur III. En typisk arbets-skiss där de olika fraktografiska markörerna (hackle, arrest lines, gull wings och chipping) är illustrerade i täckporslinet (Veneer). Markörerna är svårare att finna i kärnmaterialet (Core). Bilderna runt skissen visar hur markörerna ser ut i täckporslinet vid den ljusmikroskopiska undersökningen.



som kunde indikera startpunkt, slutpunkt och frakturriktning. Dessa fördes in i en arbetsskiss så att en karta över frakturens förlopp erhöles (figur III). Porositeter, krackeleringar och defekter i materialet blev också värderat.

RESULTAT

Vid analysen under låg förstoring skildes den blanka brottypen från den preparerade ytan med hjälp av slippåren i keramen. I några fall var missfärgningar i frakturlinjen samt kliniskt foto till hjälp för att finna brottypen eller ytorna. Vid den mikroskopiska undersökningen kunde frakturmönster identifieras i samtliga insända konstruktioner, men hur tydliga de var varierade mellan de keramtyper som studerades. Det var lättare att hitta mönster i täckporslinet än i kärnmaterialet, exempelvis Empress II. I aluminakronor observerades frakturmönster endast i täckporslinet. Vi använde i huvudsak *wake hackle* för att bestämma riktningen, då dessa var både tydligast och vanligast förekommande. På samtliga analyserade brottytor kunde riktningen på frakturen bestämmas utifrån riktningen på svansen. De andra frakturmönstren användes till att bekräfta bestämd frakturriktning.

Samtliga frakturer som analyserades startade approximant i det cervikala området. Alla löpte över eller till incisalkanten/okklusalytan på kronan och avslutades vid den motsatta sidans cervikala anslutning (figur IV). SEM-mikroskoperingen bekräftade fynden från ljusmikroskopanalysen. Vid SEM-analysen upptäcktes defekter vid frakturernas startpunkt i tre av de sex analyserade kronorna.

Dessa defekter kan ha medverkat till starten av frakturen på grund av stressansamling.

DISKUSSION

Frakturanalys är en bra metod för att lokalisera frakturernas startpunkt, slutpunkt och riktning [6, 8, 9, 11–13]. För att få ett mer tillförlitligt resultat bör frakturanalysen utföras två gånger per restauration. Ett stort antal fragment försvårar korrekt återplacering och gör analysen mer komplicerad.

I flera av exemplen observerades att kärnkramen var mycket tunn och att täckporslinet måste kompensera för förlorad tandsubstans. Detta skulle kunna medföra att konstruktionen blir för svag i cervikalområdet, men det saknas vetenskapligt stöd. Enstaka *in vitro*-studier visar att en tjockare kronavslutning och axial vägg ger starkare kronor [14]. Kärnan skulle troligen kunna vara tjockare, och mängden täckporslin reducerat, utan att estetiken approximant skulle försämrats. Detta är speciellt viktigt vid ogynnsamma belastningsförhållanden, som exempelvis hos patienter med avvikande bettförhållanden/parafunktion.

Av de sex undersökta konstruktionerna tillhörde tre stycken patienter med allvarligt bettslitage. Om detta tandslitage är ett resultat av parafunktion, exempelvis bruxism, kan det medföra ökad belastning på konstruktionen och därmed påverka restaurationens överlevnadstid. Eftersom underlaget i denna studie är begränsat är det dock inte möjligt att dra några generella slutsatser. Det är emellertid troligt att tandslitage utgör en riskfaktor för fraktur.

”För att få ett mer tillförlitligt resultat bör frakturanalysen utföras två gånger per restauration.”

Figur IV. Fraktografikarta av två kronor med alumina-kärna

a) i ljusmikroskop, b) i elektronmikroskop. Stor, svart pil visar riktningen på frakturen genom kronan.

a) Frakturen har startat cervikalt i det ena approximalområdet och har utvecklats längs incisalkanten till den andra approximalytan. En materialdefekt vid startpunkten kan ses på insidan av kärnan.

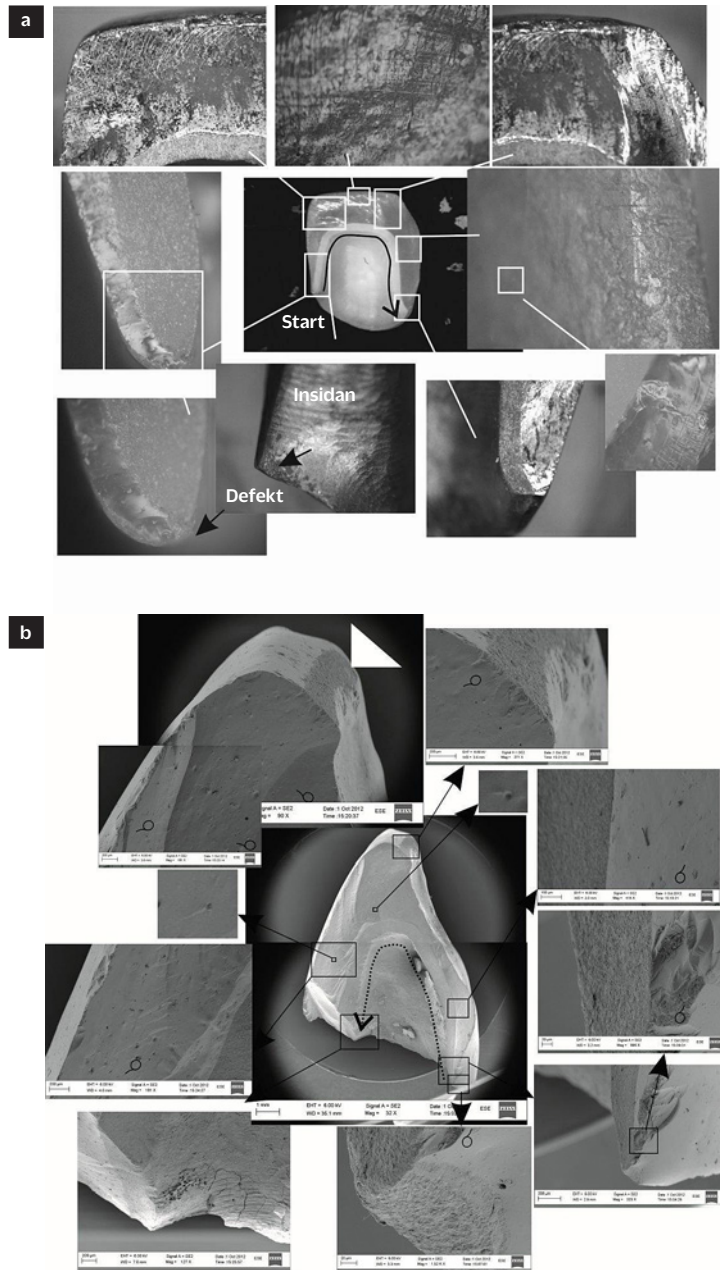
b) Frakturen startade cervikalt på den ena approximalytan mot lingualytan och har rört sig tvärs över incisalkanten till buckalytan. En del av kronan saknas, så att huvudfrakturens slutpunkt buckalt inte är med. Incisalt syns tydliga tecken på slitage från antagonisten på den glansbrända ytan. På insidan av kronan finns rester av cement. Kvadraterna på översiktbilden visar storleken och lokalisationen för de förstörade bilderna.

”För att förebygga frakturer av helkeramiska konstruktioner, är det viktigt att man följer riktlinjerna för val av keramtyp ...”

Alla frakturer startade cervikalt på kronans approximalyta. Detta har tills nyligen inte funnits systematiskt dokumenterat och fallrapporter har uppvisat olika resultat [6, 13, 15]. I samband med ocklusal belastning kommer tryckkrafter att kunna resultera i dimensionsförändringar i tandens cervikalområde [16]. Tandens komprimeras och kommer därför att bukta ut något cervikalt, ungefär som en vinkork på högkant som vill bukta ut om tryck läggs på toppen. Detta kommer att öka tandens cervikala omkrets och därmed skapa dragkrafter i kronans cervikala begränsning. När dessa dragkrafter verkar på kronan skulle en fraktur kunna initieras i området.

Olika belastningsriktningar ger varierande grad av dragkrafter cervikalt. Exempelvis är det konstaterat att snedbelastning mot buckala kusen ger högst påfrestning på tandens cervikalområde [16]. Baserat på detta är det rimligt att anta att horisontell ocklusionsbelastning kommer att öka risken för cervikala frakturer jämfört med det man kan förvänta sig från vertikal belastning. Vid ogynnsamma bettförhållanden eller parafunktion kan snedbelastning vara vanligare, vilket kan vara en riskfaktor för frakturer i keramiska konstruktioner.

Vidare är kronor ofta utformade så att de blir extra sårbara för dragkrafter. Detta kan bland annat skyllas på att preparationsgränsen ofta går upp i en båge approximalt, något som ger en stresskoncentrationspunkt [6]. Man kan anta att detta kan förbättras genom en mer korrekt placering av prepareringsgränsen, utan någon onödig mittpunkt approximalt. I flera studier har betydelsen av ut-



formningen av preparationens marginala avslutning utvärderats. Whitton et al fann bland annat att en lång och tunn preparationsgräns, som vid mycket långa kliniska kronor och mycket grunda preparationer, kommer vid ocklusal belastning att ge hög belastning cervikalt på kronan [17]. En slippreparation kommer därför att vara ogynnsam för spänningsfördelningen, medan en djup chamfer kan tänkas vara mer gynnsam. Ofta är det dock inte möjligt att avlägsna mer tandsubstans i detta



”... möjliga orsaker till frakturmönster kunde vara ogynnsam dragbelastning, kronans utformning approximalt samt felaktig behandling av materialet.”

område, på grund av närheten till pulpan och risken för tandfraktur, något som resulterar i otillräcklig materialtjocklek. I sådana fall kan man överväga att utesluta täckporcelain och ha kärnkeramen synlig cervikalt, motsvarande en guldkant. Detta kan säkra en tillräckligt tjock kärnkeram och därmed ge högre styrka i konstruktionen utan att estetiken märkbart försämras. I vissa fall kan det vara indicerat att framställa kronor enbart i kärnmaterial, exempelvis i zirkonia. Detta kan bli aktuellt hos patienter med parafunktion (bruxister), vid stor belastning posterioert och vid korta kliniska kronor, både i samband med hygienisk utformning av hängande led och för att spara tandsubstans.

Det finns emellertid flera *in vitro*-studier som indikerar att prepareringsgränsens utformning har liten eller ingen betydelse för frakturstyrkan hos helkeramiska kronor [14, 18, 19]. Dessa studier uppvisar som regel andra typer av frakturmönster än dem som observerats i denna studie och i andra studier av kliniska frakturer. Det kan därför ifrågasättas om dessa studier har tillräckligt god klinisk relevans [20, 21]. Det finns emellertid icke stöd i tillgänglig litteratur för att säga om den ena prepareringsdesignen är bättre än den andra för att förebygga tidiga, kliniska frakturer.

När man ska ta med kunskap från frakturanalys in i klinisk verksamhet, finns det flera omständigheter som operatören bör ta hänsyn till. För att förebygga frakturer av helkeramiska konstruktioner, är det viktigt att man följer riktlinjerna för val av keramtyp samt rekommenderade indikationer. Bristande kunskap om olika keramers och cements egenskaper kan vara en indirekt orsak till frakturer. Vid hantering av keramkonstruktioner bör man undvika att skapa ytdefekter i samband med bearbetning av keramen [2, 22]. Vid inslipning av ocklusion och artikulation bör man använda nya finkorniga diamanter med hög hastighet under riklig vattenkylning. Det är också viktigt att konstruktionen poleras noggrant för att undvika slitage på antagonister.

Den ocklusala utformningen på kronan är viktig för att undvika spänningskoncentrationer/stresspunkter, och hänsyn till detta måste tas både av tandtekniker och tandläkare. Dessutom är det viktigt att vid provningen av helkeramiska konstruktioner undvika att pressa dessa på plats, eftersom detta kan initiera spänningar i materialet. Av samma skäl är det viktigt att kronor har löspassning så att cementet får möjlighet att flyta ut utan för stor press. Det är också olyckligt om konvergensvinkeln

är för låg då detta kan skapa ett alltför högt tryck vid cementering, eftersom cementet får svårt att flyta ut. Temporär cementering av helkeramiska konstruktioner bör undvikas då det finns risk för sprickbildning om konstruktionen lossnar, men även då den ska tas loss inför permanent cementering. Temporära cement är också elastiska och eftersom keramen inte är flexibel kan detta inducera spänningar och spricktillväxt. Det saknas emellertid vetenskaplig dokumentation kring vilka faktorer som har störst betydelse för att undvika frakturer.

SLUTSATS

Frakturanalys är en bra metod för att identifiera frakturernas startpunkt och riktning. Samtliga exempel uppvisade frakturer som startade cervikalt i approximalområdet. Med hjälp av frakturanalyserna fann vi att möjliga orsaker till frakturmönster kunde vara ogynnsam dragbelastning, kronans utformning approximalt samt felaktig behandling av materialet. Olika metoder för att stärka konstruktionerna cervikalt, korrekt materialhantering samt noggrann utvärdering av belastningsförhållandena kan bidra till att minska antalet frakturer i helkeramiska konstruktioner i framtiden.

TACK

Studien hade inte varit möjlig att genomföra utan hjälp från tandläkare vid Bakke Tannlegekontor som sände oss kronorna till frakturanalysen. Tack till Egil S Erichsen vid Matematisk-naturvetenskapliga fakultets felleslaboratorie för hjälp i samband med SEM-mikroskopering.

ENGLISH SUMMARY

Fractures of all-ceramic crowns – reasons and prevention
Anne Dybdahl Hardang, Amanda Hembre Ulsund and Marit Øilo

Tandläkartidningen 2014; 106 (12): 72–7

Fractographic analyses are used as a method for studying failures in all-ceramic restorations. This method gives information about the crack initiation and crack propagation in ceramics. Six clinically fractured restorations were analyzed by optical and SEM microscopy. Features on the fracture surface were used to identify fracture origin and the fracture paths for all the samples. The fracture features were: wake hackle, arrest lines and gull wings. The results were confirmed by SEM microscopy, which also were important for identifying defects in the material at the crack start. In all our samples the crack initiated from the approximal cervical region. The present findings and previous studies on tooth flexure, indicate that tensile stress in the cervical area may be the cause for the fracture origins in the cervical region. The geometry of the crown margin is important for crack ini-

tiation. The approximal area seems to be the area with most tensile stress. Factors which may prevent crack initiation are discussed, such as core thickness and geometry of the finish line. The core thickness in the cervical margin may be increased

by reducing or eliminating the veneering layer approximally and/or orally. The fluctuations of the finish line may be leveled to reduce stress concentration in approximal curves. Other factors considering handling are also discussed. ●

Referenser

1. Sailer I, Pjetursson BE, Zwahlen M, Hammerle CH. A systematic review of the survival and complication rates of all-ceramic and metal-ceramic reconstructions after an observation period of at least 3 years. Part II: Fixed dental prostheses. *Clin Oral Implants Res* 2007; 18: 86–96.
2. Milleding P, Karlsson S, Molin M. *Dentala helkeramer i teori och klinik*. Stockholm, Gothia, 2005.
3. Molin M. *Dentala helkeramer, klinisk utvärdering*. In: *Kunskapscenter för Dentala Material* (ed). Stockholm, Socialstyrelsen 2004; 1–25.
4. Noort Rv. *Introduction to dental materials*, 2nd ed. Edinburgh, Mosby, 2002.
5. Lee JJ, Kwon JY, Bhowmick S, Lloyd IK, Rekow ED, Lawn BR. Veneer vs. core failure in adhesively bonded all-ceramic crown layers. *J Dent Res* 2008; 87: 363–6.
6. Øilo M, Gjerdet NR. Fractographic analysis of all-ceramic crowns: A study of 27 clinically-fractured crowns. *Dent Mater* 2013; 29: e78–e84.
7. Quinn GD. *Fractography of ceramics and glasses*. Washington, National Institute of Standards and Technology, 2007.
8. Quinn GD, Hoffman K, Scherrer S, Lohbauer U, Amberger G, Karl M, Kelly JR. Fractographic analysis of broken ceramic dental restorations. In: *Fractography of glasses and ceramics VI*. John Wiley & Sons, 2012, 161–74.
9. Scherrer SS, Quinn GD, Quinn JB. Fractographic failure analysis of a procera® allceram crown using stereo and scanning electron microscopy. *Dent Mater* 2008; 24: 1107–13.
10. ASTM INTERNATIONAL. ASTM C1322-05b standard practice for fractography and characterization of fracture origins in advanced ceramics.
11. Aboushelib MN, Feilzer AJ, Kleverlaan CJ. Bridging the gap between clinical failure and laboratory fracture strength tests using a fractographic approach. *Dent Mater* 2009; 25: 383–91.
12. Øilo M, Tvinnerem HM, Gjerdet NR. Qualitative and quantitative fracture analyses of high-strength ceramics. *Eur J Oral Sci* 2009; 117: 187–93.
13. Scherrer SS, Quinn JB, Quinn GD, Kelly JR. Failure analysis of ceramic clinical cases using qualitative fractography. *Int J Prosthodont* 2006; 19: 185–92.
14. Vult von Steyern P, al-Ansari A, White K, Nilner K, Derand T. Fracture strength of in-ceram all-ceramic bridges in relation to cervical shape and try-in procedure. An in-vitro study. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 2000; 8: 153–8.
15. Quinn JB, Quinn GD, Kelly JR, Scherrer SS. Fractographic analyses of three ceramic whole crown restoration failures. *Dent Mater* 2005; 21: 920–9.
16. Lee HE, Lin CL, Wang CH, Cheng CH, Chang CH. Stresses at the cervical lesion of maxillary premolar – a finite element investigation. *J Dent* 2002; 30: 283–90.
17. Whitton A, Qasim T, Ford C, Hu XZ, Bush M. The role of skirt geometry of dental crowns on the mechanics of failure: Experimental and numerical study. *Med Eng Phys* 2008; 30: 661–8.
18. Akesson J, Sundh A, Sjögren G. Fracture resistance of all-ceramic crowns placed on a preparation with a slice-formed finishing line. *J Oral Rehabil* 2009; 36: 516–23.
19. Sornsuan T, Swain MV. The effect of margin thickness, degree of convergence and bonding interlayer on the marginal failure of glass-simulated all-ceramic crowns. *Acta Biomaterialia* 2012; 8: 4426–37.
20. Øilo M, Kvam K, Tibbals J, Gjerde NR. Clinically relevant fracture testing of all-ceramic crowns. *Dent Mater* 2013; 29 (8): 815–23. doi:10.1016/j.dental.2013.04.026. Epub 2013 Jun 6.
21. Kelly JR, Benetti P, Rungruanganunt P, Bona AD. The slippery slope: Critical perspectives on in vitro research methodologies. *Dent Mater* 2012; 28: 41–51.
22. Øilo M, Strand G, Tvinnerem H. Keramer som tannrestaureringsmaterial. *Nor Tannlegeforen Tid* 2005; 115: 322–8.

Artikeln är översatt från norska av Thomas Jacobsen.

Vill du bidra med en vetenskaplig artikel?

Hit sänder du ditt manuskript för bedömning:

Tandläkartidningen, Box 1217, 111 82 Stockholm

E-post: manus.tlt@tandlakarforbundet.se

Tel: 08-666 15 00