



H.W. Denissen  
J.M. van der Zel  
M.A.J. van Waas

# CAD/CAM-copings voor partiële omslijpingen

## Samenvatting

### Trefwoorden:

- Partiële omslijping
- CAD/CAM
- Vol-keramische restauratie

Uit de afdeling Orale Functieleer van het Academisch Centrum Tandheelkunde Amsterdam (ACTA).

Datum van acceptatie:  
8 december 1998.

### Adres:

Dr. H.W. Denissen  
ACTA  
Louwesweg 1  
1066 EA Amsterdam

In dit onderzoek is nagegaan hoe reproduceerbaar en nauwkeurig keramische copings voor een partiële omslijping met behulp van CAD/CAM zijn te maken. Op stompmodellen van preparaties bij patiënten werden keramische copings geproduceerd volgens het Computer Integrated Ceramic Reconstruction (CICERO®)-systeem en het Ceramic Reconstruction (CEREC®)-systeem. Ter evaluatie van de nauwkeurigheid van beide methoden werd de randspleet van de met de computer gemaakte keramische coping op een drietal gebitselementen vergeleken met de randspleet van de gouden restauratie die uiteindelijk bij de patiënt werd geplaatst.

Uit de resultaten blijkt dat de CICERO- en CEREC-copings voor een bovenpremlaar randspleet vertoonden die respectievelijk varieerden van 58-80 µm (gemiddeld 69 µm) en 71-91 µm (gemiddeld 81 µm), voor een bovenmolaar 63-92 µm (gemiddeld 78 µm) en 68-110 µm (gemiddeld 89 µm) en voor een ondermolaar 54-98 µm (gemiddeld 76 µm) en 73-99 µm (gemiddeld 86 µm). De randspleeten van de uiteindelijk gegoten restauraties waren 33, 49 en 41 µm. Geconcludeerd wordt dat computers keramische copings kunnen produceren op partiële omslijpingen op stompmodellen met een gemiddelde randspleet voor CICERO-copings van 74 µm en voor CEREC-copings van 85 µm. Deze waarden gelden vóór optimalisering van de randaansluiting door het opbakken met porselein.

DENISSEN HW, ZEL JM VAN DER, WAAS MAJ VAN. CAD/CAM-copings voor partiële omslijpingen. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 1999; 106: 38-41.

## Inleiding

Reeds meer dan dertig jaar zijn de voordelen van de partiële omslijping bekend (Pameijer, 1969; Christensen, 1996). Met partiële omslijpingen worden enkele restauratietypen voor de (pre)molaren bedoeld, die ook wel inlays met knobbeloverkapping, 3/4-kronen en 4/5-kronen worden genoemd. Kenmerkend is dat het gehele occlusale vlak door de partiële omslijping wordt geres-taureerd. Afhankelijk van de grootte van het cariësproce-s en de omvang van de oude vulling worden de buccale en de linguale vlakken zover met metaal overkapt, dat het open (gaan) staan van de randen door randslijtage of het afsplinteren van glazuur tijdens occlusale bewegingen wordt voorkomen (Pameijer, 1983; Käyser *et al*, 1995). Gaaf tandweefsel blijft zoveel mogelijk behouden en de partiële omslijping verloopt approximaal niet tot op de bodem van de sulcus.

Goud is vooralsnog het perfecte materiaal voor de restauratie van een partiële omslijping, maar heeft twee nadelen. In de eerste plaats wordt de partiële gouden kroon, net als honderd jaar geleden, handmatig vervaardigd en is dus zeer arbeidsintensief. Op de tweede plaats wordt de goudkleur steeds minder door de patiënt geaccepteerd. Tegenwoordig is het cosmetische aspect van tandheelkundige restauraties zo'n dominante factor dat aan tandkleurig porselein steeds meer de voorkeur wordt gegeven (Denissen *et al*, 1990a; 1993). Volledig porseleinen restauraties voor partiële omslijpingen zijn fraai, maar het vervaardigen ervan is kritisch en vereist zowel van tandarts als van tandtechnicus grote zorgvuldigheid (Denissen *et al*, 1990b; Pameijer, 1994). Hoewel bevestigingstechnieken op basis van de zuur-etstechniek, speciale dentine hechtmiddelen en composietce-

menten goede resultaten geven voor porseleinen restauraties, zijn het zeer bewerkelijke procedures (Pameijer, 1994). Ook treedt veelvuldig breuk van de conventionele volledig porseleinen restauratie op (Käyser *et al*, 1995).

Het hier beschreven onderzoek richt zich op keramische restauraties op basis van een nieuw type aluminiumoxide en porseleinen coping. Zo'n coping is bovendien computergestuurd te maken, om er vervolgens handmatig porselein op te bakken (afb. 1) (Van der Zel, 1993; Andersson, 1996; Mörmann, 1996).

Bij de fabricage van copings met behulp van computers zijn de begrippen CSD (computer surface digitization), CAD (computer aided design) en CAM (computer aided manufacturing) belangrijk (Rekow, 1987; Duret *et al*, 1988; Quick en Holton, 1991). CSD houdt in: het digitaliseren (het lezen) van het oppervlak van de partiële omslijping op het stompmodel. CAD is het ontwerpen van de coping en CAM is het frezen van de coping.

In dit onderzoek wordt onderzocht hoe nauwkeurig een coping voor een partiële omslijping met behulp van computers kan worden vervaardigd.

## Materiaal en methode

De stompmodellen in het onderzoek waren afkomstig van patiënten die (te) grote amalgaam- of composietvullingen hadden die aan vervanging toe waren. De (pre)molaren werden partieel omslepen voor definitieve gegoten restauraties waarop al of niet porselein werd gebakken. Verschillende preparatievormen van randpartijen werden uitgetest om de stompmodellen ook te kunnen gebruiken voor onderzoek met CSD, CAD en CAM van keramische copings. De uiteindelijke prepara-

tievorm ten behoeve van de keramische copings werd als volgt bereikt: allereerst werd het occlusale vlak van de betreffende (pre)molaren 1,5 mm verlaagd, oude vullingen en cariës werden verwijderd en ondersnijdingen opgevuld. De approxima-



le boxen en de occlusale groeve werden geprepareerd. Vervolgens werden met een kogelvormige diamantsteen (Procera® diamantstenen nrs. 2 en 3) diepe, brede chamfers geprepareerd in de cervicale randpartijen van de boxen en in de buccale en de linguale vlakken van de dragende knobbels. De dragende knobbels werden dus volledig omvat. De niet-dragende knobbels werden voorzien van een brede bevel die evenwijdig verliep aan de knobbelhelling. De Procera diamantsteen nr. 6 werd hiervoor gebruikt. De niet-dragende knobbels werden dus overkapt. Tevens werden de axiale wanden beslepen en werden vloeiende overgangen gecreëerd van cervicaal naar approximaal en occlusaal. De cervicale randpartijen eindigden in principe in glazuur.

De preparaties werden met Impregum® (ESPE, Duitsland) afgedrukt en in wit gips uitgegoten (New Fuji Rock, GC Corporation, 76-1 Hasunuma-Cho, Japan). Afbeelding 2 laat stompmoedellen zien die gebruikt werden voor de productie van de copings en de gegoten restauraties. De gegoten restauraties werden definitief bij de patiënten geplaatst.

Twee computersystemen werden gebruikt voor de productie van de copings: het CICERO® (Computer Integrated Ceramic Reconstruction)-systeem, ontwikkeld door Van der Zel (1993) en het CEREC® (Ceramic Reconstruction)-systeem, ontwikkeld door Mörmann en Brandstini (1989).

Bij het CICERO-systeem werd het stompmodel en een kalibratiebolletje met een bekende radius van 6 mm met een laserstraal gescand. Steeds werden 5 scans gemaakt zonder de positie van het stompmodel en het bolletje ten opzichte van de laserstraal te veranderen. Het resultaat van een scanprocedure is een wolk van punten die samen een patroon geven. De representatie van alle geregistreerde punten van de contour van de partiële omslijping is een verzameling van coördinaten die geplaatst zijn in een driedimensionaal assenstelsel (afb. 3).

Vervolgens werden het ontwerp voor het vuurvaste stompmodel en de copings gemaakt op het draadmodel dat verkregen werd door oppervlakedigitalisatie van de partiële omslijping (afb. 4). De vuurvaste stomp werd gefreesd uit een geprefabriceerd cilindrisch blokje gips. Zo ontstond het duplicaatmodel van het oorspronkelijke stompmodel van de partiële omslijping met ruimte voor het cementeermiddel. De computer berekende de freespaden. Op het aldus verkregen vuurvaste stompmodel werd keramisch poeder (CICERO Dental BV) aangebracht en vervolgens gefreesd. Steeds werden er 5 copings gemaakt voor een partiële omslijping van respectievelijk een bovenpremolair, een bovenmolaar en een ondermolaar. Deze 15 copings werden gebruikt

voor de analyse van de nauwkeurigheid van de randaansluiting (afb. 5).

Voor de productie van de CEREC-copings werd gebruikgemaakt van de CEREC® 2 unit met Crown Cap software (Mörmann, 1996). Daarvoor werd het stompmodel met een dun laagje titaniumdioxidepoeder bedekt en vervolgens gescand met een conventionele videocamera. Het systeem digitaliseerde het verkregen beeld zodat een driedimensionaal profiel van de partiële omslijping werd verkregen. Dit profiel kan worden omschreven als een 'optische afdruk'.

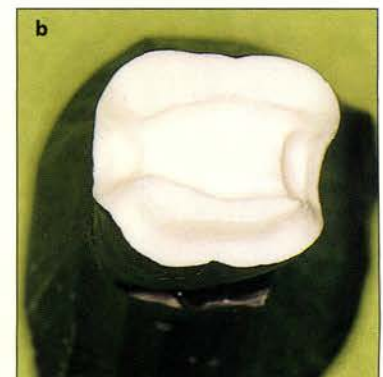
De dikte van de coping werd op 0,81 mm en de cementruimte op 50 µm ingesteld. De preparatierand werd aangegeven op het monitorbeeld van de partiële omslijping. Vervolgens werden Vita blokjes (Vita® Benelux) in de freesruimte van de CEREC 2 unit gemonteerd. Van iedere optische afdruk (één van een bovenpremolair, een bovenmolaar en een ondermolaar) werden steeds 5 copings gefreesd voor de analyses (afb. 5).

Nauwkeurigheid kan worden gedefinieerd als het vermogen om hetzelfde resultaat te verkrijgen als met een andere onafhankelijke methode (Wahner *et al*, 1994; Denissen *et al*, 1996). Als referentiewaarde voor de randaansluiting werd een gegoten restauratie op de stompmoedellen van de bovenpremolair, de bovenmolaar en de ondermolaar vervaardigd.

De randspletten werden mesiaal, buccaal, distaal en linguaal op de stompmoedellen gemeten. Bij de metingen werd gebruikgemaakt van een Olympus BX 60 lichtmicroscop, een Sony 3CCD kleurenvideocamera, een Hewlett Packard computer en het KONTRON Elektronik Imaging System KS 100 version 2.00.

## Resultaten

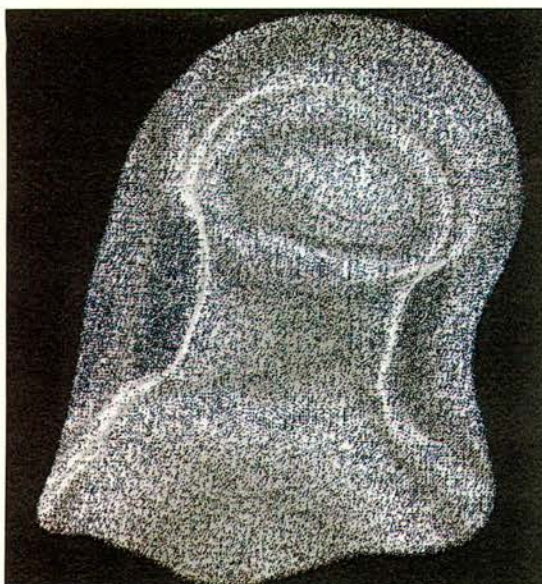
Na productie van de copings door de freesmachine moesten de randpartijen van de CEREC-copings vaak



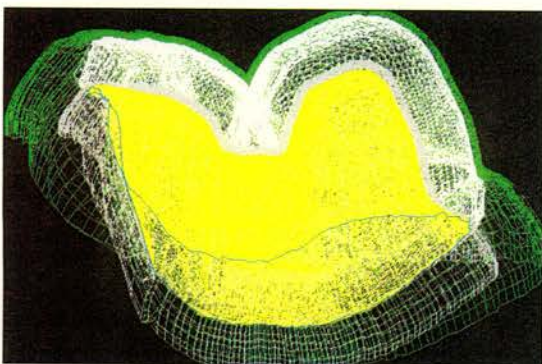
**Afb. 1. Coping volledig keramische restauratie voor een partiële omslijping van een ondermolaar. a. De coping geproduceerd per computer. b. De coping handmatig opgebakken met conventioneel porselein.**

**Afb. 2. Stompmoedellen met partiële omslijpingen voor analyse van de copings geproduceerd met behulp van het CICERO®- en het CEREC®-systeem. Het stompmodel met een partiële omslijping van een bovenpremolair (a) en van een ondermolaar (b), waarvan het gebied onder de preparatierand zwart is gemaakt om de randpartij aan te geven.**

Afb. 3. De CICERO computerdigitalisatie van het oppervlak van de partiële omslijping van een premolaar. Preparaties met als randpartijen brede diepe chamfers of brede bevels bleken geschikt te zijn voor oppervlakedigitalisatie.



Afb. 4. Een aanzicht van het CICERO draadmodel van het ontwerp van een coping voor een partiële omslijping. De 'gele' laag geeft het stompmodel van de partiële omslijping aan. De grijze laag daarboven is de ruimte voor de toekomstige cementlaag. De witte en de groene laag geven het copinggedeelte aan.



wat gecorrigeerd worden, zoals het verwijderen van freessporen en randkarteltjes. Dit was bij de CICERO-copings veel minder nodig.

Tabel 1 vermeldt de analyse van de nauwkeurigheid van de randaansluitingen. De gemiddelde randspleet



Afb. 5. Geproduceerde copings (n = 10) voor dezelfde partiële omslijping van een premolaar voor analyse van de copings op de stompmodellen. a. CICERO(aluminiumoxide)-copings. b. CEREC(porseleinen)-copings.

voor CICERO-copings was 74  $\mu\text{m}$  en voor CEREC-copings 85  $\mu\text{m}$ .

## Discussie en conclusie

De partiële omslijping wordt nogal eens gezien als een conservatief alternatief voor het opbouwen van (pre)molaren met amalgaam of composiet en het vervolgens voorzien van een volledige kroon. Bij deze laatste methode wordt de gehele anatomische kroon van een element beslepen. De randen eindigen daarbij (vaak te ver) subgingivaal, hetgeen in strijd is met de biologische principes van een gezond parodontium op lange termijn (Wright, 1963; Pameijer, 1969; Marinello, 1996). Op zich is het begrijpelijk dat de partiële gouden kroon niet populair is omdat deze niet aan de esthetische eisen van de patiënt voldoet. Tot nu toe is er geen goed alternatief voor goud voorhanden.

De optimale preparatievorm voor gegoten restauraties is de gebevelde schouder (Gavelis *et al.*, 1981; Käyser *et al.*, 1995). Aan deze preparatievorm kleven twee bezwaren voor de keramische computertechnologie. Op de eerste plaats is een gebevelde schouder tot op heden moeilijk te digitaliseren. Op de tweede plaats fractureert keramiek indien het dun eindigt (Denissen, 1993; Käyser *et al.*, 1995). Daarom werd voor een chamfer en een brede bevel als randpartij gekozen.

Door de introductie van nieuwe sterke aluminiumoxide en porseleinen materialen voor copings leek het daarom de moeite waard om te onderzoeken of copings, vervaardigd met behulp van computertechnologie, voldoende reproduceerbaarheid en nauwkeurigheid hebben voor partiële omslijpingen. De preparatierand van de dragende knobbel eindigt buccaal en linguaal ongeveer bij de equator van de (pre)molaar. Dit heeft als

voordeel dat de randaansluiting goed schoon te houden is, de knobbels voldoende worden omvat en de keramische restauratie voldoende massa heeft.

In dit onderzoek werden alleen de ervaringen met copings op stomp-

**Tabel 1. Analyse van de nauwkeurigheid van de randaansluiting van CICERO®- en CEREC®-copings in vergelijking met de randaansluiting van gegoten restauraties. De gemiddelde (gem)  $\pm$  standaarddeviatie (sd) en de minimum en maximum randspleeten voor de copings worden aangegeven. Voor de gegoten restauraties wordt de randspleet aangegeven van de restauratie per element en het gem  $\pm$  sd van de drie restauraties.**

	CICERO-copings		CEREC-copings		Gegoten restauraties	
	gem $\pm$ sd	min/max in $\mu\text{m}$	gem $\pm$ sd	min/max in $\mu\text{m}$	randspleet	gem $\pm$ sd in $\mu\text{m}$
Bovenpremolaar	69 $\pm$ 13	58/80	81 $\pm$ 11	71/91	33	-
Bovenmolaar	78 $\pm$ 18	63/92	89 $\pm$ 25	68/110	49	41 $\pm$ 8
Ondermolaar	76 $\pm$ 27	54/98	86 $\pm$ 14	73/99	41	-

modellen onderzocht en beschreven. De metingen werden uitgevoerd voordat de randaansluiting werd geoptimaliseerd door het opbakken met porselein. Klinisch wordt een randspleet van 100 µm acceptabel bevonden (McLean en Von Fraunhofer, 1971; Karlsson, 1993; Persson *et al*, 1995).

De randaansluiting van de copings is een complex samenspel van computertechnologie en materiaalkunde eigenschappen van de gebruiksmaterialen en de freesmachine. Factoren als dichtheid van het keramisch materiaal, oppervlaktestructuur en krimp bepalen evenzeer de randaansluiting als de computertechnologie.

Het CAD/CAM-onderzoek heeft als hypothesen dat CICERO-, CEREC- en PROCERA-copings voor partiële omslijpingen geproduceerd kunnen worden met een randspleet op het stompmodel = 25 µm en een cement-spleet in de mond = 50 µm. De techniek is beschikbaar en de resultaten van ons lopend onderzoek geven aanleiding om het beschreven concept bij patiënten te introduceren. Verdere onderzoekshypothesen in ons CAD/CAM-project zijn de esthetische overgang van kroon naar glazuur en de duurzaamheid van de restauratie. Ervan uitgaande dat steeds verbeteringen worden aangebracht in de CAD/CAM-techniek, belooft deze, aangevuld met de creativiteit van de porselein-tandtechnicus, een functionele en esthetische restauratie in de toekomst.

De conclusie van het onderzoek is dat computertechnologie de productie van keramische copings van aluminiumoxide voor partiële omslijpingen mogelijk maakt, met een gemiddelde randspleet voor CICERO-copings van 74 µm en CEREC-copings van 85 µm. Deze waarden gelden evenwel vóór optimalisering van de randaansluiting door het opbakken met porselein.

## Literatuur

- ANDERSSON M. Procera, a new system for fabrication of artificial dental crowns. Process-related and Clinical Studies. Umeå University Odontological Dissertations, 1996.
- ANDERSSON M, CARLSSON L, PERSSON M, BERGMAN B. Accuracy of machine milling and spark erosion with a CAD/CAM system. *J Prosthet Dent* 1996; 76: 187-193.

- CHRISTENSEN GJ. The coming demise of the cast gold restoration? *J Am Dent Assoc* 1996; 127(8): 1233-1236.
- DENISSEN HW, MANGANO C, NAVA V, et al. Atlas of porcelain restorations. Padua: Piccin, 1990a.
- DENISSEN HW, GARDNER FB, WIJNHOF GF, et al. All porcelain anterior veneer bridges. *J Esthetic Dent* 1990b; 2: 22-27.
- DENISSEN HW, WIJNHOF GFA, VELDHOUS AAH, et al. Five-year study of all-porcelain veneer fixed partial dentures. *J Prosthet Dent* 1993; 69: 464-468.
- DENISSEN HW, BLIECK J DE, VERHEY H, et al. Dual-Energy X-ray Absorptiometry for Histologic Bone Sections. *J Bone Miner Res* 1996; 11: 638-644.
- DURET F, BLOUIN JL, DURET B. CAD/CAM in dentistry. *J Am Dent Assoc* 1988; 117: 715-720.
- GAVELIS JR, MORENCY JD, RILEY ED, SOZIO RB. The effect of various finish line preparations on the marginal seal and occlusal seat of full crown preparations. *J Prosthet Dent* 1981; 45: 138-145.
- KARLSSON S. The fit of Procera titanium crowns. An in vitro and clinical study. *Acta Odontol Scand* 1993; 51: 129-134.
- KÄYSER AF, CREUGERS NHJ, PLASMANS PJJM, et al. Uitgangspunten bij de diagnostiek van het gemutileerde gebit en de behandeling ervan met vaste voorzieningen. Houten/Diegem: Bohn Stafleu Van Loghum, 1995.
- MARINELLO CP. Esthetic soft tissue aspects in reconstructive dentistry. In: CAD/CIM in Aesthetic Dentistry. CEREC 10 year anniversary symposium. Chicago, Berlin: Quintessence Publishing Co, Inc, 1996.
- MCLEAN JW, FRAUNHOFER JA VON. The estimation of cement film thickness by an in vivo technique. *Br Dent J* 1971; 13: 107-111.
- MORMANN WH, BRANDESTINI M. Die Cerec Computer Reconstruction. Inlays, Onlays und Veneers. Berlin: Quintessenz Verlags-GmbH, 1989.
- MORMANN WH. CAD/CAM in aesthetic dentistry. Chicago: Quintessence Publishing Co, Inc., 1996.
- PAMEIJER JHN. Over de gedeeltelijke omslijping bij het vervaardigen van parodontologisch aanvaardbare restauraties. *Ned Tijdschr Tandheelk* 1969; 76: 9-18.
- PAMEIJER JHN. Parodontale en occlusale aspecten van kronen en bruggen. Dental Center for postgraduate courses. Amsterdam: De Bussy Ellerman Harms, 1983.
- PAMEIJER JHN. Porseleinen onlays. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 1994; 101: 428-433.
- PERSSON M, ANDERSSON M, BERGMAN B. The accuracy of a high-precision digitizer for CAD/CAM of crowns. *J Prosthet Dent* 1995; 74: 223-229.
- QUICK DC, HOLTAN JR. Use of a scanning laser three-dimensional digitizer for analysis of dental materials. *Biomedical instrumentation & technology* 1991; 25: 60-67.
- REKOW ED. Computer-aided design and manufacturing in dentistry: A review of the state of the art. *J Prosthet Dent* 1987; 58: 512-516.
- WAHNER HW, STEIGER P, STEITEN E VON. Instruments and measurement techniques. London: Martin Dunitz, 1994.
- WRIGHT WH. Local factors in periodontal disease. *J Am Soc Periodont* 1963; 1: 163-168.
- ZEL JM VAN DER. Ceramic-fused-to-metal restorations with a new CAD/CAM system. *Quintessence International* 1993; 24: 769-778.

## Partial coverage copings by computer

Aim of the study was to evaluate the Computer Integrated Ceramic Reconstruction (CICERO®)-system and the Ceramic Reconstruction (CEREC®)-system for the production of all ceramic copings for partial coverage. Posterior teeth were prepared and the stone dies were made. Accuracy analyses were performed on ceramic restorations made by means of the CICERO and by means of the CEREC technique. The marginal gaps were compared to that of a control cast metal restoration.

The results demonstrate that the marginal gaps of the CICERO and CEREC copings varied respectively for the premolar 58-80 µm (mean 69 µm) and 71-91 µm (mean 81 µm). For the upper molar 63- 92µm (mean 78 µm) and 68-110 µm (mean 89 µm) and for the lower molar 54-98 µm (mean 76 µm) and 73-99 µm (mean 86 µm). Control cast metal partial coverage restorations showed marginal gaps of 33, 49 and 41 µm. It is concluded that computers can produce copings for partial coverage preparations on stone dies with a mean marginal gap for CICERO copings of 74 µm and for CEREC copings of 85 µm. These values were obtained before optimizing the marginal fit by means of porcelain veneering.

## Summary

Key words:

- Partial coverage
- Computer
- Reproducibility and accuracy