

H. Moscovich
N.H.J. Creugers

Humaan tandweefsel als tandheelkundig restauratiemateriaal*

Samenvatting

Trefwoorden:

- Humaan tandweefsel
- Transplantatie
- Restauratiemateriaal

Uit de afdeling Orale Functieleer van de Katholieke Universiteit Nijmegen.

* Bewerkte vertaling en combinatie van twee eerder verschenen publicaties: 'Moscovich H, Creugers NHJ: The novel use of extracted teeth as a restorative material - the natural inlay. J Dent 26: 21-24, 1998' en 'Moscovich H, Von den Hoff J, Creugers NHJ, De Kanter RJAM: In vitro accuracy and fit of milled natural inlays. J Dent 26: 453-457, 1998'. Afb. 1 t/m 6 met toestemming overgenomen.

Datum van acceptatie:
19 november 1998.

Adres:
Prof.dr. N.H.J. Creugers
KUN
Postbus 9101
6500 HB Nijmegen

Het doel van dit onderzoek was om na te gaan of het mogelijk is om, met behulp van een kopieerfreessysteem, uit een geëxtraheerd gebitselement een goed passende klasse II-inlay te vervaardigen ('natural inlay'). Ten behoeve van dit experiment werden twee paar molaren van gelijke vorm en grootte uitgezocht. Hierbij werd vooral gelet op de proximale convexiteit en de mesiodistale afmeting. Eén element van elk paar werd aangewezen als 'donorelement' en één als 'gastheer'. In de ontvangende elementen werden MO-inlay-preparaties vervaardigd en hierin werden de 'natural inlays' geplaatst. In een tweede experiment werd met digitale beeldanalyse de accuratesse van de procedure beoordeeld. De coupes van de preparaten lieten een goede oriëntatie van glazuur en dentine zien. De gemiddelde randspleet bij natural inlays bleek vergelijkbaar met die van keramische inlays terwijl het tandweefsel zich goed 'freesbaar' toonde. Geconcludeerd werd dat het thans mogelijk is om, met behulp van een kopieerfreessysteem, goed passende restauraties uit humaan tandweefsel te vervaardigen.

MOSCOVICH H, CREUGERS, NHJ. Humaan tandweefsel als tandheelkundig restauratiemateriaal. Ned Tijdschr Tandheelkd 1999; 106: 10-14.

Inleiding

Dit artikel beschrijft een nieuw restauratief concept. Het betreft het gebruik van natuurlijk humaan tandweefsel in combinatie met een voor de productie van gefreesde keramische inlays ontwikkeld kopieerfreessysteem (Eidenbenz *et al*, 1994).

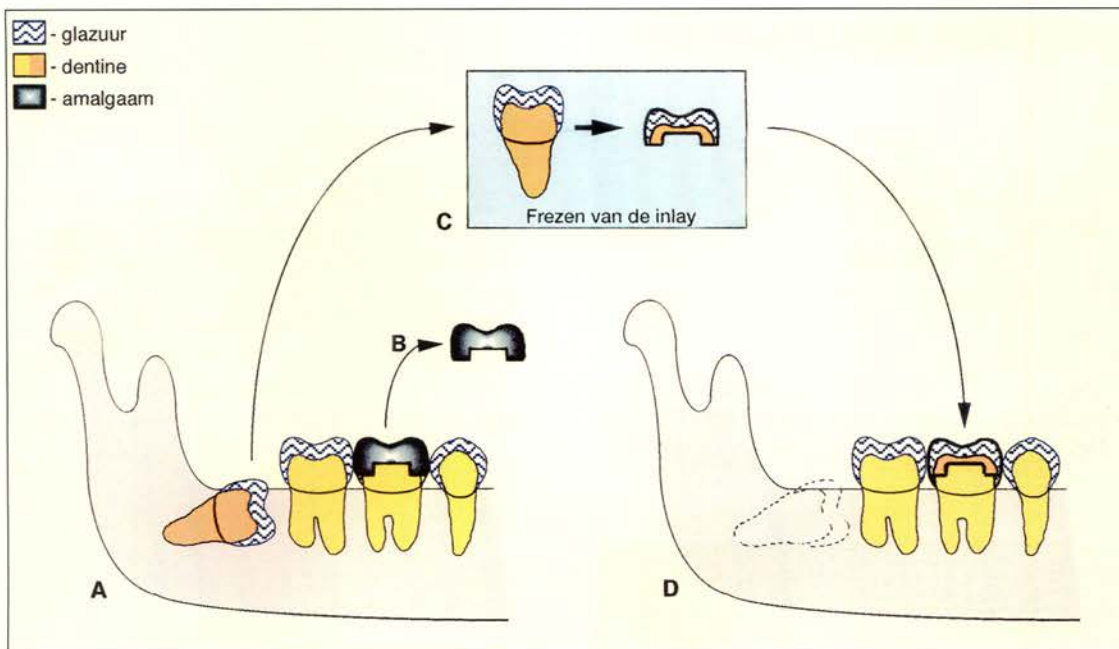
Al eeuwen wordt er door wetenschappers gezocht naar het ideale tandheelkundige restauratiemateriaal. Ontwikkelingen binnen de tandheelkundige materiaalwetenschappen hebben ertoe geleid dat de moderne tandarts een uitgebreid scala restauratiematerialen ter beschikking staat. Biomechanische eigenschappen van tandheelkundige materialen zijn uitgebreid onderzocht en beschreven. In deze beschrijvingen worden de eigenschappen van natuurlijk glazuur en dentine als de 'gouden standaard' gehanteerd. Tot op heden is geen enkel materiaal beschikbaar dat de biomechanische eigenschappen van natuurlijk tandmateriaal in al zijn aspecten evenaart. Uit dit laatste is de vraag voortgekomen: waarom geen gebruik gemaakt van de 'gouden standaard', dat wil zeggen van natuurlijk tandweefsel zelf?

Het hergebruik van humaan tandweefsel voor restauratieve doeleinden werd eerder casuïstisch beschreven door Simonsen (1979) en Kanca (1993). Hierbij ging het om het terugplaatsen van een door trauma gefractureerd deel van een tandkroon met behulp van adhesieve technieken. Het gebruik van allogeen tandweefsel werd beschreven door Santos en Bianchi (1991). Zij gebruikten glazuur als vulmiddel in klasse II-composietrestauraties en beschreven de reconstructie van tandknobbels met op pasvorm geselecteerde stukjes glazuur. Deze anekdotische toepassingen waren echter afhankelijk van de beschikbaarheid van gefractureerde onderdelen van een tand of resulteerden in een beperkte pasvorm van de vervangende delen.

De introductie van freessystemen in de tandheelkunde maakt het mogelijk om uit geprefabriceerde, industrieel vervaardigde keramische blokjes goed passende restauraties te vervaardigen. Het hier beschreven concept maakt gebruik van een dergelijk systeem, waarbij de restauratie echter in plaats van uit een keramisch blokje uit een geëxtraheerd natuurlijk element wordt geslepen. Met de hieruit vervaardigde zogenaamde 'natural inlay' is het mogelijk om een restauratie te vervaardigen die potentieel geschikt is om de structuur en functie van het aangetaste element te herstellen. Het doel van de hier beschreven pilotstudie was om na te gaan of het mogelijk is via het kopieerfreessysteem een passende klasse II-restauratie te vervaardigen waarbij het glazuur en het dentine van de restauratie de gewenste locatie en oriëntatie bezitten. Tevens werd, eveneens in een laboratoriumopzet, nagegaan hoe de pasvorm van deze restauraties is in vergelijking met die van keramische inlays.

Materiaal en methode

Het kopieerfreessysteem dat in dit onderzoek werd gebruikt is het Celay®-systeem (Mikrona Technologie, Spreitenbach, Zwitserland). Het Celay-systeem is oorspronkelijk ontwikkeld om gefreesde keramische inlays te vervaardigen uit porseleinen blokjes (Vita-Celay-Blanks®, Vita Zahnfabrik, Bad Säcklingen, Duitsland). In tegenstelling tot diverse andere freessystemen maakt het Celay-systeem geen gebruik van CAD/CAM-technologie maar van een hoogwaardige mechanische technologie die gebaseerd is op pantografische aftasting van een prototype van de inlay. Deze zogenaamde pro-inlay wordt eerst vervaardigd op het model en vervolgens gefixeerd in de aftastkamer van de machine. Terwijl de pro-inlay wordt afgetast, wordt met enkele

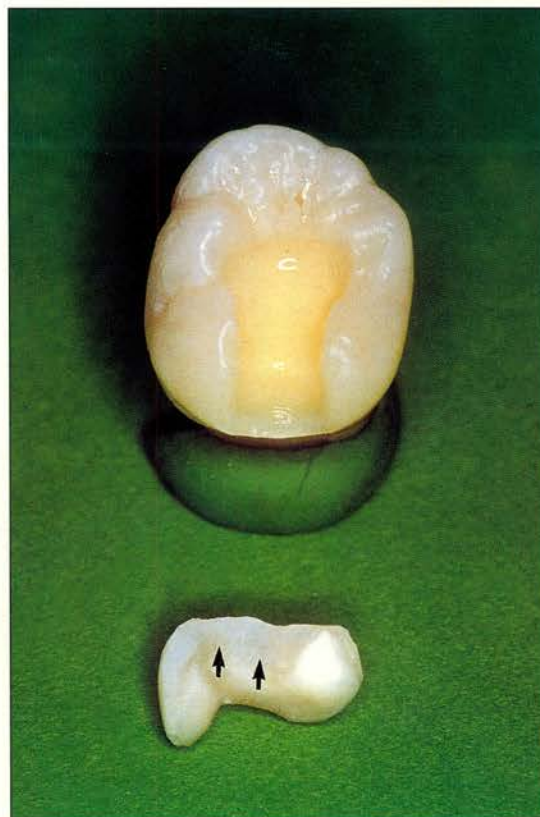


Afb. 1. Schematische weergave van het hergebruik van een geëxtraheerd element voor de productie van een autologe 'natural inlay': (A) verwijdering van de derde molaar, (B) verwijdering van de amalgaamrestauratie en preparatie van het element 46 voor een adhesieve inlay, (C) vervaardiging van de 'natural inlay' waarbij element 48 als donor dient, (D) plaatsing van de 'natural inlay'.

le opvolgende diamantschijven een exacte replica uit het porseleinen blok geslepen.

Het benodigde tandmateriaal om een natural inlay te produceren kan worden verkregen uit een autoloog geëxtraheerd element (Moscovich en Creugers, 1998). Afbeelding 1 toont een schematische weergave van dit principe. Ten behoeve van het experiment in dit onderzoek werden twee paar molaren van gelijke vorm en grootte uitgezocht. Hierbij werd vooral gelet op de proximale convexiteit en de mesiodistale afmeting. De wortels werden vervolgens verwijderd tot op 1 mm van de glazuur-dentinegrens. Eén element van elk paar werd aangewezen als 'donorelement', het andere element werd bestempeld tot 'gastheer'. In de ontvangende elementen werden MO-inlay-preparaties vervaardigd. Vervolgens werden afdrucken genomen en werkmodellen gemaakt. Op deze werkmodellen werden pro-inlays vervaardigd met behulp van een speciale kunststof (Celay-Tech® ESPE, Seefeld, Duitsland). De kronen van de donorelementen werden zodanig in de freeskamer van de Celay-machine geplaatst, dat hun occlusale en proximale oppervlakken zo parallel mogelijk aan die van de pro-inlay verliepen. De slijpprocedure verliep analoog aan die voor keramische inlays. Afbeelding 2 toont één van de geprepareerde gastheerelementen en de bijpassende natural inlay. Beide inlays werden met een totaaleetstechniek voorbehandeld en gecementeerd met een composietcement. Van de gerestaureerde elementen werden enkele coupes van 1 mm dikte gezaagd die vervolgens werden gekleurd met methyleenblauw en basisch fuchsine alvorens zij onder een lichtmicroscop werden beoordeeld op locatie en dikte van glazuur en dentine.

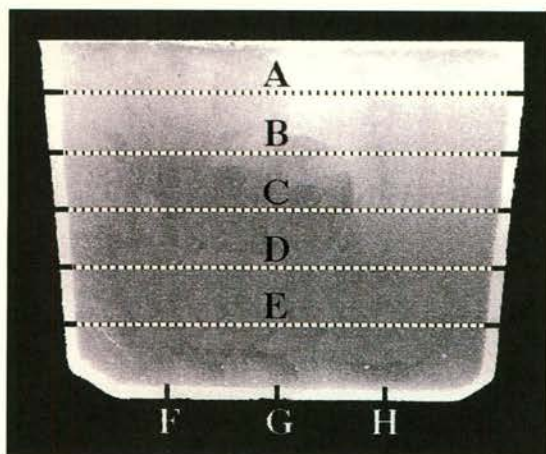
Het tweede experiment werd uitgevoerd om de 'freesaccuratesse' van het tandmateriaal te beoordelen. Hiervoor werd een speciale, door de fabrikant voor kalibratiedoeleinden geleverde, metalen pro-inlay met exact omschreven afmetingen en een bijpassende uit kunststof vervaardigde testmal gebruikt (Test-Inlay, Mikrona Technologie, Breitenbach, Zwitserland). De



Afb. 2. Geprepareerd gastheerelement en de te plaatsen 'natural inlay'. De pijlen verwijzen naar de glazuur-dentinegrens.

caviteit in deze mal is een gestileerde weergave van de geometrische vorm van een inlaypreparatie. Met behulp van de pro-inlay werden drie natural inlays en drie keramische inlays gefreesd. Van de kalibratiemal werden in totaal zes polymethylmethacrylaat replica's vervaardigd (Moscovich *et al*, 1998). Vervolgens werden de inlays in de replica's gecementeerd met een composietcement, waarbij tijdens het uitharden een constante druk van 2 kg werd uitgeoefend. Ten behoeve van een accurate randspleetmeting werden de specimina niet geëetst. Na een verblijf van 24 uur in water op kamertemperatuur werden uit elk specimen twee coupes gezaagd. De coupes werden vervolgens met behulp van

Afb. 3. Een bucco-linguale coupe van een gefreesde keramische inlay geplaatst in een replica van de testmal en een schematische weergave van de 13 meetlocaties.



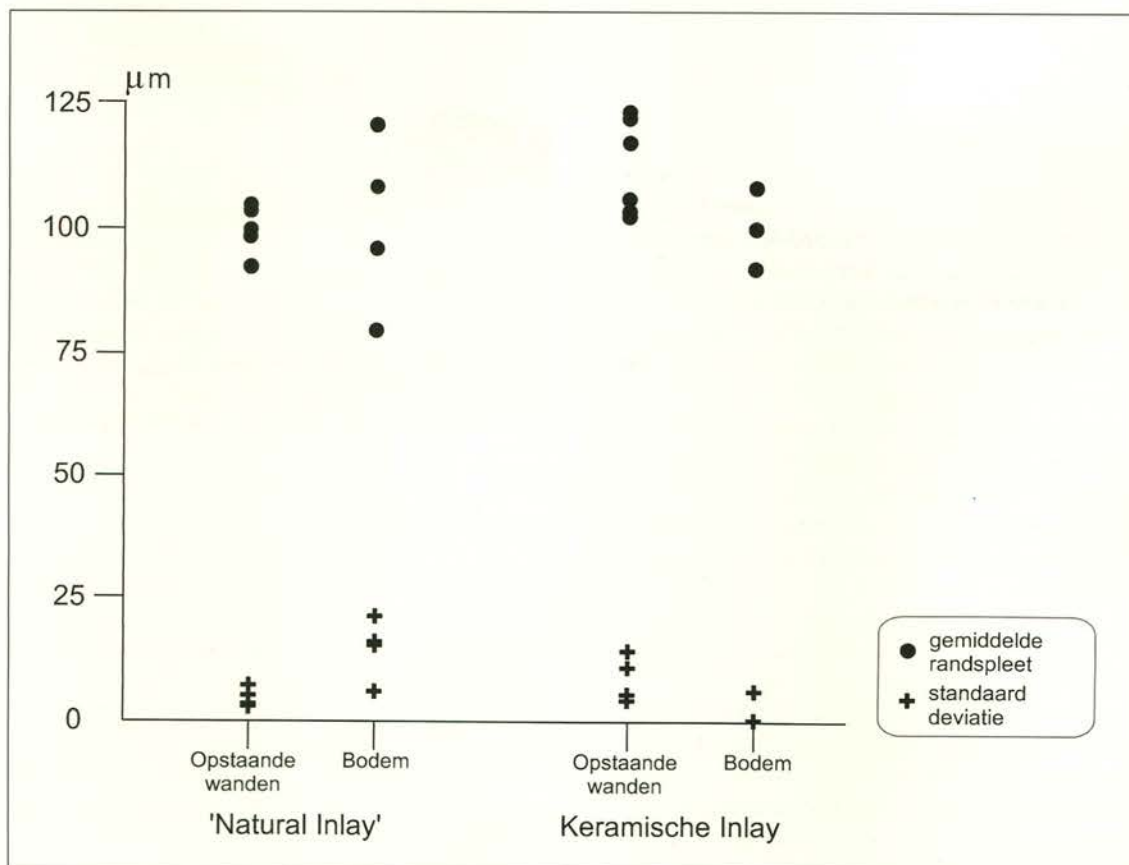
een lichtmicroscop gefotografeerd en aldus ongeveer 50 keer vergroot. Voordat de foto's werden beoordeeld door een gekalibreerde waarnemer, werd de variatie van de coupes ten opzichte van die van de mallen vastgesteld. Deze variatie bleek minder dan 0,03% te zijn. Met behulp van een matrix waarop acht lijnen werden aangebracht (afb. 3), werden via digitale beeldanalyse de afmetingen van de inlay en die van de randspleet op 13 plaatsen bepaald. Ten slotte werden de inlays met behulp van een scanning electronenmicroscop kwalitatief beoordeeld op oppervlakteruwheid, het voorkomen van onregelmatigheden en op eventuele andere schade.

Resultaten

De specimens van het eerste experiment lieten de gewenste oriëntatie van glazuur en dentine zien. Afbeelding 4 laat één van de coupes zien. De occlusale dikte van het glazuur van de inlays varieerde van 0,7 mm tot 2,15 mm. Afbeelding 5 toont de resultaten van de gemiddelde randspleet op de bodem van de restauratie en die van de opstaande wanden. De gemiddelde randspleet bedroeg voor de 'natural inlay' groep $102 \pm 8 \mu\text{m}$ en voor de keramische inlays $107 \pm 8 \mu\text{m}$. De 95% betrouwbaarheidsintervallen bleken maximaal $23 \mu\text{m}$ voor de opstaande randen en $27 \mu\text{m}$ voor de bodemspleet. De SEM-analyse bracht geen bijzondere verschillen tussen de beide groepen naar voren. In afbeelding 4 worden enkele typische voorbeelden van de SEM-opnamen getoond. Alle natural inlay coupes vertoonden



Afb. 4. Coupe van één van de gerestaureerde gastherelementen.



Afb. 5. Weergave van de gemiddelde randspleetmetingen en de standaarddeviaties van de opstaande wanden en de bodemspleet van 'natural inlays' en keramische inlays in μm .

duidelijke en strakke glazuur- en dentine-oppervlakken. In de keramische inlays werd een beperkt aantal haarscheurtjes waargenomen.

Discussie

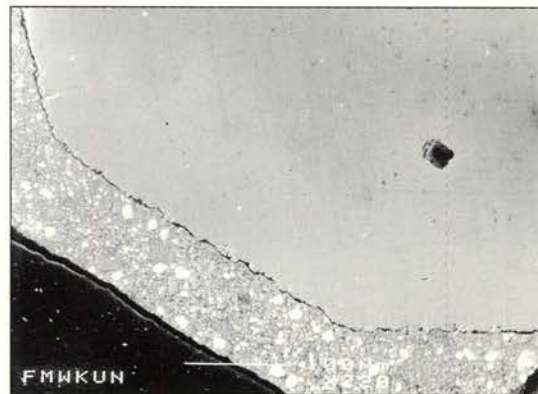
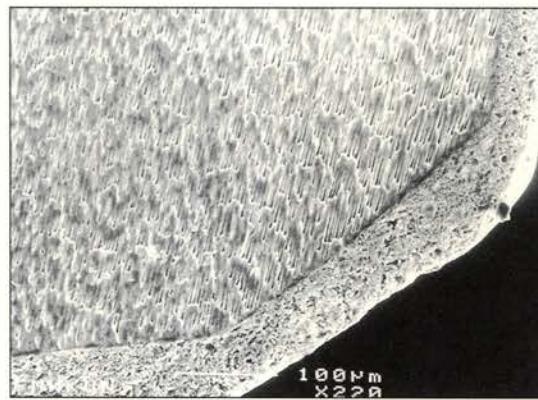
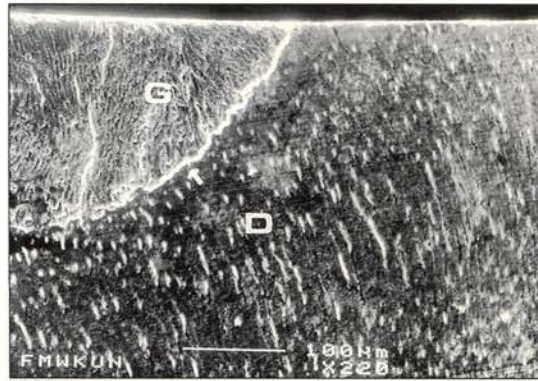
In deze pilotstudie werd aangetoond dat:

- Het mogelijk is om met behulp van de kopieerfrees-techniek inlays te vervaardigen van humaan tandmateriaal met een juiste oriëntatie van glazuur en dentine.
- Het plaatsen van een natural inlay in een geprepareerd element mogelijk is en eenvoudig.
- De reproduceerbaarheid van de natural inlay zodanig is dat deze valt in het normale tolerantiebereik van de kopieerfreesmachine (tolerantie = 50 µm) (Poschke, 1993).
- De pasvorm van 'natural inlays' onder *in vitro* omstandigheden niet afwijkt van die van gefreesde keramische inlays (Siervo *et al*, 1994).

De klinische voordelen van de natural inlay spreken voor zich, daar de biomechanische karakteristieken van dit restauratiemateriaal gelijk zijn aan die van de bestaande dentitie. Naar verwachting zullen er geen significante veranderingen in de mechanische eigenschappen van het tandmateriaal optreden indien het donorelement wordt beschermd tegen uitdroging. Nader onderzoek is echter noodzakelijk om deze uitspraak hard te maken. Indien dit daadwerkelijk kan worden aangetoond, combineert de natural inlay twee eigenschappen die essentieel zijn voor de duurzaamheid van posteriore restauraties, te weten het juiste slijtagegedrag en de eigenschap dat het hiervoor noodzakelijke harde oppervlak wordt ondersteund door een materiaal met de juiste elastische eigenschappen.

Een eveneens voor de hand liggend nadeel van de natural inlay is dat er cariës kan ontstaan in de restauratie. Dit ironische maar realistische probleem kan deels ondervangen worden door de natural inlay, voorafgaand aan plaatsing te behandelen met fluoridepreparaten. Het effect van intensieve fluoridebehandelingen van de restauratie moet echter nog nader onderzocht worden omdat dit invloed kan hebben op de hechteigenschappen. Niettemin kan gesteld worden dat het risico van cariës in de restauratie niet groter is dan het risico in de rest van de dentitie en dat in het algemeen al dan niet uitgebreide restauratie van gebitselementen alleen geïndiceerd is bij patiënten die beschikken over voldoende motivatie en mondhygiëne.

De natural inlay lijkt vanwege de verwachte sterkte een geschikt alternatief voor de vervanging van grote amalgaamrestauraties. De natural inlay combineert een aantal eigenschappen van zeer verschillende aard, zoals een adhesieve verbinding, een conservatieve benadering en een relatief lage grondstofprijs, waardoor er een potentieel interessant alternatief beschikbaar is. Daarnaast is het mogelijk om zo humaan tandweefsel te 'recyclen' en is het concept in harmonie met de toegenomen aandacht voor de 'natuurlijke geneeskunde'.



Afb. 6. Scanning microscopische opnames van onderdelen van coupes van enkele 'natural inlays' en keramische inlays (vergroting 220x). De gefreesde oppervlakken zijn goed zichtbaar aan de cementspleet. (a) Glazuur (G) en dentine (D) en de glazuur-dentinegrens (pijl), (b) overgang van opstaande wand en bodem ter plaatse van rechter binnenhoek van een 'natural inlay' (let op het gladde dentine-oppervlak en de oriëntatie van de dentine tubuli), (c) cementspleet en oppervlaktestructuur van een keramische inlay.

Momenteel worden enkele van de vele aspecten die met dit concept samenhangen aan onze instelling onderzocht. Een klinische pilotstudie waarbij gebruik wordt gemaakt van autoloog tandweefsel wordt thans opgezet. Een klinisch voorbeeld van een 'natural inlay' bij een patiënt is te zien in afbeelding 7.

Slotbeschouwing

De markt voor dit type restauraties is wellicht niet zeer groot, echter, de potentiële restauratieve mogelijkheden van dit concept zijn zodanig dat zij aandacht verdienen. De eerste experimenten met het klonen van humaan tandmateriaal worden thans in de Verenigde Staten uitgevoerd. Resultaten zijn nog niet gepubliceerd en lijken ver weg, maar dit onderzoeksterrein is zeer dynamisch. Tot die tijd is het voor een toepassing op grote schaal noodzakelijk om tandbanken op te zetten, zodat ook allogeen materiaal gebruikt kan

Afb. 7. Klinisch voorbeeld van een 'natural inlay' in een bovenpremolair.



worden. Ook hier stuit men voorlopig op problemen, aangezien ethische overwegingen en veiligheidseisen in een protocol moeten worden vastgelegd dat aan de hoogste, dat wil zeggen voor transplantaties algemeen geldende, eisen moet voldoen. De richtlijnen die zijn opgesteld voor botbanken lijken hiervoor het meest geschikte uitgangspunt.

Ondanks het feit dat dentine niet gevasculariseerd is, bevat dit weefsel holle ruimten waarin mogelijke pathogenen kunnen voorkomen. Oppervlakkige desinfectie is daarom onvoldoende om bacteriële of virale contaminatie uit te sluiten. Sterilisatie met gammastraling lijkt daarentegen wel geschikt, maar uitputtend onderzoek is nog niet voorhanden (Knaepler *et al.*, 1991; Loty *et al.*, 1990). De effecten van gammastraling op tandweefsel worden thans in ons instituut onderzocht. Zolang niet duidelijk is in hoeverre volledige decontaminatie van tandweefsel mogelijk is en tot welke gevolgen dit leidt, kan allergeen tandmateriaal (nog) niet voor de beschreven doeleinden worden gebruikt.

Literatuur

- EIDENBENZ S, LEHNER CHR, SCHÄRER P. Copy milling ceramic inlays from resin analogs: a practicable approach with the CELAY system. *Int J Prosthodont* 1994; 7: 134-142.
- KANCA J. Replacement of a fractured incisor fragment over pulpal exposure: A case report. *Quintessence Int* 1993; 24: 81-84.
- KNAEPLER H, HAAS H, PUSCHEL HU. Biomechanische Eigenschaften thermische und radioaktiv behandelte Spongiosa. *Unfallchirurg* 1991; 17: 194-199.
- LOTY B, COURPIED JP, TOMENO B, POSTEL M, FOREST M, ABELANET R. Bone allografts sterilised by irradiation. Biological properties, procurement and results of 150 massive allografts. *Int Orthop* 1990; 14: 237-242.
- MOSCOVICH H, CREUGERS NHJ. The novel use of extracted teeth as a restorative material - the natural inlay. *J Dent* 1998; 26: 21-24.
- MOSCOVICH H, VON DEN HOFF J, CREUGERS NHJ, DE KANTER RJAM. In vitro accuracy and fit of milled natural inlays. *J Dent* 1998; 26: 453-457.
- POSCHKE A. Untersuchungen der Randspaltqualität von Celay Formkörpern. In: Proceedings of the 1st International Celay Symposium. Zürich, Dental Forum Mikrona Technologie AG, 1993.
- SANTOS JFF, BIANCHI J. Restoration of severely damaged teeth with resin bonding systems: case reports. *Quintessence Int* 1991; 22: 611-615.
- SIERVO S, PAMPALONE A, SIERVO P, SIERVO R. Where is the gap? Machinable ceramic systems and conventional laboratory restorations at a glance. *Quintessence Int* 1994; 25: 773-779.
- SIMONSEN RJ. Traumatic fracture restoration: an alternative use of the acid etch technique. *Quintessence Int* 1979; 10: 15-22.
- WHITE JM, GOODIS HE, MARSHALL SJ, MARSHALL GW. Sterilisation of teeth by gamma radiation. *J Dent Res* 1994; 73: 1560-1567.

Summary

Key words:

- Human tooth tissue
- Transplantation
- Dental materials

Human tooth tissue as dental restorative material

With the recent development of copy-milling systems for porcelain, it has now become possible to construct fitting restorations from natural human tooth substance. This preliminary study aimed to find out whether it is possible to produce a well fitting Class II inlay from an extracted tooth using a copy-milling machine, so that the inlay produced will have enamel over its whole outer surface and dentine on its inner surface. Two pairs of matching sound extracted permanent molars were used. The molars were matched for mesio-distal size of the tooth crown and the convexity of the approximal surfaces. One tooth of each pair was assigned to be the 'donor' tooth, the other tooth being the 'host'. MO inlay preparations were made in the 'host' teeth. These were restored with the milled 'natural inlays' produced from the 'donor' teeth using the CELAY system. The restored 'host' teeth were sliced and examined using light-microscopy. All specimens showed a good fit and the desired location of enamel and dentine. The milling accuracy was assessed in a second experiment. This experiment showed similar marginal gaps for 'natural inlays' as for ceramic inlays. This study has shown that by using the CELAY milling machine it is possible to 'recycle' extracted teeth for the production of accurate restorations.