



J.W. Verhoeven¹
J.M. Ruijter^{2,3}
M.S. Cune¹
M. Terlou²
M.A.O.W. Zoon¹
R. Koole¹

Botopbouwen in combinatie met implantaten bij sterke atrofie van de onderkaak

Een prospectief röntgenologisch onderzoek

Samenvatting

Trefwoorden:

- Implantaat
- Bottransplantaat
- Röntgendiagnostiek

Uit ¹de afdeling Mondziekten, Kaakchirurgie en Bijzondere Tandheelkunde van het Universitair Medisch Centrum Utrecht, ²de afdeling Beeldbewerking en Vormgeving, faculteit Biologie van de Universiteit Utrecht en ³de afdeling Anatomie en Embryologie van het Academisch Medisch Centrum in Amsterdam.

Datum van acceptatie:

22 augustus 2001.

Adres:

Dr. J.W. Verhoeven
UMC Utrecht
Locatie Stratenum
Postbus 85060
3508 AB Utrecht
j.w.verhoeven@med.uu.nl

Bij de behandeling van patiënten met zeer sterke atrofie van de edentate onderkaak kan gebruikge-
maakt worden van permucosale implantaten in combinatie met een onlay-bottransplantaat afkomstig van de crista iliaca. In dit onderzoek naar de remodelering van dergelijke bottransplantaten werd gebruikgemaakt van gestandaardiseerde extraorale schuin-laterale cefalometrische röntgenopnamen (SLCR's). Een groep van 8 patiënten werd gebruikt voor dit prospectieve onderzoek. De metingen die werden verricht op de SLCR's duiden op de volgende fasen in de remodelering van de structuur van de bottransplantaten: 1. afname van de dikte en de botdichtheid van de (bovenste) corticalis van het transplantaat, vooral in het eerste halfjaar na transplantatie; 2. geen significante veranderingen in de botdichtheid van de bovenste spongiosaalag van het transplantaat; 3. de dikte van het transplantaat vermindert met ongeveer 25%, vooral in het eerste halfjaar na transplantatie; de spreiding in deze resultaten is evenwel aanzienlijk; 4. de botdichtheid van de onderste spongiosaalag van het transplantaat neemt toe in het tweede halfjaar na transplantatie.

Geconcludeerd wordt dat de remodelering van de onlay-transplantaten volgens een voorspelbaar patroon verloopt. Botdichtheidsmetingen met behulp van SLCR's maken een objectieve bepaling van de beschreven kwantitatieve veranderingen van de onlay-transplantaten mogelijk. De behandelingsmethode kan evenwel slechts op zeer strikte indicatie worden aanbevolen.

VERHOEVEN JW, RUIJTER JM, CUNE MS, TERLOU M, ZOON MAOW, KOOLE R. Botopbouwen in combinatie met implantaten bij sterke atrofie van de onderkaak. Een prospectief röntgenologisch onderzoek. Ned Tijdschr Tandheelkd 2002; 109: 8-14.

Inleiding

Bij de behandeling van patiënten met zeer sterke atrofie van de edentate onderkaak kunnen diverse behandelingsmethoden worden gebruikt. Plaatsing van (zeer) korte implantaten is mogelijk, maar de prognose van deze implantaten is soms onzeker. Transmandibulaire implantaten (TMI) worden de laatste jaren voor het genoemde indicatiegebied minder gebruikt dan voorheen. Tegenwoordig wordt veelal gekozen voor het verhogen van de zeer lage onderkaak in combinatie met het plaatsen van lange(re) permucosale implantaten. In het Universitair Medisch Centrum Utrecht is voor de behandeling van een groep patiënten met zeer lage edentate onderkaken gebruikgemaakt van permucosale implantaten in combinatie met een onlay-transplantaat afkomstig van de crista iliaca. Bij deze operatietechniek wordt het bottransplantaat aangebracht bovenop het atrofische frontgedeelte van de onderkaak.

Ook in de literatuur wordt bij de behandeling van patiënten met extreme atrofie van de edentate onderkaak de laatste 10 tot 15 jaar regelmatig gebruikgemaakt van implantaten in combinatie met een onlay-bottransplantaat (Neukam, 1989; Neukam *et al*, 1989; Schmelzeisen *et al*, 1991; Farmand, 1993; Grätz en Sailer, 1994; Keller, 1995; McGrath *et al*, 1996; Vermeeren *et al*, 1996). De implantaten worden tegelijk met het bottransplantaat of op een later tijdstip aangebracht.

Het door bovenvermelde auteurs geplaatste aantal implantaten varieert van 2 tot 6. Na osseo-integratie worden deze implantaten voorzien van een vaste of een uitneembare suprastructuur. Volgens Keller (1995) bestaat er een absolute indicatie voor de gecombineerde toepassing van implantaten en bottransplantaten bij een mandibulahoogte van 4 of 5 mm en bij een breedte van minder dan 6 mm. Volgens Neukam *et al* (1989) geldt een minimum mandibulahoogte van 7 mm.

De bovengenoemde auteurs melden voor de diverse gecombineerde technieken aanzienlijke verschillen in resultaat. Er bestaan hierbij duidelijke verschillen in gehanteerde succescriteria, observatieduur en aantal behandelde patiënten. De resorptie van de opgehoogde onderkaak wordt vermeld in mm of procenten van óf de aangebrachte verhoging óf de totale hoogte van de opgehoogde onderkaak. Een beperkt aantal auteurs maakt gebruik van technieken die nauwkeurige metingen mogelijk maken (tab. 1).

Het doel van dit onderzoek is de analyse van bothoogte- en botdichtheidsveranderingen van transplantaten van de crista iliaca, die – tegelijk met permucosale implantaten – als onlay geplaatst werden bovenop de extreem atrofische onderkaak. Voor dit onderzoek werd een reproduceerbare extraorale röntgentechniek ontwikkeld en toegepast (Verhoeven *et al*, 1997; 1998; 2000a; 2000b; Verhoeven en Cune, 2000; Verhoeven, 2000). In de hiervoor vermelde literatuur worden ook

uitvoerig de voor- en nadelen besproken van de door andere auteurs gebruikte gestandaardiseerde intraorale röntgentechnieken met behulp van tandfilms (Vos *et al.*, 1986; Brägger *et al.*, 1991; Jeffcoat en Reddy, 1993; Fourmouis *et al.*, 1994a, 1994b). Een duidelijk voordeel van het gebruik van tandfilms is uiteraard de algemene beschikbaarheid van de techniek. Het is evenwel moeilijk om gestandaardiseerde opnamen te maken van implantaten in de sterk atrofische onderkaak. Ook wordt veelal slechts een beperkt deel van de implantaten en de onderkaak afgebeeld. Een orthopantomogram toont weliswaar de volledige onderkaak inclusief de implantaten, maar de techniek is niet te standaardiseren, de detailwaarneembaarheid is beperkt en botdichtheidsmetingen zijn niet mogelijk.

Materiaal en methode

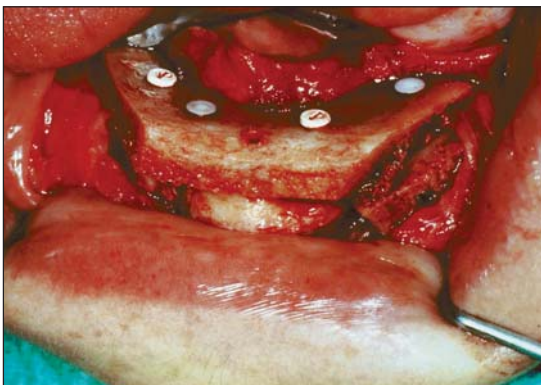
Patiëntengroep en behandelingsmethode

Voor dit onderzoek werden 8 patiënten met zeer ernstige atrofie van de onderkaak gebruikt. Alle patiënten waren edentat in boven- en onderkaak en het houvast van de onderprothese was onvoldoende. De groep bestond uit 1 man en 7 vrouwen, gemiddelde leeftijd 59,1 jaar (sd 9,3; range 50-78).

Een transplantaat bestaande uit corticaal en spongieus bot werd 'geogost' van de mediale zijde van de crista iliaca en aangebracht als onlay-transplantaat in het onderfront (afb. 1). Bij 7 patiënten werden 2 titanium schroefvormige implantaten (SteriOss, Yorba Linda, U.S.A.) gebruikt om het transplantaat bovenop de kaak te fixeren; bij 1 patiënt werden hiervoor 2 titanium cilindervormige implantaten gebruikt (IMZ, Friatec, Mannheim, Duitsland). Ongeveer 3 maanden later werd een lokale omslagplooiverdieping in het onderfront verricht. De 2-fasen-implantaten werden 1 tot 2 maanden daarna 'vrijgelegd', gevolgd door vervaardiging van een Dolder-staaf en overkappingsprothese met 1 clip.

Bij 1 patiënt trad direct postoperatief een intraorale wonddehiscentie aan 1 zijde op, waarbij een groot deel van het bottransplantaat verloren ging. Bij een andere

Afb. 1. Peroperatief beeld van een onderkaak waarop een onlay-transplantaat is aangebracht tegelijk met 4 permucoale schroefimplantaten.



Tabel 1. Vergelijking van de resultaten van bottransplantatie in combinatie met implantaten: resorptie in procenten van oorspronkelijke transplantaatdikte

Auteur	Type operatie	Resorptie in % van transplantaatdikte	
Neukam, 1989	Onlay-transplantaat	Na 1 jaar	21
		Na 2 jaar	24
		Na 3 jaar	27
Schmelzeisen <i>et al.</i> , 1991	Onlay-transplantaat	Na 6 maanden	14
		Na 1 jaar	15,5
		Na 2 jaar	16
Farmand, 1993	Onlay-transplantaat en schedeldakbot	Na 1-1,5 jaar	18
Grätz en Sailer, 1994	Sandwich-osteotomie	Na 2 jaar	16
Vermeeren <i>et al.</i> , 1996	Onlay-transplantaat en implantaten alleen in het transplantaat	Na 1 jaar	30
		Na 5 jaar	> 50
McGrath <i>et al.</i> , 1996	Onlay-transplantaat en hydroxylopatiet	Na 2 jaar	20
Verhoeven <i>et al.</i> , 1997	Onlay-transplantaat	Na 1 jaar	30
		Na 3 jaar en langer	36

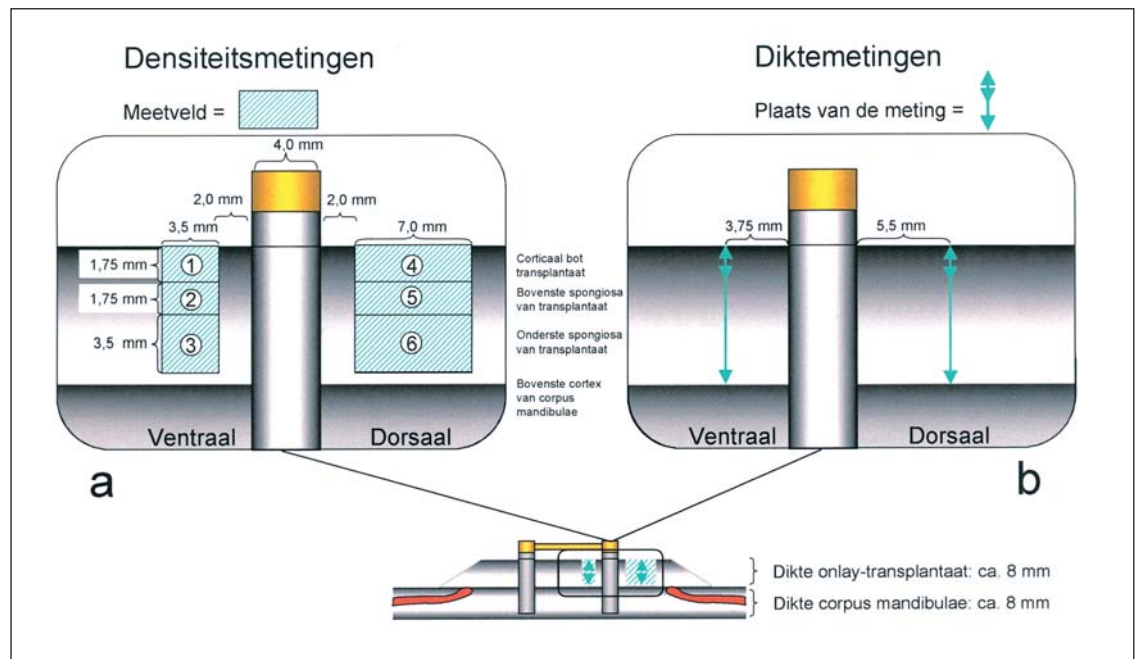
patiënt was de referentieröntgenfoto, dat wil zeggen de eerste postoperatieve opname, onbruikbaar. De genoemde (linker) onderkaakshelften bij deze 2 patiënten werden uitgesloten van het onderzoek. Bij correlatieonderzoek bleek geen sprake te zijn van correlatie tussen onderkaakshelften per patiënt, zodat alle onderkaakshelften als onafhankelijke waarneming mochten worden gebruikt. Hierdoor waren in totaal 8 rechter en 6 linker onderkaakshelften (bij 8 patiënten) beschikbaar voor de metingen.

Röntgenopnametechniek

Röntgenfoto's werden vervaardigd op vaste tijdstippen na het aanbrengen van het bottransplantaat en de implantaten en na het aanbrengen van de suprastructuur. De eerste opnamen werden gemaakt nadat het postoperatieve oedeem geheel was verdwenen; meestal was dit het geval tussen 5 en maximaal 12 weken na de operatie (= kwartaal 0). Deze eerste postoperatieve foto's werden gebruikt als referentieopnamen. Gestandaardiseerde extraorale schuin-laterale cefalometrische röntgenopnamen (SLCR's) werden gebruikt voor de röntgenologische evaluatie van veranderingen in de botdichtheid en de hoogte van de onlay-transplantaten (Steen, 1984; Verhoeven *et al.*, 1997, 1998; Verhoeven en Cune, 2000). Voor het onderzoek van één patiënt zijn in het algemeen 2 SLCR's nodig: één van de linker- en één van de rechterzijde van de onderkaak.

Bij de meeste patiënten resulteert een opnamehoek van 35° in goede foto's van het linker- en rechterimplantaat; deze hoek van 35° wordt gemeten in het horizontale vlak, tussen de centrale röntgenstraal en het mediaanvlak van het hoofd van de patiënt. De focus-filmafstand bedroeg 354 cm en de afstand van het mid-

Afb. 2a en b. Schematische weergave van meting van de botdichtheid en de dikte van onlay-transplantaten aangebracht in combinatie met 2 permucoasale implantaten op de atrofische onderkaak.



den van de cefalostaat tot de film bedroeg 15 cm. Deze afstanden resulteren in een bijna parallelle stralenbundel met een minimale vergrotingsfactor. De buisspanning was 70 kVp en de totale filtering bedroeg 2 mm aluminium equivalent; de buisstroom bedroeg 630 mA en de gebruikte belichtingstijd lag meestal tussen 160 en 500 ms. Bij het maken van alle SLCR's werd een aluminium referentiewig op de filmcassette ventraal van het onderfront aangebracht en meegefotografeerd (Verhoeven *et al*, 1998, 2000a, 2000b; Verhoeven, 2000).

Beeldbewerking en analyse

Ten behoeve van de beeldbewerking werden de SLCR's geplaatst op een homogeen licht uitstralende lichtbak. De foto's werden vervolgens opgenomen met een Panasonic B/W CCD videocamera (type WC-CD50) en gedigitaliseerd (640 x 512 pixels; 256 grijswaarden). Voor beeldbewerking en densitometrische metingen (= botdichtheidsmetingen) werd gebruikgemaakt van een meetprogramma ontwikkeld voor het IBAS beeldanalysestelsel (Kontron/Zeiss, Eching/München, Duitsland). De afbeelding van de aluminium wig op de foto's werd gebruikt voor densitometrische kalibratie. Iedere grijswaarde van de op elke SLCR afgebeelde onderkaak werd vergeleken met de grijswaardeschaal van de aluminium wig op diezelfde SLCR en vervolgens omgerekend naar een corresponderend aluminiumdikte (mm). Deze transformatie corrigeert tegelijkertijd voor de variatie door belichtings- en ontwikkelverschillen tussen de foto's die op verschillende tijdstippen van een bepaalde patiënt werden gemaakt. De bekende lengte van de aluminium wig werd gebruikt voor geometrische kalibratie. Bij sommige patiënten toonden de op de verschillende tijdstippen gemaakte SLCR's verschillen in de projectie van de intra- en extra-orale weke delen (tong, lip, wang en hals). Het bleek nuttig om vooral in deze gevallen gebruik te maken

van een extra grijswaarde-correctieprogramma (Verhoeven *et al*, 2000a, 2000b; Verhoeven, 2000). Voor deze wekedelencorrectie werd op de SLCR's de grijswaarde van 2 referentievelden, 1 ter plaatse van de corticale onderrand van de onderkaak en 1 ter plaatse van de submandibulaire weke delen (beide in het gebied van de implantaten), gemeten en gebruikt voor een lineaire correctie van deze verschillen in de projectie van de weke delen. De toepassing van deze extra correctie vermindert de fout bij densitometrische metingen in longitudinale series SLCR's van 5,5% (zonder correctieprogramma) naar 3,5%.

Densitometrische metingen

Voor de botdichtheidsmetingen werden op ieder SLCR steeds dezelfde 6 meetvelden gebruikt: 3 meetvelden ventraal en 3 dorsaal van het afgebeelde implantaat (afb. 2a). De horizontale afmeting van alle ventrale meetvelden was 3,5 mm en die van alle dorsale meetvelden 7,0 mm. In verticale richting werden 3 op elkaar aansluitende velden gekozen zowel ventraal als dorsaal van elk implantaat. De verticale afmeting van de bovenste (= cortex van het onlay-transplantaat; velden 1 en 4) en de middelste (= bovenste spongiosa van het transplantaat; velden 2 en 5) meetvelden bedroeg 1,75 mm en die van de onderste (= onderste spongiosa van het transplantaat; velden 3 en 6) meetvelden bedroeg 3,5 mm. In het algemeen bevond de bovenrand van de bovenste meetvelden zich op hetzelfde niveau als de bovenrand van het 2-fasen implantaat direct na plaatsing. De begrenzing van ventrale respectievelijk dorsale meetvelden werd gekozen op een afstand van 2 mm van de ventrale respectievelijk dorsale rand van de implantaten. De verticale richting van elk meetveld was evenwijdig aan de lengteas van het onderzochte implantaat. Alle meetresultaten werden uitgedrukt in 'aluminium equivalent volume' (= AEV in kubieke mm aluminium = de aluminiumdikte per

pixel geïntegreerd over het meetveld).

Diktemetingen van het onlay-bottransplantaat

De dikte van het gehele transplantaat en de dikte van alleen de cortex van het transplantaat werd gemeten evenwijdig aan de lengteas van het onderzochte implantaat op een afstand van 5,75 mm ventraal en 7,5 mm dorsaal van die as, dat wil zeggen door het midden van de ventrale respectievelijk dorsale meetvelden (afb. 2b). Deze metingen werden uitgevoerd met een geijkte schuifmaat. Omdat de onderrand van het transplantaat niet altijd duidelijk herkenbaar was op de foto's, werd de (resterende) hoogte van het transplantaat bepaald door de gemeten gezamenlijke hoogte van transplantaat en corpus mandibulae te verminderen met de preoperatieve hoogte van het corpus mandibulae.

Berekeningen

Kwartalen werden berekend door het aantal postoperatieve dagen te delen door 91: het eerste kwartaal postoperatief, waarin de eerste postoperatieve foto's (= beginopnamen) werden gemaakt, werd kwartaal 0 genoemd. Bij één patiënt (2 foto's) werd de eerste vervolgonname gemaakt op 74 dagen postoperatief, gebruikt voor kwartaal 1; drie opnamen (van 2 verschillende patiënten) die meer dan 455 dagen postoperatief gemaakt waren, werden gebruikt voor kwartaal 4 in plaats van 5. Het aantal opnamen per kwartaal varieerde van 7 tot 14.

De beginopnamen (kwartaal 0) van elke patiënt werden gebruikt als referentieopnamen voor de ijking van de aluminium wig en voor het corrigeren van verschillen in de projectie van de weke delen. Tevens werden deze opnamen gebruikt voor de AEV-bepaling van de meetvelden in kwartaal 0.

De optredende inter-patiëntvariatie in AEV-waarde werd geëlimineerd door het berekenen van een correctiefactor voor elke patiënt gebaseerd op alle patiënten en alle metingen, gerangschikt naar kwartaal. Kort samengevat wordt met deze correctieprocedure een correctiefactor berekend met behulp van een matrix van inter-patiëntratio's, gebaseerd op de aanname dat de inter-patiëntvariatie veroorzaakt wordt door een vermenigvuldigingsfactor aanwezig bij elke patiënt. Op deze manier wordt alleen de systematische bias tussen de patiënten geëlimineerd uit de meetresultaten; de optredende intra-patiëntveranderingen en de statistische meetfout worden niet beïnvloed.

Statistiek

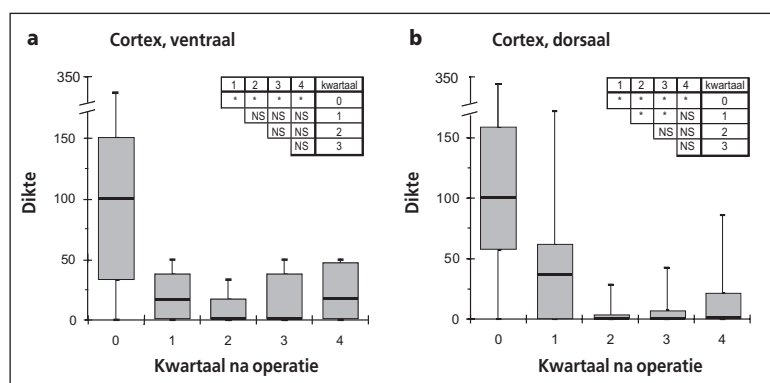
De resultaten worden weergegeven als zogenaamde 'box en whisker plots'. In de box is de mediaanwaarde (= 50ste percentiel, dat wil zeggen 50% van metingen heeft een lagere waarde) aangegeven, terwijl de onderzijde respectievelijk de bovenzijde van de box het 25ste respectievelijk het 75ste percentiel aangeven. De uiteinden van de (lijnvormige) whiskers geven de mini-

mum- en maximummeetwaarden aan. De non-parametrische Kruskal-Wallis-variantieanalyse werd gebruikt voor de statistische vergelijking van de meetresultaten in de verschillende kwartalen. Wanneer de nulhypothese (= dat er geen verschillen waren tussen de kwartalen) werd verworpen, werden vergelijkingen tussen de kwartalen uitgevoerd om vast te stellen welke kwartalen van elkaar verschilden (Conover, 1980). De resultaten van deze paarsgewijze vergelijkingen zijn als kleine tabel weergegeven in iedere afbeelding. De gevonden verschillen werden beschouwd als statistisch significant bij $p < 0,05$.

Resultaten

De resultaten van de botdikte- en botdichtheidsmetingen worden weergegeven in de afbeeldingen 3 tot en met 7. In deze afbeeldingen heeft kwartaal 0 betrekking op de periode waarin de eerste postoperatieve opnamen werden gemaakt. De gemiddelde waarde van de metingen op deze referentieopnamen is gesteld op 100.

De dikteveranderingen van de bovenste cortex van het onlay-transplantaat wordt weergegeven in afbeelding 3. Een duidelijke en statistisch significante afname in deze cortextdikte is waar te nemen in kwartaal 1 voor het ventrale deel van het transplantaat en in kwartaal 1 en 2 voor het dorsale deel. In kwartaal 3 en 4

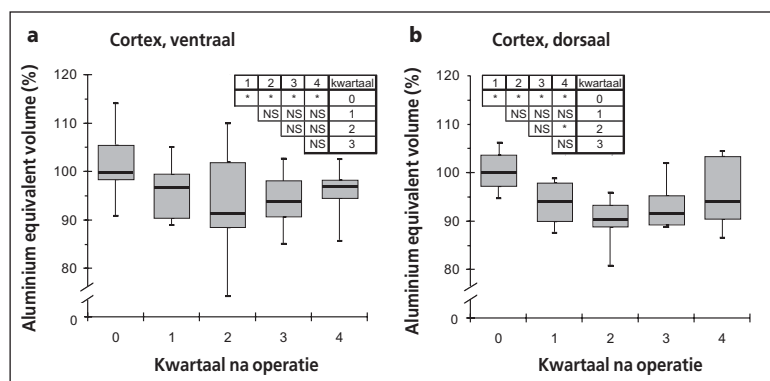


Afb. 3. Dikteveranderingen van de bovenste corticalis van onlay-transplantaten inclusief statistische analyse.

a. Ventraal (100 = mediane waarde = 0,6 mm).

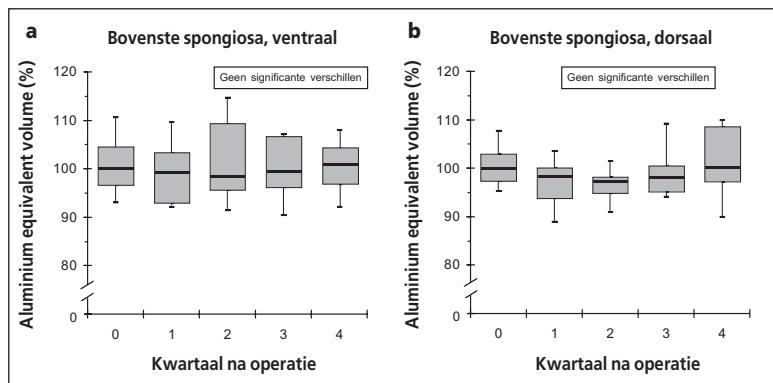
b. Dorsaal (100 = mediane waarde = 0,7 mm).

NS = niet significant

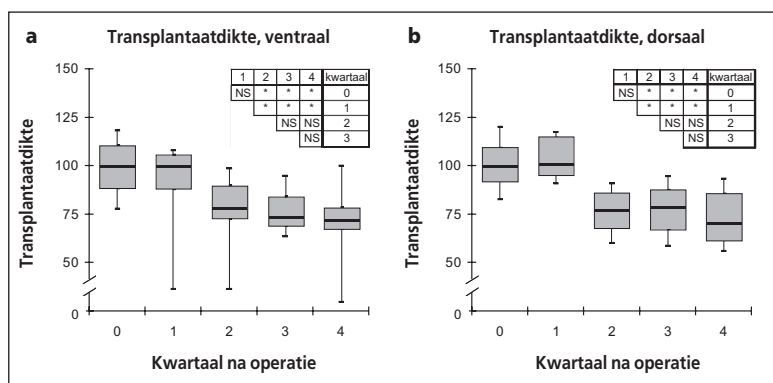


Afb. 4. Veranderingen in de botdichtheid van de bovenste corticalis van onlay-transplantaten inclusief statistische analyse: ventraal (a) en dorsaal (b).

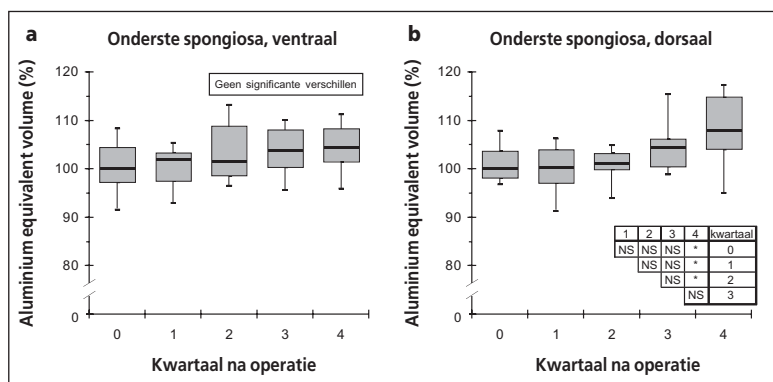
NS = niet significant.



Afb. 5. Veranderingen in de botdichtheid van de bovenste spongiosa van onlay-transplantaten inclusief statistische analyse: ventraal (a) en dorsaal (b).



Afb. 6. Veranderingen in de totale dikte van onlay-transplantaten inclusief statistische analyse: a. ventraal (100 = mediane waarde = 7,7 mm), b. dorsaal (100 = mediane waarde = 7,5 mm). NS = niet significant.



Afb. 7. Veranderingen in de botdichtheid van de onderste spongiosa van onlay-transplantaten inclusief statistische analyse: ventraal (a) en dorsaal (b).

treden geen veranderingen meer op in de cortexdikte. Afbeelding 4 toont de veranderingen in de röntgenologische dichtheid van de bovenste cortex van het transplantaat. Ten opzichte van kwartaal 0 treedt een significante dichtheidsafname op in alle overige kwartalen, vooral in kwartaal 1. In kwartaal 2 bereikt de dichtheid zijn minimumwaarde. In kwartaal 4 lijkt de dichtheid weer toe te nemen; in de dorsale transplantaatdelen is deze toename significant ten opzichte van kwartaal 2.

In de botdichtheid van de bovenste spongiosa van het transplantaat werden gedurende de observatieperiode geen significante veranderingen gevonden (afb. 5). Afbeelding 6 toont de afname van de totale dikte van het transplantaat. In kwartaal 2 treedt zowel ventraal als dorsaal een significante dikteafname op. In kwartaal 3 en 4 stabiliseert deze dikte zich op 75% van de oor-

spronkelijke dikte van het transplantaat. In de onderste spongiosa van het transplantaat lijkt de botdichtheid zowel dorsaal als ventraal toe te nemen (afb. 7). Dorsaal neemt de botdichtheid in kwartaal 4 significant toe ten opzichte van kwartalen 0, 1 en 2.

Afbeelding 8 toont een reeks SLCR's van een representatieve patiënt, waarbij de verschillende stadia in de remodelering van een onlay-transplantaat zichtbaar zijn.

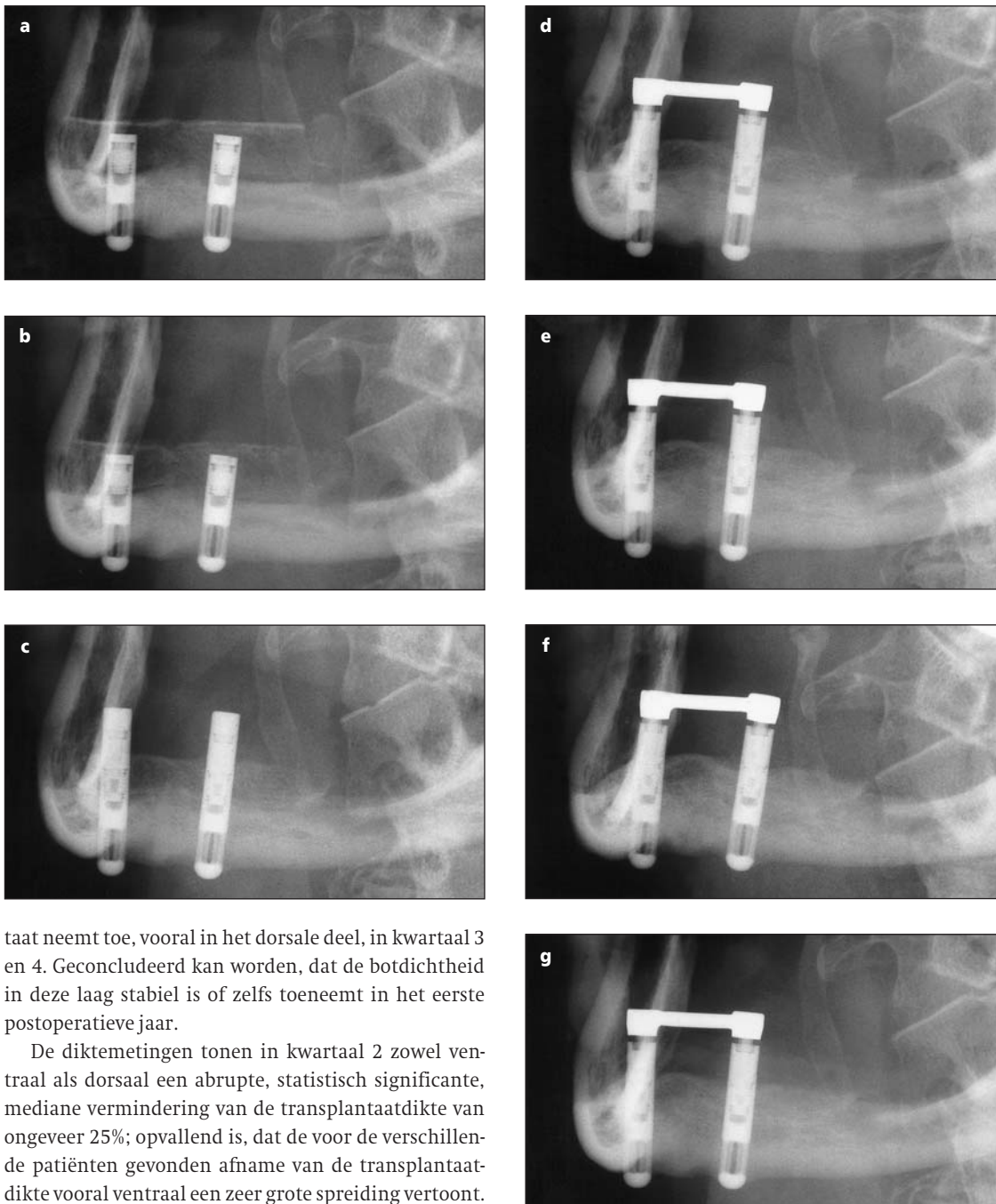
Discussie

Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt, dat de toegepaste combinatie van dikte- en dichtheidsmetingen voldoende sensitiviteit heeft om het remodeleringsproces van een onlay-transplantaat weer te geven, zelfs bij een relatief kleine groep van 8 patiënten (14 onderkaaksijden). Het grootste voordeel van de beschreven röntgentechniek ligt in het feit dat gestandaardiseerde SLCR's implantaten, inclusief een aanzienlijk deel van het omgevende bot weergeven. Hierdoor is het mogelijk om adequate meetvelden zowel dorsaal als ventraal van de implantaten te gebruiken. Om optimale referentiemeetwaarden te verkrijgen is het belangrijk om de eerste postoperatieve opnamen te vervaardigen zodra het postoperatieve oedeem is verdwenen. Benadrukt wordt dat alle verrichte dichtheidsmetingen relatief zijn ten opzichte van deze referentiewaarden; de exacte hoeveelheid mineralen in het bottransplantaat blijft onbekend. De uitgevoerde dichtheidsmetingen beschrijven de veranderingen in het mineraalgehalte van het transplantaat. De opnamen geven geen informatie over het biochemische proces, dat verantwoordelijk is voor de beschreven demineralisatie en remineralisatie. Ondanks deze beperkingen is de beschreven methode van dichtheidsmetingen met behulp van SLCR's waardevol voor een objectieve beschrijving van het remodeleringsproces van bottransplantaten.

Het remodeleringsproces van een onlay-transplantaat, dat met implantaten wordt gefixeerd bovenop de extreem atrofische onderkaak, verloopt volgens een voorspelbaar patroon (afb. 8). De beschreven resultaten wijzen op onderstaande remodeleringsprocessen in de verschillende delen van het transplantaat gedurende het eerste jaar na de operatie.

In kwartalen 1 en 2 treedt zowel dorsaal als ventraal van het implantaat een duidelijke afname van de cortexdikte op. De veranderingen in kwartalen 3 en 4 zijn minimaal. De dichtheidsmetingen van de bovenste corticalis tonen een afname van de botdichtheid in kwartalen 1 en 2, gevolgd door een dichtheidstoename van de (overgebleven) bovenste cortex in kwartalen 3 en 4. Dit duidt op een stabilisatie van de cortexdiktheid vanaf kwartaal 2 in het ventrale deel van het transplantaat; in het dorsale deel van het transplantaat treedt zelfs een toename van deze botdichtheid op.

In de bovenste spongiosa van het transplantaat treden geen significante veranderingen in de botdichtheid op gedurende de observatieperiode. De botdichtheid van de onderste spongiosa van het transplan-



Afb. 8. Serie SLCR's van een representatieve patiënt, waarbij de verschillende stadia in de remodelering van een onlay-transplantaat zichtbaar zijn: kwartaal 0 (a), kwartaal 1 (b), kwartaal 2 (c), kwartaal 3 (d), kwartaal 4 (e), 2 jaar postoperatief (f), 2,5 jaar postoperatief (g). In de kwartalen 1 en 2 overheerst de resorptie van het transplantaat; vanaf kwartaal 3 komt een einde aan de resorptie en treedt (re)mineralisatie van de overgebleven delen van het transplantaat op.

taat neemt toe, vooral in het dorsale deel, in kwartaal 3 en 4. Geconcludeerd kan worden, dat de botdichtheid in deze laag stabiel is of zelfs toeneemt in het eerste postoperatieve jaar.

De diktemetingen tonen in kwartaal 2 zowel ventraal als dorsaal een abrupte, statistisch significante, mediane vermindering van de transplantaatdikte van ongeveer 25%; opvallend is, dat de voor de verschillende patiënten gevonden afname van de transplantaatdikte vooral ventraal een zeer grote spreiding vertoont. In kwartaal 3 en 4 treedt geen verdere dikteafname van het transplantaat op. Dit wijst op een uitdoving van het resorptieproces.

Ook in de literatuur wordt een dergelijke resorptie beschreven (Neukam, 1989; Neukam *et al*, 1989; Farmand, 1993; Keller, 1995; Vermeeren, 1996), die het meest uitgesproken is in de eerste maanden of jaren na aanbrengen van het transplantaat. In deze situatie kan de dikte van het transplantaat met verscheidene millimeters afnemen. Een daling van de resorptiesnelheid tot 0,1 of 0,2 mm per jaar treedt op vanaf het moment dat de implantaten belast worden (Keller, 1995).

Samenvattend kunnen er 2 stadia worden waargenomen in het remodeleringsproces van het bottransplantaat. In de eerste 6 maanden na de operatie overheerst demineralisatie van het transplantaat. Hierdoor vermindert de dikte van het transplantaat met 25%, tegelijkertijd neemt de botdichtheid van de cortex van het transplantaat af. In de spongiosa van het transplan-

taat treden geen duidelijke veranderingen op. In het tweede halfjaar na de operatie treedt remineralisatie op van cortex en onderste spongiosalagen van het transplantaat. In deze periode treedt ook voor het eerst belasting op van de aanwezige implantaten. Het is belangrijk om te weten of een eerdere belasting van de implantaten leidt tot minder resorptie van het transplantaat in het eerste halfjaar na de operatie. Andere belangrijke vragen zijn de timing van het implanteren – tegelijk met het aanbrengen van het bottransplantaat of na de initiële resorptie van het transplantaat – en het aantal en de wijze van belasting van de implantaten door de suprastructuur, dat wil zeggen door een implantaatgedragen of een implantaat-mucosagedragen suprastructuur.

Op grond van dit onderzoek wordt geconcludeerd, dat de beschreven behandelingsmethode alleen op zeer strikte indicatie kan worden toegepast. De media-

ne vermindering van de dikte van het bottransplantaat bedraagt weliswaar 25%, overeenkomend met ongeveer 2 mm, maar bij sommige patiënten treedt veel meer resorptie van het getransplanteerde bot op. Hierdoor is bij een aantal patiënten aanvullend chirurgisch ingrijpen noodzakelijk. Patiënten dienen hierover preoperatief te worden geïnformeerd. Onderzoek naar betere behandelingsmethoden is dan ook wenselijk en ook reeds gaande. Bij de evaluatie van al deze methoden wordt het gebruik van een reproduceerbare röntgenopnamen, zoals SLCR's, sterk aanbevolen.

Literatuur

- BRÄGGER U, BÜRGIN W, LANG NP, BUSER D. Digital subtraction radiography for the assessment of changes in peri-implant bone density. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991; 6: 160-166.
- CONOVER WJ. Practical nonparametric statistics. New York: John Wiley, 1980.
- FARMAND M. Mandibular augmentation with split calvarian bone graft and simultaneous endosseous implants. Uit: Lill W, Spiekermann H, Watzek G. Book of abstracts. Wenen: 5th International Congress on Preprosthetic Surgery, 1993: 111.
- FOURMOUSIS I, BRÄGGER U, BÜRGIN W, TONETTI M, LANG NP. Digital image processing. I. Evaluation of grey level correction methods *in vitro*. *Clin Oral Implants Res* 1994a; 5: 37-47.
- FOURMOUSIS I, BRÄGGER U, BÜRGIN W, TONETTI M, LANG NP. Digital image processing II. Evaluation of soft and hard peri-implant tissue changes. *Clin Oral Implants Res* 1994b; 5: 105-114.
- GRÄTZ KW, SAILER HF. Results after mandibular sandwich procedures in combination with titanium screw implants. *J Cranio-maxillofac Surg* 1994; 22 (suppl. 1): 74-75, abstract no. 247.
- JEFFCOAT MK, REDDY MS. Digital subtraction radiography for longitudinal assessment of peri-implant bone changes: method and validation. *Adv Dent Res* 1993; 7: 196-201.
- KELLER EE. Reconstruction of the severely atrophic edentulous mandible with endosseous implants. A 10-year longitudinal study. *J Oral Maxillofac Surg* 1995; 53: 305-320.
- MCGRATH CJR, SCHEPERS SHW, BLIJRDORP PA, HOPPENREIJS TJM, ERBE M. Simultaneous placement of endosteal implants and mandibular onlay grafting for treatment of the atrophic mandible. A preliminary report. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1996; 25: 184-188.
- NEUKAM FW. Experimentelle und klinische Untersuchungen zur Osteoplastik in Kombination mit endossalen Implantaten und Knochenersatzmaterialien im Mund-, Kiefer- und Gesichtsbereich. Hannover: Habilitationsschrift, 1989.
- NEUKAM FW, SCHELLER H, GÜNAY H. Experimentelle und klinische Untersuchungen zur Auflagerungsosteoplastik in Kombination mit endossalen Implantaten. *Z Zahnärztl Implantol* 1989; 5: 235-241.
- SCHMELZEISEN R, HESSLING K-H, OVERBECK R, NEUKAM FW. Quantitative Bestimmung der Knochenresorption mit einem rechnergestützten Normierungsprogramm von OPT-Verlaufsaufnahmen. *Z Zahnärztl Implantol* 1991; 8: 44-48.
- STEEN WHA. Measuring mandibular ridge reduction. Utrecht: Universiteit Utrecht, 1984. Academisch proefschrift.
- VERHOEVEN JW. Some clinical and radiological aspects of implant treatment in mandibular atrophy. Utrecht: Universiteit Utrecht, 2000. Academisch proefschrift.
- VERHOEVEN JW, CUNE MS. Oblique lateral cephalometric radiographs of the mandible in implantology: usefulness and accuracy of the technique in height measurements of mandibular bone *in vivo*. *Clin Oral Implants Res* 2000; 11: 39-43.
- VERHOEVEN JW, CUNE MS, TERLOU M, ZON MAOW, PUTTER C DE. The combined use of endosteal implants and iliac crest onlay grafts in the severely atrophic mandible: a longitudinal study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1997; 26: 351-357.
- VERHOEVEN JW, RUIJTER JM, CUNE MS, PUTTER C DE. Densitometric measurements of the mandible: accuracy and validity of intraoral versus extraoral radiographical techniques in an *in vitro* study. *Clin Oral Implants Res* 1998; 9: 333-342.
- VERHOEVEN JW, RUIJTER JM, CUNE MS, TERLOU M. Oblique lateral cephalometric radiographs of the mandible in implantology: usefulness and reproducibility of the technique in quantitative densitometric measurements of the mandible *in vivo*. *Clin Oral Implants Res* 2000a; 11: 476-486.
- VERHOEVEN JW, RUIJTER JM, CUNE MS, TERLOU M, ZON MAOW. Onlay grafts in combination with endosseous implants in severe mandibular atrophy: one year results of a prospective, quantitative radiological study. *Clin Oral Implants Res* 2000b; 11: 583-594.
- VERMEEREN JJF, WISMEIJER D, WAAS MAJ VAN. One-step reconstruction of the severely resorbed mandible with onlay grafts and endosteal implants. A 5-year follow-up. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1996; 25: 112-115.
- VOS MH, JANSSEN PTM, AKEN J VAN, HEETHAAR RM. Quantitative measurements of periodontal bone changes by digital subtraction. *J Periodontal Res* 1986; 21: 583-591.

Summary

Key words:

- Endosseous implant
- Bone graft
- Radiology

Onlay grafts in combination with endosseous implants in severe mandibular atrophy. A prospective radiological study

The placement of endosseous implants in combination with iliac crest onlay grafting of the anterior mandible is one of the treatment modalities for extreme atrophy of the mandible. The remodelling of these onlay grafts was studied using standardized extraoral oblique lateral cephalometric radiographs (OLCRs). A group of 8 patients was used in this prospective study. The measurements obtained from the OLCRs indicated the existence of the following stages in the process of remodelling of the bone grafts: 1. decrease in thickness and radiographic density of the (upper) cortex of the graft, predominantly during the first half year after grafting; 2. no significant changes in the radiographic density of the upper spongy part of the graft; 3. a mean decrease of approximately 25% in the overall thickness of the graft, particularly during the first half year; and 4. an increase in the radiographic density of the lower part of the spongy bone in the second half year after grafting.

It is concluded that the remodelling of the graft has a predictable pattern in time. Densitometric measurement using standardized OLCRs can be a useful tool to evaluate quantitative changes of bone grafts to the mandible. The treatment described can be used on very strict indications only.