

# Intra-orale röntgenfoto's van enossale implantaten in de edentate onderkaak\*

H.J.A. Meijer, tandarts<sup>1</sup>

W.H.A. Steen, tandarts<sup>2</sup>

F. Bosman, fysicus<sup>2</sup>

**Samenvatting.** Het is moeilijk van implantaten in een edentate onderkaak röntgenfoto's te vervaardigen die voldoen aan de eisen van een prospectief evaluatie-onderzoek. In dit artikel wordt de ontwikkeling van een instelapparaat voor reproduceerbare opnamen van het bot rond de hals van permucosale implantaten beschreven. Uit de foutenanalyse volgt dat de reproduceerbaarheid van de ontwikkelde apparatuur voldoet aan de eisen van klinisch onderzoek. Vervolgens is de nauwkeurigheid bepaald van drie analysemethoden voor de röntgenopnamen: het IBAS-beeldanalysestelsel, een methode met gebruik van een vergrootglas met schaalverdeling en een methode waarbij van een digitale schuifmaat gebruik wordt gemaakt. De intra- en inter-waarnemersanalyse toont dat het bepalen van het botniveau grenzend aan het implantaat bij de drie gebruikte methoden moeilijk is vast te stellen en tot een grote standaardvariatie leidt. Metingen met een digitale schuifmaat zijn derhalve te prefereren, omdat deze methode eenvoudig is uit te voeren, terwijl de nauwkeurigheid overeenkomt met die van de andere methoden.

MEIJER HJA, STEEN WHA, BOSMAN F. Intra-orale röntgenfoto's van enossale implantaten in de edentate onderkaak. Ned Tijdschr Tandheelkd 1995; 102: 258-62.

\*Dit artikel is een bewerking van de reeds gepubliceerde manuscripten: Meijer HJA, Steen WHA, Bosman F. Standardized radiographs of the alveolar crest around implants in the mandible. J Prosthet Dent 1992; 68: 318-21, en: Meijer HJA, Steen WHA, Bosman F. A comparison of methods to assess marginal bone height around endosseous implants. J Clin Periodontol 1993; 20: 250-3.

Uit 'de afdeling Mondziekten, Kaakchirurgie en Bijzondere Tandheelkunde van het Academisch Ziekenhuis Groningen en 'de vakgroep Mondziekten, Kaakchirurgie en Bijzondere Tandheelkunde, Faculteit Geneeskunde van de rijksuniversiteit te Utrecht.

Trefwoorden: Implantologie - Radiologie

Datum van acceptatie: 22 december 1994.

Adres: Dr. H.J.A. Meijer, AZ Groningen, postbus 30.001, 9700 RB Groningen.

## 1 Inleiding

De lange-termijnevaluatie van bruggen op 5 of 6 implantaten in de onderkaak toont een succespercentage na 5 jaar van meer dan 90% voor de implantaten.<sup>1,2</sup> Hoewel de vijfjaarsresultaten van een grote groep patiënten met een overkappingsprothese op 2 of 4 implantaten in de onderkaak nog moeten worden afgewacht, lijken de voorlopige resultaten hiervan ook succesvol.<sup>3,5</sup> Eén van de onderdelen van de evaluatie is de beoordeling van het kaakbot rondom het implantaat. Verlies van bothoogte duidt erop dat het implantaat zijn verankering verliest. Onderzoek heeft laten zien dat na de genezingsfase het gemiddelde verlies in bothoogte varieert van 0,05 tot 0,1 mm per jaar.<sup>1,6,7</sup> Het detecteren van deze kleine veranderingen vereist een reproduceerbare röntgentechniek met opnamen van voldoende kwaliteit.<sup>8,9</sup> Een laboratoriumstudie naar de invloed van afwijkingen van de ideale opnamehoek bij gebruik van een instelapparaat toont aan, dat een afwijking van 1 graad al een interpretatiefout van de bothoogte geeft van 0,1 mm.<sup>10</sup>

Het vervaardigen van adequate röntgenopnamen van implantaten in een edentate onderkaak is in het algemeen echter moeilijk. Tomografische panorama-opnamen zijn niet reproduceerbaar en onvoldoende scherp; zij beelden het object vervormd af en geven een overprojectie van een deel van de wervelkolom precies in het gebied waar de implantaten zich bevinden. De schuinlaterale opnametechniek is een methode die een uitgebreide röntgenopstelling behoeft en is om die reden niet zo geschikt.<sup>11</sup> De reproduceerbaarheid van röntgenopnamen waarbij de bisectriceregeltchniek wordt gebruikt, is slecht. Ten slotte kan met behulp van een conventionele intra-orale houder van de rechthoekregeltechniek gebruik worden gemaakt. Deze is echter moeilijk toe te passen bij implantaten in een onderkaak met extreme resorptie. Door de relatief hoge mondbodem is de filmhouder slecht te stabiliseren en niet parallel aan het object te houden. Tabel I geeft een overzicht van de voor- en nadelen van de diverse methoden.

Het doel van het onderzoek was het ontwikkelen van een intra-orale röntgentechniek die beantwoordt aan de eisen van gestandaardiseerde longitudinale evaluatie van het kaakbot rond implantaten in een edentate onderkaak. Tevens werd

beoogd de nauwkeurigheid te bepalen van 3 analysemethoden van de röntgenopnamen van het bot.

## 2 Materiaal en methode

### 2.1 Ontwerp van het instelapparaat

Een röntgenopnametechniek voor longitudinaal onderzoek dient aan de volgende eisen te voldoen:<sup>12</sup>

1. De stralingsbron moet zo klein mogelijk zijn om het onscherp zijn van het beeld te minimaliseren.
2. De focus-objectafstand moet zo groot mogelijk en de object-filmafstand zo klein mogelijk zijn om vergroting tot een minimum te reduceren.
3. De film moet evenwijdig aan het object worden aangebracht en de centrale röntgenstraal moet loodrecht op de film staan om vertekening te voorkomen.
4. Röntgenbuis, patiënt en film mogen niet ten opzichte van elkaar bewegen.
5. De opnamen moeten reproduceerbaar zijn.
6. De stralingsdosis moet zo laag mogelijk zijn (ALARA-principe).
7. De techniek moet gebruikersvriendelijk en tegen redelijke kosten uitvoerbaar zijn.

Op basis van deze eisen is een instelapparaat ontwikkeld, bestaande uit 3 delen: een bevestigingsopbouw, een filmhouder en een richtstaaf (afb. 1).

De bevestigingsopbouw wordt aan de suprastructuur bevestigd. Deze past in een uitsparing van de bevestigingsopbouw, die vervolgens met 2 schroeven aan de suprastructuur wordt vastgeklemd (afb. 2). De bevestigingsopbouw is universeel en past op alle suprastructuren met een diameter tussen 3,5 en 5 mm en met een minimumhoogte van 3,5 mm. Bij konische suprastructuren wordt een hulpring gebruikt. Om de reproduceerbaarheid van de opname te waarborgen moet de bevestigingsopbouw steeds in dezelfde positie op de suprastructuur worden aangebracht. Dit wordt bereikt door in de suprastructuur een kleine uitholling te maken en hierin één van de schroeven van de bevestigingsopbouw te plaatsen.

**Tabel I. Kwaliteit (Kwa), reproduceerbaarheid (Repro), gebruikersvriendelijkheid (Gebruik) en beschikbaarheid (Beschik) van een aantal röntgenopnametechnieken voor implantaten in een edentate onderkaak**  
(+ = voldoende, +/- = matig, - = onvoldoende).

	Kwa	Repro	Gebruik	Beschik
Tomografische panorama-opnametechniek	-	+/-	+	+/-
Schuinlaterale opnametechniek	+	+	+/-	-
Bissectrice-regeltechniek	-	-	+	+
Rechthoek-regeltechniek	+	+/-	-	+

De filmhouder staat evenwijdig aan de bevestigingsopbouw zodat de film zich ook altijd evenwijdig aan het implantaat bevindt. Er zijn 3 verschillende horizontale posities van de filmhouder mogelijk. Afhankelijk van de breedte van de onderkaak en de weerstand van de mondbodem kan de filmhouder op 8, 12 of 16 mm vanaf het middelpunt van het implantaat worden geplaatst. Filmmaat 0, 1 of 2 wordt gebruikt, afhankelijk van de weerstand van de mondbodem. De korte zijde van de film is evenwijdig aan de lengte-as van het implantaat.

De richtstaaf is bevestigd aan de extensie van de filmhouder. De centrale röntgenstraal valt op deze manier altijd loodrecht op het implantaat en de film. De richtstaaf is vervaardigd van polyvinylchloride, een uiterst licht, flexibel, doch stevig materiaal. 'Licht' om de richtstaaf niet door zijn gewicht als een hefboom op het implantaat te laten werken, 'flexibel' om te voorkomen dat stoten tegen de richtstaaf een te grote uitwerking heeft op de verankering van het implantaat, en 'stevig' om de richtstaaf niet door zijn eigen gewicht te laten buigen.

Het prototype van het instelapparaat werd door 4 personen getest op bruikbaarheid. Hierbij maakten zij gebruik van een fantoomkop, waarvan de onderkaak was voorzien van verschillende merken implantaatsystemen. Het instelapparaat werd getest op de staafconstructie volgens het Bonifit-systeem<sup>®</sup>, het IMZ-systeem<sup>®</sup>, het Brånemark-systeem<sup>®</sup> en het Bosker TMI-systeem<sup>®</sup>.

## 2.2 Foutenanalyse

De fouten van de röntgenfoto's kunnen worden onderverdeeld in *radiologische* fouten en *meetfouten*. *Radiologische* fouten zijn gerelateerd aan het maken van de röntgenfoto en kunnen weer onderverdeeld worden in *niet-geometrische* en *geometrische* fouten, zoals vergroting en vertekening.<sup>15</sup> *Meetfouten* zijn het resultaat van verschillen in interpretatie van de röntgenfoto's door de waarnemers. De foutenanalyse van

**Tabel II. Standaardafwijking in positie van het instelapparaat ten opzichte van de ideale positie in het horizontale vlak (SD<sub>h</sub>) en het verticale vlak (SD<sub>v</sub>).**

	SD <sub>h</sub> (graden)	SD <sub>v</sub> (graden)
Bonifit-systeem (n=20)	0,18	0,19
IMZ-systeem (n=20)	0,17	0,14
Brånemark-systeem (n=20)	0,14	0,18
Bosker TMI-systeem (n=20)	0,15	0,13
Test na 2 maanden (n=10)	0,09	0,14
Test door andere waarnemer (n=10)	0,16	0,10

\*Standaardafwijking per implantaatsysteem, hertest met 1 implantaatsysteem na 2 maanden en test met 1 implantaatsysteem door andere gebruiker.

**Tabel III. Standaardafwijking (mm) van de intra- en interwaarnemersnauwkeurigheid en de totale fout van iedere waarnemer bij de 3 analysemethoden.**

	Intrawaarnemers fout	Interwaarnemers fout	Totale fout
IBAS	0,51	0,21	0,55
Vergrootglas	0,69	0,41	0,80
Schuifmaat	0,39	0,64	0,75

opnamen die met het instelapparaat werden gemaakt, is beperkt tot de *geometrische* fouten en de *meetfouten*. Niet-geometrische fouten zijn niet specifiek gerelateerd aan de toegepaste techniek en zijn daarom buiten beschouwing gelaten.

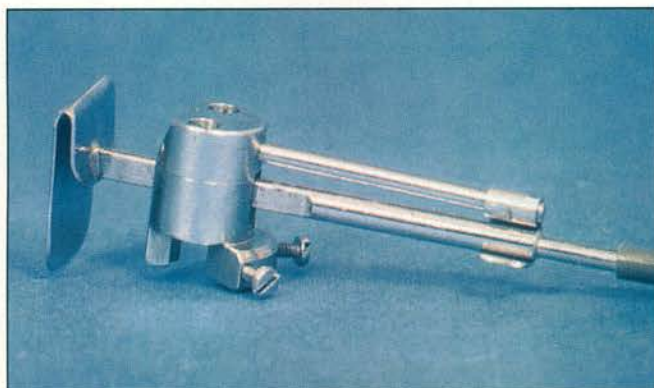
### 2.2.1 Geometrische fouten

De geometrische fouten kunnen veroorzaakt worden door: 1. de object-filmafstand en de focus-objectafstand, 2. een verschil in positie van het instelapparaat op de suprastructuur, 3. een verschil in positie van de röntgenbuis ten opzichte van de richtstaaf en 4. het bewegen van de patiënt nadat de röntgenbuis is gericht.

*ad 1.* De vergroting (m) is afhankelijk van de object-filmafstand (D) en de focus-objectafstand (L):

$$m = \frac{D + L}{L}$$

*ad 2.* De fouten die worden veroorzaakt door het verschil in positie van het instelapparaat, werden berekend aan de hand van opnamen met 2 referentieplaatjes die in het gebied van de implantaten in een fantoomkop waren geplaatst. Het ene referentieplaatje werd aan de buccale zijde van de onderkaak geplaatst, het andere plaatje aan de linguale zijde. Van de 4 genoemde implantaatsystemen werden van het rechter en het linker implantaat 10 röntgenfoto's gemaakt. Na iedere opname werd het instelapparaat verwijderd en de film gewisseld, zonder dat de stand van de röntgenbuis werd veranderd. Na 2 maanden werd 1 van de implantaten nogmaals 10 keer gefotografeerd als test voor de reproduceerbaarheid op langere termijn. Om de invloed van de maker van de röntgenfoto's te bepalen, maakte een 2e persoon, die niet bekend was met het instelapparaat, ook 10 opnamen van 1 implantaat. Na verwerking van de röntgenopnamen werden vervolgens op alle foto's de coördinaten van de referentieplaatjes bepaald. De horizon-



Afb. 1a. Het ontwikkelde instelapparaat voor het röntgenologisch afbeelden van het bot rond de hals van implantaten in een edentate onderkaak.



Afb. 1b. Het instelapparaat is opgebouwd uit drie onderdelen: bevestigingsopbouw (rechtsboven); filmhouder (midden) en richtstaaf (linksonder).

tale afwijking op iedere foto, gerelateerd aan de ideale positie van het instelapparaat, werd berekend volgens de vergelijking:

$$\alpha_x = \frac{(x_b^{II} - x_l^{III}) - (x_b^I - x_l^I)}{d_{b,l} \cdot m}$$

met:

$\alpha_x$  = hoekafwijking in het horizontale vlak tussen de ideale positie van het instelapparaat (I) en de werkelijke positie tijdens het maken van de röntgenfoto (II);

$x_b^{II}$  = x-coördinaat van de buccale referentieplaat in positie II;

$x_l^{II}$  = x-coördinaat van de linguale referentieplaat in positie II;

$x_b^I$  = x-coördinaat van de buccale referentieplaat in positie I;

$x_l^I$  = x-coördinaat van de linguale referentieplaat in positie I;

$d_{b,l}$  = afstand tussen de buccale en linguale referentieplaat, gemeten parallel aan de centrale röntgenstraal;

$m$  = vergroting, veroorzaakt door de focus-objectafstand en de object-film afstand.

Een vergelijkbare berekening werd gebruikt voor bepaling van de hoekafwijking in het verticale vlak. Doordat de ideale positie (I) van het instelapparaat niet bekend is, werd de gemiddelde waarde van de 10 coördinaten uit een serie gekozen als referentie. Vervolgens werd de hoekafwijking van iedere röntgenfoto van een serie en de standaardafwijking (SD) ten opzichte van de ideale positie berekend.

*ad 3.* De fout, veroorzaakt door het verschil in positie van de röntgenbuis, werd berekend met gebruik van dezelfde referentieplaatjes. Een serie van 10 röntgenfoto's werd gemaakt van 2 implantaten. Na een opname werd de positie van de röntgenbuis veranderd in alle richtingen. De film werd verwisseld zonder dat het instelapparaat werd verwijderd van de suprastructuur. Hierna werd de buis opnieuw gericht.

*ad 4.* Geometrische fouten die werden veroorzaakt door beweging van de patiënt na het richten van de röntgenbuis en voor het indrukken van de belichtingsknop, werden om stralingstechnische redenen niet geregistreerd met behulp van röntgenstralen maar met een Selspot®-bewegingsregistratiesysteem.<sup>15</sup> De registratie werd 10 keer uitgevoerd.

### 2.2.2 Meetfouten

Voor de bepaling van de nauwkeurigheid van de meetmethode werd gebruik gemaakt van röntgenfoto's van patiënten met een overkappingsprothese in de onderkaak en een staafconstructie op implantaten van de 4 reeds eerder genoemde systemen. Alle röntgenfoto's waren met het instelapparaat door één persoon vervaardigd. Er werden 3 meetmethoden gebruikt: een methode met behulp van een beeldanalysestelsel (IBAS®),

een methode met behulp van een vergrootglas en een methode met behulp van een digitale schuifmaat.

Het IBAS-beeldanalysestelsel is een interactieve analyse-methode met behulp van een computer. De röntgenfoto's worden op een lichtbak gelegd, opgenomen met een camera en vervolgens gedigitaliseerd. In een aantal filterstappen wordt de invloed van 'ruis' gereduceerd en het contrast verbeterd. Vóór de analyse wordt de vergroting van het object vastgelegd, zodat berekeningen de werkelijke waarden weergeven. De resultaten van de metingen met de patiëntgegevens worden opgeslagen op floppy-disk en geprint (afb. 3).

Bij de 2e methode wordt gebruik gemaakt van een vergrootglas dat 8 maal vergroot. Een meetschaal met een verdeling van 0,1 mm, is aan de lens bevestigd. De röntgenfoto's worden geanalyseerd op een lichtbak. Een specifiek referentiepunt aan één zijde van het implantaat of suprastructuur wordt gedefinieerd en de meetschaal wordt gepositioneerd langs de lengte-as van het implantaat. De meting geschiedt vanaf het referentiepunt tot het botniveau, aan de mesiale en aan de distale zijde van het implantaat.

De 3e meetmethode wordt uitgevoerd met behulp van een schuifmaat met digitale registratie. Ook nu worden de metingen verricht op een lichtbak met dezelfde registratiepunten en meetafstand als met de meetmethode met behulp van het vergrootglas.

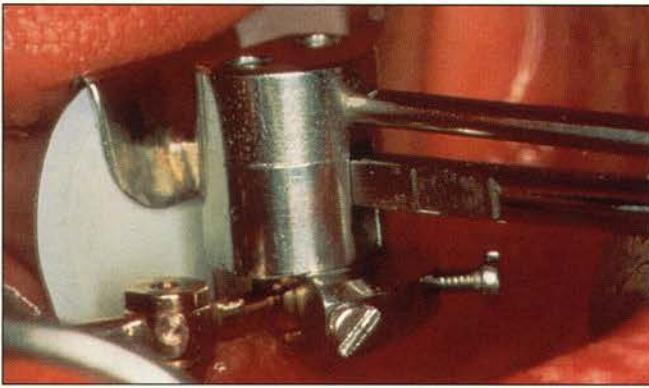
Alle 3 de methoden zijn uitgevoerd op 16 röntgenfoto's door 2 waarnemers, die ieder de röntgenfoto's 2 keer hebben geanalyseerd. Voor iedere analyse zijn de referentiepunten opnieuw bepaald. De waarnemers hebben de metingen onafhankelijk van elkaar uitgevoerd. Om beïnvloeding van het resultaat door herinnering te voorkomen, bedroeg de tijd tussen de metingen van de waarnemers 12 dagen. De intrawaarnemersfout ( $s_{intra}$ ) is bepaald door berekening van het verschil ( $d_{intra}$ ) tussen de resultaten van de 1e en 2e meting op dezelfde röntgenfoto door dezelfde waarnemer.

$$s_{intra} = \sqrt{\frac{\sum d_{intra}^2}{2k}} \quad (\text{één waarnemer})$$

$$s_{intra} = \sqrt{\frac{s_{intra,1}^2 + s_{intra,2}^2}{2}} \quad (\text{totaal van twee waarnemers})$$

De interwaarnemersfout ( $s_{inter}$ ) is bepaald door berekening van het verschil ( $d_{inter}$ ) tussen de gemiddelde waarden van de herhaalde metingen van de waarnemers op dezelfde röntgenfoto.

$$s_{inter} = \sqrt{\frac{\sum d_{inter}^2}{2k}}$$



Afb. 2. Instelapparaat bevestigd op de suprastructuur met film in de filmhouder.

Bepaling van significante verschillen tussen de varianties van iedere methode is uitgevoerd met een F-toets (5%). Op iedere foto zijn 2 onafhankelijke metingen uitgevoerd: de ene mesiaal en de andere distaal van het implantaat. Een mogelijk verschil in intrawaarnemersfout werd bepaald met een F-toets. Ook het verschil tussen metingen op foto's van de 4 verschillende implantaatsystemen is onderzocht met een F-toets.

### 3 Resultaten

#### 3.1 Geometrische fouten

*Object-filmafstand en focus-objectafstand.* Met het instelapparaat zijn 3 object-filmafstanden mogelijk (positie 1, 2 en 3 met een object-filmafstand van respectievelijk 8 mm, 12 mm en 16 mm). Omdat het eind van de richtbuis zich altijd bij een gemarkeerde plaats op de richtstaaf bevindt, is de focus-objectafstand constant ( $L = 381$  mm voor een long cone GE 1000 röntgenapparaat). De vergroting ( $m$ ) is daardoor 1,02 voor positie 1, 1,03 voor positie 2 en 1,04 voor positie 3.

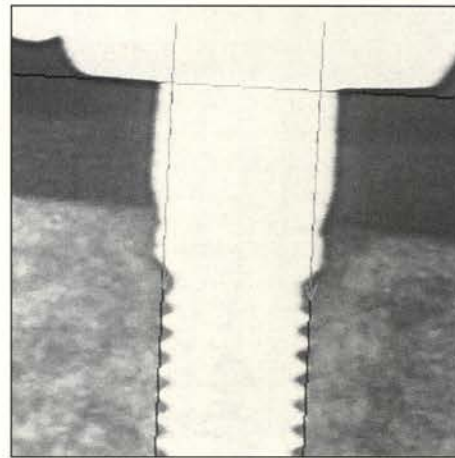
*Verskil in positie van het instelapparaat.* De standaardafwijkingen ( $SD_x$  en  $SD_y$ ) ten opzichte van de ideale positie van het instelapparaat, bleken voor alle implantaatsystemen te liggen tussen 0,13 en 0,19 graden (tab. II).

*Verskil in positie van de röntgenbuis.* De standaardafwijking ( $SD_x$  en  $SD_y$ ) ten opzichte van de ideale positie van de röntgenbuis was, gemeten aan de hand van 10 waarnemingen, 0,35 graden in het horizontale vlak en 0,16 graden in het verticale vlak.

*Bewegen van de patiënt.* Het gemiddelde verschil in het horizontale vlak was 0,09 graden ( $SD = 0,04$  graden) en het gemiddelde verschil in het verticale vlak was 0,19 graden ( $SD = 0,11$  graden).

#### 3.2 Meetfouten

Er bleek geen significant verschil te bestaan in intrawaarnemersfout tussen de mesiale en de distale metingen (F-toets), ook niet in de intrawaarnemersfout van metingen van de implantaatsystemen afzonderlijk. De vergelijking van de interwaarnemersverschillen liet zien dat deze niet afhankelijk waren van het type implantaatsysteem. Iedere waarnemer deed 2 metingen mesiaal en distaal van het implantaat op 16 röntgenfoto's met 3 analysemethoden. In totaal werden dus 384 metingen verricht.



Afb. 3. Afbeelding van een deel van een röntgenfoto van een Bränemark-implantaat met behulp van het IBAS-beeldanalysestelsel. Het contrast is verbeterd en de opname is vergroot weergegeven.

De nauwkeurigheid van de 3 beschreven methoden wordt vermeld in tabel III. De standaardafwijking van de intra- en interwaarnemersnauwkeurigheid was in alle gevallen groter dan 0,20 mm, doch kleiner dan 0,70 mm. De F-toets toonde geen significant verschil betreffende de intrawaarnemersfout tussen de variantie van de analyse met het vergrootglas en het IBAS-beeldanalysestelsel en tussen de variantie van het IBAS-beeldanalysestelsel en de analyse met de schuifmaat. Het verschil was significant tussen de intrawaarnemersfout van de analyse met het vergrootglas en met de schuifmaat. Alle verschillen tussen de interwaarnemersfouten van de 3 analysemethoden bleken significant ( $p < 0,05$ ).

### 4 Discussie

Het ontwikkelde instelapparaat voor röntgenologische evaluatie van tandheelkundige implantaten voldoet aan de gestelde eisen. De tandfilm bevindt zich parallel aan het implantaat en de centrale röntgenstraal valt loodrecht op implantaat en film. Op deze manier wordt vertekening zoveel mogelijk voorkomen. Indien rekening wordt gehouden met de grootste gevonden standaardafwijking in het horizontale en het verticale vlak, treedt er nagenoeg geen vergroting op. Met betrekking tot de reproduceerbaarheid kan gesteld worden dat de standaardafwijkingen in alle gevallen acceptabel zijn. De techniek is tamelijk gemakkelijk uitvoerbaar en toepasbaar in de algemene praktijk.

In de praktijk blijkt dat het onderste deel van het implantaat meestal niet staat afgebeeld. Dat komt doordat bij de vaak sterk geresorbeerde kaken de mondbodem relatief hoog is en de film parallel moet blijven aan het implantaat. Dit is echter geen onoverkomelijk probleem, aangezien pathologische veranderingen altijd rond de hals van het implantaat beginnen. Botverlies en gevaar voor verlies van het implantaat kunnen dus tijdig worden opgemerkt, ook al staat het apicale deel van het implantaat niet op de röntgenfoto afgebeeld. Alle röntgenopnamen toonden een scherp beeld van het implantaat en aangrenzend bot. De windingen van de schroefvormige implantaten toonden steeds scherpe hoeken, hetgeen betekent dat de centrale röntgenstraal loodrecht op object en film gericht is.

Tijdens het uitvoeren van de metingen was in het algemeen geen sprake van twijfel over de positie van de referentiepunten. Daarbij moet wel worden opgemerkt dat de afstanden tussen de referentiepunten en de bothoogten bij de 3 analysemethoden niet vergeleken kunnen worden. De constructie van de referentiepunten is afhankelijk van de analysemethode. Daarom moet in een longitudinale studie naar botverlies steeds dezelfde methode worden gehanteerd.

Vergelijking van de intrawaarnemersfouten geeft de beste resultaten te zien met de digitale schuifmaat (significant verschillend van de resultaten met het vergrootglas, maar niet significant verschillend van die met het IBAS-beeldanalysestelsel). Dit is opvallend, omdat men zowel bij het IBAS-beeldanalysestelsel als bij het vergrootglas gebruik maakt van een bepaalde vergroting om het gebied van interesse beter in beeld te krijgen, maar bij de schuifmaat niet. Blijkbaar zijn de vergroting en ook de beeldverbetering bij het IBAS-beeldanalysestelsel overbodig voor een nauwkeuriger bepaling van het botniveau. Vergelijking van de interwaarnemersfouten geeft daarentegen de beste resultaten te zien met het IBAS-beeldanalysestelsel (significant verschillend van het vergrootglas en de schuifmaat).

De totale fout voor iedere waarnemer werd berekend uit de intra- en interwaarnemersfouten. De nauwkeurigheid van het IBAS-beeldanalysestelsel is groter, maar verschilt niet significant van de andere 2 methoden.

Voor het longitudinaal bepalen van de bothoogteverandering rond implantaten wordt derhalve de eenvoudigste methode met de digitale schuifmaat, uitgevoerd door 1 waarnemer, aanbevolen. Herhaling van de metingen door de waarnemer draagt weliswaar bij aan een grotere nauwkeurigheid, maar is gezien de resultaten van dit onderzoek niet strikt noodzakelijk.

Opvallend is dat de standaardafwijkingen – zelfs bij toepassing van de methode met de hoogste nauwkeurigheid – nogal groot zijn vergeleken met het voorspelde jaarlijkse botverlies van 0,1 mm of minder.<sup>167</sup> Dit moet toegeschreven worden aan de moeilijkheid om rond het implantaat éénduidig de overgang van mucosa naar bot te bepalen. Uit de hier berekende standaardafwijkingen kan worden geconcludeerd dat het botverlies minstens 0,8 mm moet zijn om te kunnen stellen dat er sprake is van een significant botverlies (nl. 2 maal de standaardafwijking). Dit betekent dat men terughoudend moet zijn met het stellen van een diagnose louter op basis van waargenomen veranderingen op een röntgenfoto. De nauwkeurigheid van de röntgenmethode op zich is vergeleken met de nauwkeurigheid van de analysemethoden misschien aan de hoge kant. Hoewel men altijd streeft naar het best mogelijke, zal een iets minder nauwkeurige methode om de röntgenfoto's te maken de eindresultaten nauwelijks beïnvloeden.

## 5 Conclusies

Het ontwikkelde instelapparaat is geschikt voor de vervaardiging van reproduceerbare röntgenopnamen van implantaten in een edentate onderkaak. De enige beperkingen zijn dat de suprastructuur hoger moet zijn dan 3,5 mm en dat de diameter tussen 3,5 mm en 5,0 mm mag bedragen.

## Summary

### INTRAORAL RADIOGRAPHS OF DENTAL IMPLANTS IN THE EDENTULOUS MANDIBLE

Key words: Dental implants – Radiography

Radiographs of dental implants in the edentulous mandible, which are suitable for evaluation studies, are difficult to obtain. This article describes the development of an aiming device for intraoral radiography of the crestal bone around the neck of dental implants. Error analysis of serial radiographs indicated only small deviations in reproducibility. Subsequently three methods of measurements of marginal bone level around the neck of dental implants are described, measurements with: 1. a computerized image analysis system, 2. a magnifying glass, and 3. a digital sliding gauge. The intra- and interobserver error analysis showed that determining the precise bone height on the image is responsible for a large standard deviation for each method. Measurements with a digital sliding gauge are preferable, since this method is easy to put into practice, whereas the accuracy matches the accuracy of the two other methods.

De röntgenopnamen kunnen het beste geanalyseerd worden met een digitale schuifmaat. Voor longitudinale studies van het botniveau is deze methode te prefereren boven metingen met het IBAS-beeldanalysestelsel en met het vergrootglas, omdat de methode eenvoudig is uit te voeren en de nauwkeurigheid overeenkomt met de nauwkeurigheid van de andere methoden.

## Literatuur

- Adell R, Lekholm U, Rockler B, Brånemark P-I. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Int J Oral Surg* 1981; 10: 387-416.
- Albrektsson T, Dahl E, Enbom L, et al. Osseointegrated oral implants. A Swedish multicenter study of 8139 consecutively inserted Nobelpharma implants. *J Periodontol* 1988; 5: 287-96.
- Engquist B, Bergendal T, Kallus T, Linden U. A retrospective multicenter evaluation of osseointegrated implants supporting overdentures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1988; 3: 129-34.
- Naert I, Quirijnen M, Theuniers G, Steenberghe D van. Prosthetic aspects of osseointegrated fixtures supporting overdentures. A 4-year report. *J Prosthet Dent* 1991; 65: 671-80.
- Quirijnen M, Naert I, Steenberghe D van, Teerlinck J, Dekeyser C, Theuniers G. Periodontal aspects of osseointegrated fixtures supporting an overdenture. A 4-year retrospective study. *J Clin Periodontol* 1991; 18: 719-28.
- Adell R, Lekholm U, Rockler B, et al. Marginal tissue reactions at osseointegrated titanium fixtures. (I). A three-year longitudinal prospective study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1986; 15: 39-52.
- Lekholm U, Adell R, Lindhe J, et al. Marginal tissue reactions at osseointegrated titanium fixtures. (II). A cross-sectional retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1986; 15: 53-61.
- Schnittman PA, Schulman LB. Recommendations of the consensus development conference on dental implants. *J Am Dent Assoc* 1979; 98: 373-7.
- Schulman LB. Surgical considerations in implant dentistry. *J Dent Educ* 1988; 52: 712-20.
- Sewerin IP. Errors in radiographic assessment of marginal bone height around osseointegrated implants. *Scand J Dent Res* 1990; 98: 428-33.
- Steen WHA. Errors in oblique cephalometric radiographic projections of the edentulous mandible. Part I: Geometric errors. *J Prosthet Dent* 1984; 51: 411-8.
- Manson-Hing LR. Radiographic quality and artifacts. In: Manson-Hing LR. *Fundamentals of dental radiography*. 2e druk. Philadelphia: Lea & Febiger, 1985.
- Duckworth JE, Judy PF, Goodson JM, Socransky SS. A method for the geometric and densitometric standardization of intraoral radiographs. *J Periodontol* 1983; 54: 435-40.
- Jemt T, Karlsson S. Computer-analyzed movements in three dimensions recorded by light-emitting diodes. *J Oral Rehabil* 1982; 9: 317-26.
- Strid K-G. Radiographic results. In: Brånemark P-I, Zarb GA, Albrektsson T, eds. *Tissue-integrated prostheses. Osseointegration in clinical dentistry*. Chicago: Quintessence Publ Co. Inc., 1985.