

## Caput selectum over Röntgenologie van het gebit

door Dr. G. J. van der Plaats, radioloog te Maastricht.

(Vervolg).

### Donkere Kamer.

In verreweg de meeste gevallen zal de tandarts zich beperken tot de enorale opnamen met de tandfilms van het kleine formaat  $2 \times 3$  cm (voor kinderen), het normale formaat  $3 \times 4$  cm, het grote formaat  $4 \times 6$  cm (voor overzichtsfoto's van meerdere elementen resp. voor opnamen volgens de bijtmethode) en eventueel tot opnamen met de bite-wing films. Al deze films worden gebruikt in de verpakking waarin zij geleverd worden, zodat er geen manipulaties met cassettes of versterkingsschermen nodig zijn. Dienovereenkomstig kunnen de bakjes voor ontwikkelen en fixeren ook relatief klein zijn.

De ontwikkelaar en fixeer wordt gewoonlijk onaangemengd gekocht en dan volgens het bijgegeven voorschrift opgelost.

N.B. Een gewone ontwikkelaar, zoals de amateur- en beroepsfotograaf gebruikt, werkt te weinig contrastrijk en is voor Röntgen-doelinden vrijwel onbruikbaar. In aanmerking komt slechts een hardwerkende metol-hydrochinon ontwikkelaar, die door alle tandfilm leverende firma's verschaft wordt. Wil men deze ontwikkelaar zelf maken, dan verdient het volgende (Agfa) recept aanbeveling:

Metol . . . . .	3.5 gr.
Natriumsulfiet . . . . .	60 gr. watervrij of 120 gr. kristallijn

Hydrochinon . . . . .	10 gr.
Natriumcarbonaat (soda) . . . . .	40 gr. watervrij of 108 gr. kristallijn
Kaliumbromide . . . . .	3 gr.

Oplossen in de aangegeven volgorde in 1 Liter lauw gedestilleerd water. Geen volgende stof toevoegen alvorens de vorige geheel is opgelost.

De werking dezer stoffen is als volgt. Metol en hydrochinon reduceren het belichte broomzilver van de emulsie tot metallisch zilver, waarbij het metol snel, het hydrochinon langzaam werkt. De gehele reactie speelt zich het best af in alcalisch milieu, waarvoor het natriumcarbonaat zorgt. Teneinde spoedige oxydatie van de ontwikkelaar tegen te gaan (metol en hydrochinon zouden gemakkelijk aan de lucht oxyderen) dient het natriumsulfiet, dat gemakkelijk tot natriumsulfaat oxydeert. Het kaliumbromide tenslotte doet de reactie langzamer verlopen (vertragen) en gaat sluierwerking tegen, d.w.z. verbetert de contrasten. Bij niet gebruik moet de ontwikkelaar tegen oxydatie beschermd worden door bewaren in een goed gesloten fles (niet te groot) van liefst donkere kleur, teneinde ontleding onder invloed der lichtstralen tegen te gaan. Past men tank-ontwikkeling toe, dan kan het oxyderend oppervlak verkleind worden door een passend blok paraffine, dat men bij niet gebruik van het bad er in laat drijven.

N.B. Nooit ontwikkelaar in platte schalen laten staan; hij bederft dan zeer snel!!

Even belangrijk als een goede samenstelling van de ontwikkelaar is een goede temperatuur bij het ontwikkelen en een goede ontwikkeltijd. Bij een goed belichte film behoort slechts één optimale ontwikkelaar-temperatuur en één optimale ontwikkeltijd. Voor de meeste moderne films is deze temperatuur 18 à 19° C. en de bijbehorende ontwikkeltijd 5 à 6 minuten. Is dan de foto te licht, dan was hij onderbelicht; is hij te donker, dan was hij overbelicht. Slechts wanneer het niet anders kán, mag men met een andere ontwikkelaartemperatuur werken, daarbij voor ogen houdend, dat bij koudere ontwikkelaar veel langer, bij warmere ontwikkelaar veel korter ontwikkeld moet worden om (bij goed belichte film) een bruikbaar beeld te verkrijgen.

Bij nauwkeurig werken en veel opnamen kan de donkere-kamer-techniek min of meer gestandaardiseerd worden en „op tijd” ont-



wikkeld worden. Is de nauwkeurigheid en de ervaring minder groot, dan wordt het best het ontwikkelproces regelmatig gecontroleerd door de film nu en dan (zeer kort) tegen het licht van de donkere-kamer-lamp te bekijken om te zien of de zwarting al voldoende is. Dit ontwikkelen „op het gezicht” is het meest verbreid en geeft bij voldoende ervaring wel bevredigende resultaten. Toch verdient het aanbeveling ook in dit geval de ontwikkeltijd te controleren, aangezien bijvoorbeeld een filmpje, dat na twee minuten reeds er uitgenomen moet worden, wijst op een sterke overbelichting, die in het vervolg vermeden dient te worden.

Regelmatig verversen van de ontwikkelaar verdient aanbeveling. Liever niet afgewacht, tot miserabele resultaten er op wijzen, dat de ontwikkelaar verbruikt is. Lang willen doen met de ontwikkelaar is penny-wise and pound-foolish!

Na het ontwikkelen komt het tussenspoelen, in liefst stromend water, gedurende minstens twintig seconden. Hierbij wordt de ontwikkelaar a.h.w. afgespoeld, waarna in de fixeer het ontwikkelproces direct tot stilstand komt en het niet gereduceerde broomzilver wordt opgelost. Ook deze fixeer („snel-fixeer”) is in de handel verkrijgbaar.

Een goed recept is:

Natriumhyposulfiet (hypo) . . . . .	300 gr.
Natriummetabisulfiet . . . . .	40 gr.
Water . . . . .	1000 cm <sup>3</sup>

De hypo lost het niet gereduceerde broomzilver op en maakt op die plaatsen de film doorzichtig. Teneinde bruinkleuring door de oxydatie onder invloed van de ontwikkelaarresten te vermijden, dient het natriummetabisulfiet, dat deze oxydatie a.h.w. opvangt. De fixering moet minstens tien minuten duren, minstens twee maal zo lang als de tijdsduur nodig om de gele laag geheel te laten verdwijnen.

Dan volgt de naspoeling gedurende ongeveer een half uur in stromend water, waarna de film gedroogd kan worden. Geforceerd drogen kan plaats vinden door de film ongeveer 5 min. in alcohol 96% te leggen en hem daarna met warme lucht te drogen. Soms krimpt en ribbelt dan echter de emulsie.

Verzwakken van een te donkere film is mogelijk door gebruik te maken van de *verzwakker van Farmer*.

*Oplossing A.*

Hypo . . . . .	100 gr.
Water . . . . .	1000 cm <sup>3</sup>

*Oplossing B.*

Ferrocyaankali . . . . .	10 gr. (Vergift)
Water . . . . .	100 cm <sup>3</sup>

(in donkere fles bewaren)

Voor het gebruik 10 delen A mengen met 1 deel B.

De uitgefixeerde en gespoelde film wordt zo lang in de Farmerse oplossing gebracht tot de vereiste verzwakking bereikt is. (Beoordeling à vue bij gewoon licht). Daarna lang spoelen in stromend water, opnieuw fixeren en weer naspoelen.

Ook versterken van een film van onvoldoende zwarting is mogelijk (kwikversterker). Dit wordt echter weinig toegepast.

Volledigheidshalve zij hier echter ook nog de versterker beschreven:

*Oplossing A.*

Sublimaat . . . . .	10 gr.
Broomkali . . . . .	10 gr.
Gedestilleerd water . . . . .	500 cc.

*Oplossing B.*

Natriumsulfiet . . . . .	100 gr.
Gedestilleerd water . . . . .	500 cc.

*Oplossing C.*

Hypo . . . . .	10 gr.
Gedestilleerd water . . . . .	500 cc.

Een goed uitgefixeerde en goed gespoelde film wordt bij gewoon licht in Opl. A. gebracht en flink bewogen. De film verbleekt dan langzamerhand. Daarna spoelen en dompelen in opl. B., waarin door reductie van 't kwik dit zwart neerslaat. Het zilver is door deze versterking vervangen door het kwik. Teneinde de versterking niet te ver door te laten gaan, wordt de film nog gedompeld in opl. C. Daarna spoelen en drogen.

De tandfilms worden ieder afzonderlijk of gezamenlijk in de tandklemmetjes of verzamelklemmen bevestigd en daarmee in de diverse baden gedompeld. Op goede bevestiging dient gelet te worden, daar zij anders losraken en (vooral bij tankontwikkeling)



verloren gaan. De klemmetjes moeten na gebruik zeer zorgvuldig gereinigd worden. Bij voorkeur met zeepsop, teneinde te voorkomen dat (zure) fixeerresten in de (alcalische) ontwikkelaar komen en deze bederven.

N.B. Bakjes, flessen, etc. voor fixeer en ontwikkelaar moeten streng gescheiden worden gehouden, nooit mogen deze dan eens voor het één dan weer voor het ander gebruikt worden, aangezien sporen fixeer een ontwikkelbad totaal onbruikbaar kunnen maken. Flessen, bakken of tanks moeten daarom duidelijk het opschrift fixeer resp. ontwikkelaar dragen en mogen nooit verwisseld worden!

Gelet moet worden op een goede verlichting, niet te sterk niet te zwak. Zij moet sterk genoeg zijn om het ontwikkelproces te kunnen volgen, maar mag geen sluier veroorzaken. Ook een voor ons oog zwakke verlichting kan fotografisch sterk werkzaam zijn, zodat contrôle van de donkerekamer-verlichting nodig is. Dit gebeurt het gemakkelijkst door een onbelicht tandfilmpje uit het papier te nemen en op  $\pm 30$  cm afstand voor de ene helft 1 minuut, voor de andere helft 2 minuten aan de donkere kamerverlichting bloot te stellen en daarna 5 minuten in het donker te ontwikkelen. Is dan een flinke sluiering zichtbaar, dan is de verlichting te sterk en moet deze veranderd worden. Verschillende merken tandfilms zijn in verschillende mate hiervoor gevoelig, zodat het kan voorkomen, dat de verlichting voor de ene filmsoort wél, voor de andere niet bruikbaar is. Bij grauwe films moet steeds gedacht worden aan te sterke donkere kamerverlichting!

Tandfilms zijn te klein om er nog een opschrift of merkteken op te schrijven. Hoogstens kan men hen nummeren in overeenstemming met de aantekeningen, die bij het maken van de foto's vastgelegd werden.

Terwijl voor de ontwikkeling van intra-orale opnamen een relatief kleine donkere kamer (grote kast e.d. met stromend water) al voldoende geacht kan worden, worden de eisen bij toepassing van extra-orale opnamen weer veel zwaarder.

Allereerst moeten cassettes en versterkingsschermen en de bijbehorende filmformaten worden aangeschaft. Voor gewone extra-orale opnamen zijn de formaten  $9 \times 12$  cm en  $13 \times 18$  cm in het algemeen voldoende; worden ook stereofoto's verlangd, dan zijn de formaten  $18 \times 24$  cm en  $24 \times 30$  cm onontbeerlijk. Tevens moeten de filmraampjes van deze formaten, alsook de schalen (of beter tanks) voor de ontwikkeling etc. van deze formaten aanwezig



zijn. In dit geval moet een kleine donkere kamer, waar men geen voldoende ruimte heeft dringend worden afgeraden. Noodzakelijk is bijv. een strenge scheiding tussen de tafel voor natte- en die voor droge werkzaamheden, op welke laatste de films in de cassettes worden gelegd, resp. er worden uitgehaald. Pijnlijk nauwkeurig en proper werken is geboden, daar anders in korte tijd de versterkingschermen en cassettes door vochtspatten totaal bedorven kunnen worden. Voor het maken van extra-orale opnamen met behulp van cassettes moet men zich dus goed realiseren: doe het goed (d.w.z. zorg o.a. voor een ruime en goed ingerichte donkere kamer) of anders: doe het liever niet, want „behelpen” geeft daarbij slechts onvoldoende resultaten en dus ergernis.

Nog enige woorden over de versterkingsschermen. Deze bestaan meestal uit een (dun)voorscherm en een (dik)achterscherm, waartussen de film (natuurlijk van papier ontdaan) wordt gelegd. De cassette zorgt voor goed aandrukken van de gevoelige lagen van de film tegen de versterkende lagen van de schermen. De scherm-lagen fluoresceren wanneer zij door Röntgenstralen getroffen worden, dus tijdens de opname.

Dit fluorescentielicht versterkt dus de inwerking, die de Röntgenstralen zelf al op de gevoelige lagen van de film hebben en maakt dus een veel kortere belichtingstijd mogelijk. Op de voorste (d.w.z. aan de buiszijde) gevoelige laag van de film werken dus: ten eerste de Röntgenstralen zelf, ten tweede het fluorescentielicht van het voorste versterkingsscherm. Op de achterste gevoelige laag werken analoog in: ten eerste de Röntgenstralen zelf, ten tweede het fluorescentielicht van het achterste versterkingsscherm (zie fig. 41). Deze „toegift” van de versterkingsschermen is zeer aanzienlijk, zo zelfs, dat om de zelfde zwarting te verkrijgen met en zonder gebruik van versterkingsschermen in het eerste geval de belichtingstijd 10 à 15 × verkort kan worden. Men zegt dan, dat de *versterkingsfactor* van de versterkingsschermen 10 à 15 bedraagt. Behalve de verkorting van de belichtingstijd (noodzakelijk voor vrijwel alle extra-orale opnamen) hebben de versterkingsschermen nog de eigenschap de contrasten te verbeteren, hetgeen zeer welkom is, daar de foto's dan een minder grauw (een minder gesluierd) aspect vertonen. Een nadeel van de versterkingsschermen is, dat zij een grotere „korrel” hebben dan de filmemulsie en dus, met de loupe bekeken, de scherpte minder groot is, dan bij opnamen zonder versterkingsschermen. Hoe groter de versterkingsfactor des te

groter ook de onscherpte. Voor de extra-orale en schedelopnamen zijn het meest aan te bevelen de z.g. „fijnkorrelschermen”, waarbij de versterkingsfactor niet te hoog is opgevoerd en de scherpte nog uitstekend is.

Behoorlijke instructie in het maken van extra-orale opnamen en

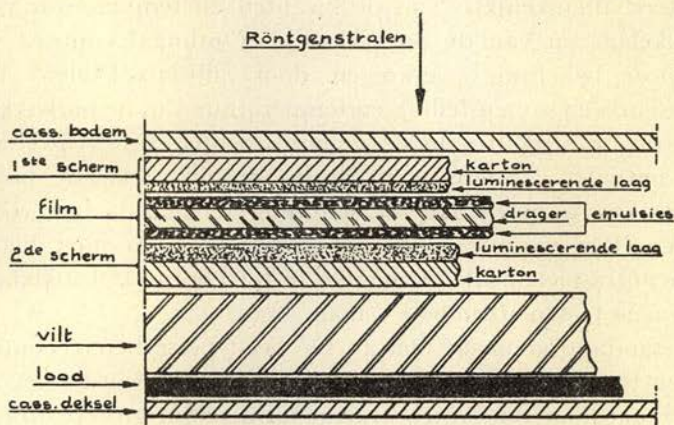


Fig. 41

de daarbij behorende donkere kamer techniek moet als een conditio sine qua non voor het bereiken van bevredigende resultaten beschouwd worden, aangezien het hier reeds een vrij diepgaand specialistisch Röntgenfotografisch werken betreft.

#### Apparatuur.

In de laatste tien jaren is men tot het inzicht gekomen, dat een speciale apparatuur voor gebitsröntgenologie zeker op haar plaats is. De grote apparaten resp. hoog belastbare buizen, die in de algemene Röntgenologie onontbeerlijk zijn, bezitten grote nadelen voor de toepassing op het gebit, vooral wat betreft een handige en snelle instelling. Dit moet als een van de redenen beschouwd worden, waarom de gebitsröntgenologie zo weinig (en daarom vaak zo onvoldoende) door specialist-Röntgenologen beoefend werd, wanneer deze niet speciaal daarvoor waren ingericht.

Beschouwen wij het probleem principieel: Een goede Röntgenfoto moet zijn: A. contrastrijk, B. scherp.

A. Contrast. Bij hogere buisspanning vermindert de absorptie der Röntgenstralen in het object en worden dus de contrasten in de straling, die het object verlaat („stralencontrast”) geringer dan bij



lagere buisspanning. Hieruit volgt, dat dus de spanning zo laag mogelijk moet zijn, echter vanzelfsprekend niet zo laag, dat de absorptie te groot en dus de belichtingstijd te lang zou worden. Het onzichtbare stralencontrast, dat de film treft, wordt door het ontwikkelproces in zichtbaar contrast op de film omgezet, hetwelk zeer sterk afhankelijk is van de kwaliteit en temperatuur van de ontwikkelaar en van de ontwikkeltijd. Optimaal contrast wordt (bij goede belichting) verkregen door „uitontwikkelen” bij de voorgeschreven samenstelling en temperatuur van de ontwikkelaar. De absorptieverschillen in de gebitselementen zijn vrijwel gelijk, zodat het niet de minste zin heeft om bijv. voor de bovenste molaren een andere (hogere) spanning te kiezen dan voor de incisiven. Een variatie in de belichtingstijd is in staat hetzelfde stralencontrast voor alle elementen te waarborgen. Bruikbaar zijn spanningen tussen 40 en 60 kV max. \*)

Een tandfoto gemaakt met 45 kV heeft persé betere contrasten dan een foto gemaakt met 60 kV of hoger. Dit wordt niet alleen veroorzaakt door een groter stralencontrast door grotere absorptieverschillen, maar vooral ook door de contrastbedervende werking der strooistralen uit het doorstraalde weefsel. Juist bij hogere spanningen treden deze strooistralen op de voorgrond. Ieder lichaam, dat door Röntgenstralen wordt getroffen, verstrooit een deel dezer straling, die dus als diffuse (niet beeldgevende) straling het lichaam verlaat. De film wordt dus getroffen: ten eerste door het (beeldgevend) stralencontrast, dat van de primairstraling over is, ten tweede door de (niet beeldgevende) strooistraling. Deze laatste geeft dus wel zwarting (resp. sluiering) van de film, echter geen beeld, en *bederft dus* in meer of mindere mate het beeld, dat door de primaire straling alléén veroorzaakt zou zijn. Hoe hoger nu de spanning des te sterker treedt de invloed van de strooistraling op de voorgrond d.w.z. hoe slechter worden de contrasten. Bij  $\pm 45$  kV is de invloed der strooistraling nog zeer gering, bij 60 kV (en vooral hoger) reeds aanzienlijk. Een bij 45 kV gemaakte tandfoto is dus contrastrijker dan een foto gemaakt bij 60 kV, ten eerste door het grotere stralencontrast, ten tweede door minder strooistralenwerking.

---

\*) Hier en daar treft men nog wel opgaven aan in kV eff. die echter slechts zin hebben voor de thermische buisbelasting, maar met de stralenkwaliteit bijna niets te maken hebben en dus beter verlaten kunnen worden. Voor omrekening diene:  $kV \text{ eff.} = 0,7 \times kV \text{ max.}$  of  $kV \text{ max.} = 1,4 \times kV \text{ eff.}$



N.B. Is men gedwongen met relatief hoge spanningen te werken, dan kan men de strooistraling verminderen door het door Röntgenstralen getroffen lichaamsdeel een zo klein mogelijk volume te geven, dus door ten eerste een zo klein mogelijk oppervlak te kiezen (bundelbeperking door het gebruik van diafragma's), ten tweede door compressie. Terwijl de compressie bij gebitsopnamen niet mogelijk is, kan wel bundelbeperking worden toegepast. Het is niet alleen onnodig, maar zelfs *verkeerd* een tandfilm  $3 \times 4$  cm te belichten met een bundel van bijv. 12 cm doorsnede. Er ontstaat dan immers teveel strooistraling en de patiënt krijgt onnodig veel straling. Beperkt men zich tot intra-orale opnamen en tot enige extra-orale opnamen van de onderkaak, kaakkopje e.d. en ziet men bewust af van schedel- en sinusopnamen, dan is een spanning van  $\pm 45$  kV doorgaans voldoende en waarborgt fraaie contrasten.

Wil men ook extra-orale opnamen van schedel en bijholten, resp. teleopnamen voor orthodontische doeleinden maken, dan zijn daarvoor hogere spanningen noodzakelijk. In dit geval hebben meerdere spanningen, lage- voor de enorale opnamen, hoge- voor de schedelopnamen wel degelijk zin. Voor het verkrijgen van optimale resultaten is vanzelfsprekend een krachtig apparaat onontbeerlijk. Een ver doorgevoerde onderverdeling van de spanning is vanwege het feit, dat slechts relatief grote spanningsverschillen merkbare contrastveranderingen op de film veroorzaken, overbodig en verwarrend. Hier is *simplicitas veri sigillum*. Bij toepassing van hogere spanningen is bundelbeperking, gebruik van stroostralenrooster e.d. aan te raden!

### B. *Scherpte.*

1. De scherpte van een Röntgenfoto hangt in de allereerste plaats af van de grootte van het focus van de buis. Deze brandvlek kan niet puntvormig zijn, maar heeft bepaalde afmetingen, die afhankelijk zijn van de thermische belasting van de buis. Deze afmeting van het focus veroorzaakt de z.g. „focusonscherpte” of „geometrische onscherpte”.

Zij is afhankelijk van de grootte van het focus F, de afstand focus-object FO en de afstand object-film Of. Uit fig. 42 is te zien

$$\text{dat } O_g = \frac{F \times Of}{FO}.$$

Het is dus van belang de factoren in de teller zo klein mogelijk

te houden. Voor de gewone enorale opnamen zijn de omstandigheden al bijzonder gunstig, de film bevindt zich bijna direct tegen het object aan, zodat  $O_f$  zeer klein is.  $F$  kan klein zijn als de thermische belasting d.w.z. het product van stroom (milliampères) en spanning (kilovolts) klein is. Hoe lager dus de spanning en hoe kleiner de stroom kan zijn, des te kleiner focus kan worden toegepast, d.w.z. des te scherper worden de foto's. Volgens de formule zou men ook  $O_g$  klein kunnen maken door  $FO$  groot te maken, d.w.z. door een grote opname-afstand te kiezen (iets dat met grote Röntgenapparaten en zware buizen wel wordt toegepast). Hierbij wint men echter niets, aangezien men te maken krijgt met de „kwadratenwet”, die zegt, dat de energie, die nodig is, kwadratisch verandert met de afstand. Zou men bijv.  $FO$  tweemaal zo groot willen nemen, teneinde  $O_g$  tweemaal zo klein te maken, dan zou dit (bij dezelfde belichtingstijd) een viermaal zo grote energie vereisen, die op zijn beurt weer een tweemaal zo groot focus (lineaire afmeting)

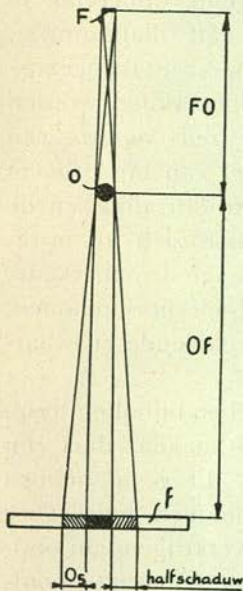


Fig. 42.

nodig zou maken. \*)

De factor 2 zou dus niet alleen in de noemer, maar ook in de teller verschijnen en de  $O_g$  zou niet verkleind en de scherpte niet verbeterd zijn.

Mede in verband met de bovengenoemde wensen naar lage spanningen, die contrastrijke foto's geven, is men erin geslaagd zeer kleine foci van  $\pm 1$  mm toe te passen, die deze lage spanning en een relatief lage stroomsterkte kunnen verdragen. Het zeer kleine focus maakt het mogelijk kleine opname-afstanden ( $FO$ ) te gebruiken, hetgeen bij grotere foci tot storende onscherpte aanleiding zou geven.

2. Verder hangt de scherpte van een Röntgenfoto af van de immobilisatie van het object. Is deze onvolledig dan treedt „bewegingsonscherpte” op:  $O_b$ . Vanzelfsprekend moet deze vermeden

\*) Aangenomen wordt hierbij een optimale buisbelasting (grensbelasting) zoals in moderne geautomatiseerde Röntgenapparaten is gerealiseerd. Op bijzonderheden wordt hier niet verder ingegaan.



worden. Het best gebeurt dit door een gemakkelijke houding en fixatie van het hoofd en door het fixeren van de film in of buiten de mond. Bij de enorale opnamen verdient het aanbeveling de elleboog van de hand, die de film fixeert, met de andere hand vast tegen het lichaam te drukken. Opgemerkt moet worden dat, door de zeer kleine object-film afstand, in het algemeen een kleine beweging niet direct een onbruikbare foto veroorzaakt. Hierop zal later nog teruggekomen worden.

Een andere factor, die de scherpte beïnvloedt is de korrelgrootte en wel van de extra-orale opnamen de korrelgrootte van de versterkingsschermen en bij de enorale opnamen de korrelgrootte van de filmemulsie. De onscherpte van de versterkingsschermen ( $O_f$ ) is bij het gebruik van „fijnkorrelschermen” gering en zelden storend. De filmkorrelonscherpte kan in het algemeen geheel verwaarloosd worden. Slechts bij sterke vergroting (projectie) vertoont zij een korrelig aspect (tapioca-effect).

*Resumerend:* Goede contrasten door lage spanning want:

- a. groot stralencontrast in uittredende straling,
- b. weinig strooistralen op de film.

Zeer geschikt voor alle enorale en enige extra-orale opnamen is  $\pm 45$  kV. Bij hogere spanningen minder goede contrasten want:

- a. minder groot stralencontrast in uittredende straling,
- b. meer strooistralen op de film.

Ter beperking strooistralen zoveel mogelijk bundelbeperking (en eventueel compressie) toepassen. Spanning van  $\pm 70$  kV geschikt voor extra-orale kaak- en sinusopnamen.

Goede scherpte door:

1. zo klein mogelijk focus ( $O_g$  minimaal),
2. geen beweging ( $O_b$  minimaal),
3. fijnkorrelscherm voor extra-orale opnamen ( $O_f$  minimaal).

Bovenstaande principes zijn in de moderne speciale tandapparaten in meer of mindere mate gerealiseerd. De tijd van de niet-tegen-hoogspanning-beveiligde apparaten, die het werken op een grote afstand ( $FO = 40$  cm en meer) nodig maakten, is definitief voorbij. Deze apparaten kunnen buiten beschouwing blijven. Alle moderne Dental-Röntgenapparaten zijn zowel tegen hoogspanning als tegen vagebonderende straling beschermd en kunnen meestal direct aan een stopcontact van de lichtleiding worden aangesloten. Buis en Röntgenapparaat zijn bij de nieuwe constructies tot één



geheel verenigd, waarbij van vaste isolatie (Philips Centralix) of vloeibare isolatie (Philips Practix, Siemens Kugel, Victor Dental X-Ray, etc.) is gebruik gemaakt. Deze apparaten zijn gemakkelijk draaibaar en instelbaar aan een statief of een articulerende arm bevestigd en worden door het bedienen van een handschakelaar met tijd klokje in werking gesteld. Aangezien netspanningvariaties vrij grote invloed hebben op de „output” van het apparaat, behoort bij de installatie een afzonderlijk of ingebouwd transformatortje voor eventuele netspanningcorrectie tot de vereiste waarde. De ervaring heeft geleerd, dat bij die apparaten, die de keuze van meerdere spanningen en stroomsterkten veroorloven, deze vrijheidsgraden eerder storend dan verbeterend werken en spoedig niet meer gebruikt worden. Zoals opgemerkt, zijn twee spanningen ( $\pm 45$  kV en 70 kV) voldoende om het gehele intra- en extra-orale dental-Röntgengebied te beheersen. Voor de intra-orale techniek alleen en enige speciale extra-orale opnamen is één spanning van  $\pm 45$  kV voldoende.

Opgemerkt moet worden, dat het vasthouden aan relatief ongevoelige films (type Buck, e.d. met éénzijdige emulsie) het gebruik van grote Röntgenenergie noodzakelijk maakt, reden waarom dan hogere spanningen dan  $\pm 50$  kV worden verlangd. De nadelen van meer strooistralen en van de zesmaal zo hoge Röntgendosis op de patiënt, worden geenszins door de uiterst geringe (of vermeende) betere scherpte gecompenseerd. Ongevoelige films moeten evenals de ouderwetse zware apparaten uit het gebied der Dental-Röntgenologie verbannen worden! De filmindustrie heeft reeds blijk gegeven in staat te zijn voldoende fijnkorrelige, dubbelzijdig geëmulsiioneerde films van hoge gevoeligheid te fabriceren.

Bij de genoemde moderne Dental-Röntgenapparaten is het focus zeer klein en vinden opname-afstanden van 30 cm en korter toepassing. Teneinde de instelling te vergemakkelijken zijn de meeste dezer apparaten van een instelconus voorzien, waaraan de eis gesteld moet worden, dat er geen inhomogene absorptie in de conus zelf plaats vindt (b.v. geen afbeelding van de punt). Een nadeel van een dergelijke conus is, dat men in het geheel geen indruk krijgt van de grootte van de toegepaste bundel, hetgeen bij gebruik van een tubus wel het geval is. Het verdient aanbeveling ter beperking van de bundel enige diafragma's, die in de conus aangebracht kunnen worden, bij de hand te hebben en op de hoogte te zijn van de aldus verkregen bundelgrootte.



Een bijzondere bespreking verdient nog de meest recente uitvoering van de speciale Dental-Röntgenapparaten nl. het „Oralix” apparaat van Philips. De constructie ervan berust op consequent doorgevoerde principes, waarvan enige in de voorgaande bladzijden beschreven zijn. Dit „Oralix” apparaat is bestemd voor intra-orale opnamen en extra-orale onderkaaksopnamen. Het komt daarom in aanmerking voor alle tandartsen, die zich niet speciaal met de zwaardere extra-orale opnamen (schedel, sinussen, enz.) behoeven bezig te houden.

De spanning bedraagt  $\pm 45$  kV, de stroomsterkte  $\pm 6$  mA, het focus is buitengewoon klein, zelfs kleiner dan 1 mm. Dit maakt de toepassing van kleine opname afstanden mogelijk. De afstand van het focus tot de punt van de instelconus bedraagt slechts 12 cm. Evenals de „Centralix” en de „Practix” van Philips is ook de „Oralix” voorzien van een ingebouwd tijd klokje, dat met behulp van een gewone foto-ontspanner de ingestelde belichtingstijd schakelt. De lengte van het gehele apparaat (transformator, huis enz.) bedraagt slechts 14 cm, de diameter 10 cm. Het gewicht 5 Kg., zodat hier werkelijk een zeer klein Röntgenapparaat gerealiseerd is. De instelling is gemakkelijk, daar het overzicht door de kleine afmetingen uitstekend is. De lage spanning waarborgt fraaie contrasten; het kleine focus een grote scherpte en de korte afstand een korte belichtingstijd. Bij gebruik van hooggevoelige tandfilms worden belichtingstijden van  $\pm 1$  sec. verkregen. Extra-orale opnamen van de onderkaak (met cassettes en versterkingschermen) vereisen slechts 1 à 3 sec. Bijzonder eenvoudig is hierbij de instelling, aangezien door de korte focus-film afstand de niet te onderzoeken zijde gemakkelijk wordt weggeprojecteerd en dus vanzelf een soort techniek tot stand komt, zoals door P a r m a voor het kaakopje aanbevolen wordt.

Interessant is het feit, dat het mogelijk is gebleken dit kleine apparaat van een katrolophanging met contragewicht te voorzien en a.h.w. „uit de vrije hand” de foto's te maken. Hiertoe is het apparaat van een handgreep voorzien en hoe onlogisch deze manier van werken op het eerste gezicht ook lijkt (kleine bewegingen tijdens de opname), een praktische ervaring van enige jaren heeft geleerd, dat op deze wijze snel en handig fraaie foto's verkregen worden. Door ons wordt aan deze ophanging dan ook de voorkeur gegeven boven bevestiging aan een statief of een articulerende arm. Een geringe beweging van het apparaat tijdens de opname is van

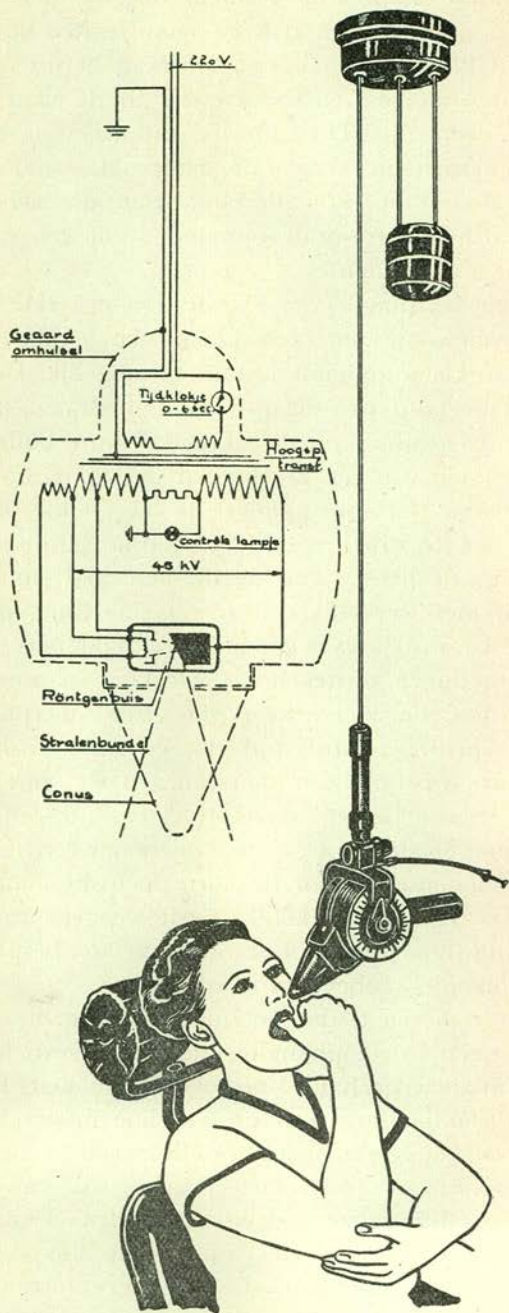


Fig. 43.



weinig belang, aangezien de verplaatsing van het focus hoogstens enige millimeters bedraagt en dit, door de zeer kleine object-film afstand practisch geen invloed heeft op de scherpte van de afbeelding. Door de uitgebalanceerde ophanging en de handige greep is beweging echter practisch geheel te vermijden.

Deze ophanging van het apparaatje, die als revolutionnair bestempeld mag worden en die nog verschillende vooroordelen te overwinnen zal hebben, heeft het voordeel, dat het apparaat nooit in de weg hangt en met één greep gebruiksklaar naar beneden getrokken kan worden (zie fig. 43). Ook uit het naast deze figuur opgenomen schema, blijkt de eenvoud van het „Oralix” apparaat.

### *Stralengevaar.*

Het is niet overbodig op het gevaar te wijzen, dat aan iedere toepassing van Röntgenstralen inhaerent is. Röntgenstralen hebben een weefsel-beschadigende werking, die bij plotselinge overdosering spoedig en bij geleidelijke overdosering slechts langzaam manifest wordt. Geheel in tegenstelling met b.v. de inwerking van Ultraviolette stralen komt het lichaam de inwerking van Röntgenstralen nooit geheel te boven.

Iedere nieuwe dosis Röntgenstralen voegt zich a.h.w. weer bij de oude, waardoor een cumulatie van de werking optreedt. Op deze wijze kan op den duur door cumulatie van op zich zelf kleine en schijnbaar ongevaarlijke doses een ernstige en onherstelbare Röntgenbeschadiging („Röntgenverbranding”) ontstaan. Ook de tandarts, die met Röntgenstralen werkt, dient zich dit terdege te realiseren. Evenals alle moderne Röntgenbuizen zijn ook de Dental-Apparaten „stralenvrij”. Dit wil echter slechts zeggen, dat de Röntgenstralen de buis of het apparaat op geen andere plaats dan door het venster kunnen verlaten. Geen betrekking heeft dit „veilig” op de strooistralen, die het object verlaten, nadat zij door de primaire Röntgenstralenbundel hierin zijn opgewekt. Het gevaar van de primaire bundel zelf kan men gemakkelijk vermijden. Deze bundel behoort alleen het object te treffen, doch niet de onderzoeker. Onder geen voorwaarde mag de tandarts zelf de film in de mond van de patiënt fixeren; dit dient de patiënt zelf te doen. Liever vijf minuten geduldige instructie dan ongeduldig worden en het zelf maar doen, aangezien ook deze op zich zelf kleine Röntgendoses op den duur tot een Röntgenbeschadiging aanleiding zullen geven. Helaas is dit in verschillende landen reeds

herhaaldelijk bij tandartsen of onvoldoende geïnstrueerd personeel voorgekomen.

Betreft het opnamen van kinderen, dan worden nog grotere eisen aan het geduld gesteld en moet eventueel een buitenstaander te hulp worden geroepen.

Moeilijker is het de gevaren van de stroostralen te vermijden, daar deze immers in alle richtingen het object verlaten en dus ook de onderzoeker „tegenstralen”. De beste beveiliging is het bewaren van afstand, daar immers de intensiteit van de straling omgekeerd evenredig met het kwadraat van de afstand afneemt, volgens de kwadratenwet. Bij sommige apparaten is het mogelijk de tijdschakelaar van een langer snoer te voorzien, zodat men op een meter afstand van de patiënt, de opname kan afdrukken. Deze maatregel heeft zin bij hoge spanningen (100 kV); bij lage spanningen is zij overbodig. Bij circa 50 kV en gediafragmeerde bundel is de stroostraling, die uit het object treedt, vrijwel geheel te verwaarlozen. Er is dan ook geen gevaar bij, om apparaten zoals de „Centralix”, de „Practix” en de „Oralix”, die met deze lage spanning werken, van dichtbij te bedienen. Bovendien bevindt zich bij deze apparaten de hand, die de draadontspanner bedient, achter het apparaat.

Het stralengevaar voor de patiënt is te verwaarlozen, wanneer men met gevoelige films werkt en niet onverantwoordelijk veel opnamen van het zelfde gebied maakt. Verliest echter niet de cumulatie uit het oog. De doses, die U zelf appliceert tellen niet alleen mee, maar ook de doses, die eventueel door anderen daar zijn gegeven bij vroegere foto's of Röntgenbestralingen. Steeds geldt dus de regel: weest zuinig met stralen terwille van de patiënt en terwille van U zelf.

De in het voorgaande besproken theoretische beginselen maken duidelijk, dat bij de moderne Dental-Röntgenapparaten met relatief lage spanning en bij de „Oralix” in het bijzonder, automatisch een grote graad van veiligheid verkregen is.

#### *Opmerkingen.*

Een misplaatst verwijt, dat aan de toepassing van korte afstanden dikwijls gemaakt wordt is, dat daarbij de huidbelasting (huid dosis) van de patiënt groter zou zijn. Dit verwijt is echter onjuist, aangezien de kortere afstand de toepassing van geringere Röntgenenergie mogelijk maakt. Heeft men b.v. voor een foto op 24 cm afstand bij



50 kV-12mA een opnametijd van 4 sec. nodig (dus  $4 \times 12 \text{ mAsec.} = 48 \text{ mAsec.}$ ), dan krijgt de huid daarbij een zekere dosis. Volgens de kwadratenwet zou men op 12 cm afstand bij dezelfde belasting, een viermaal grotere huiddosis krijgen. Om deze foto echter op 12 cm afstand te maken heeft men bij 50 kV — eveneens volgens de kwadraten — slechts  $1/4$  van de belasting d.w.z. slechts 12 mAsec. nodig. De hoeveelheid Röntgenstralen, die in beide bovengenoemde gevallen de huid treft, is dus dezelfde.

Wèl steekhoudend is de opmerking, dat bij korte afstanden de vertekening en de vergroting van het object sterker is dan bij grote afstanden. Hoe groter de opname-afstand, hoe meer de afbeelding in natuurlijke grootte en natuurlijke proportie plaats vindt. In de orthodontie kan dit van belang zijn; reden waarom door sommigen aan tele-opnamen de voorkeur wordt gegeven. Vanzelfsprekend vereist dit grotere Röntgenenergie d.w.z. hogere spanning, grotere stroomsterkte en eventueel langere belichtingstijden. Ook bij de tele-opnamen heeft overdrijving geen zin; opnamen op 1 m afstand genomen kunnen, mits bepaalde voorzorgen in acht genomen worden, geheel aan orthodontische doeleinden beantwoorden, waarvoor dus een apparaat type „Practix” voldoende zou zijn.

Het argument, dat bij lage spanningen de huidbelasting relatief hoger is dan bij hoge spanningen, is theoretisch juist, maar praktisch volkomen onbelangrijk in het gebied van de gebitsröntgenologie. Hier verder op in te gaan, zou te ver voeren.

Meer waarde dan vele theoretische pro- en contra argumenten betreffende hoge of lage spanningen, grote of kleine opname-afstanden enz., hebben veelal de ervaringen uit de praktijk. Deze hebben met volkomen zekerheid geleid tot de constructie van kleine, handige Dental-Röntgenapparaten, die goed passen in het kader van het uitgelezen praktische en ook elegante instrumentarium, dat het werk van de tandarts kenmerkt. *De graad van perfectie van deze Dental-Röntgenapparaten is dermate hoog opgevoerd, dat bij het verkrijgen van onbevredigende resultaten pas in de allerlaatste plaats aan het apparaat, in de eerste plaats echter aan de donkere kamer techniek (films, foliën, ontwikkelaar, donkere kamer verlichting, e.d.) gedacht moet worden.*

Tenslotte nog een raad: Een Dental Röntgenapparaat gebruikte men niet voor andere doeleinden. Voor Röntgen-onderzoekingen van andere lichaamsdelen is het weinig geschikt en brengt het gevaar van overdosering met zich mede. Bovendien overziet in die

gevallen de tandarts niet de probleemstelling, noch de gevaren, die in de algemene Röntgenologie het werken beheersen.

„Experimenteer” daarom nooit met het apparaat en doe niet zoals de op zijn manier voortvarende tandarts, die met zijn Dental-Röntgenapparaat een zwangerschapsfoto wilde maken en als resultaat een Röntgenverbranding veroorzaakte, inplaats van een bruikbare foto te verkrijgen.

Zorgt ook dat onbevoegden het apparaat niet in werking kunnen stellen.

#### BIBLIOGRAPHIE :

Parma : Zahnärztliche Röntgendiagnostik. Verlag Urban u. Schwarzenberg.

Bertrand, Dechaume, Lacronique : Radiographie bucco-dentaire et agents physiques en stomatologie Uitg. Masson.