



Planigraphie en subtractie : röntgenographische differentiatiemethoden

<https://hdl.handle.net/1874/319939>

W. J. J. 1923 1934

PLANIGRAPHIE EN SUBTRACTIE

RÖNTGENOGRAPHISCHE
DIFFERENTIATIEMETHODEN

B. G. ZIEDSES DES PLANTES

BIBLIOTHEEK DER
RIJKSUNIVERSITEIT
UTRECHT.

PLANIGRAFIE EN SUBTRACTIE
RÖNTGENOGRAPHISCHE DIFFERENTIATIEMETHODEN

45

UNIVERSITEIT
UTRECHT
BIBLIOTHEEK DER

RIJKSUNIVERSITEIT UTRECHT



0104 4845

A sw 192 1934

PLANIGRAPHIE EN SUBTRACTIE

RÖNTGENOGRAPHISCHE
DIFFERENTIATIEMETHODEN

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN
DOCTOR IN DE GENEESKUNDE AAN DE
RIJKS-UNIVERSITEIT TE UTRECHT, OP
GEZAG VAN DEN RECTOR-MAGNIFICUS
Mr. C. W. STAR BUSMANN, HOOG-
LEERAAR IN DE FACULTEIT DER RECHTS-
GELEERDHEID, VOLGENS BESLUIT VAN
DEN SENAAT DER UNIVERSITEIT TEGEN
DE BEDENKINGEN VAN DE FACULTEIT
DER GENEESKUNDE TE VERDEDIGEN OP
DINSDAG 1 MEI 1934, DES NAMIDDAGS
TE 4 UUR
DOOR

BERNARD GEORGE ZIEDSES
DES PLANTES,

ARTS,
GEBOREN TE KLUNDERT

KEMINK EN ZOON N.V. — OVER DEN DOM — UTRECHT

BIBLIOTHEEK DER
RIJKSUNIVERSITEIT
UTRECHT.

AAN MIJN OUDERS

Het verschijnen van dit proefschrift biedt mij een welkome gelegenheid U, Hoogleraren, Oud-Hoogleraren en Docenten van de Geneeskundige en Philosophische Faculteiten der Utrechtsche Universiteit en van de Technische Hoogeschool te Delft, te danken voor het van U genoten onderwijs.

Hooggeleerde Bouman, Hooggeachte Promotor, U in het bijzonder ben ik veel dank verschuldigd. Het is mij een groot voorrecht geruimen tijd onder Uw kundige en energieke leiding te hebben mogen arbeiden op het gebied der klinische Neurologie en Psychiatrie, waarbij Gij mij zoo ruimschoots tijd en gelegenheid hebt geboden om het onderwerp van dit proefschrift uit te werken. Ik zal U steeds dankbaar blijven, te hebben mogen werken in een omgeving, waar men steeds op ieders hulp kon rekenen.

Zeerervaren Sillevius Smitt, de belangstelling, waarmede Gij het werk volgt van Uw jongere collegae, die nooit tevergeefs Uw advies vragen, is ook door mij op hoogen prijs gesteld. Gij hebt mij steeds aangespoord dit werk te voltooien, evenals Gij, Zeergeleerde van der Does de Willebois, die mij aanvankelijk in de röntgenologie van den schedel hebt ingeleid. De aangename samenwerking op de gebieden, die onze gemeenschappelijke belangstelling hebben, waardeer ik zeer.

U, Zeergeleerde Maczka, dank ik voor Uw hulp bij de bewerking van een gedeelte van dit proefschrift.

Ook de oud-assistenten en assistenten der kliniek ben ik zeer erkentelijk voor de medewerking, die ik steeds mocht ondervinden. De vriendschap van U allen zal mij steeds in dankbare herinnering blijven. U, Zeerervaren Hardenberg, dank ik in het bijzonder voor de mij geboden hulp. Ook U, Zeerervaren Boele, die mij reeds vroeger zoo dikwijls behulpzaam zijt geweest.

Verder dank ik allen in de kliniek, die mij bij mijn onderzoekingen hun hulp boden. Onder de velen moge ik noemen U, Zuster Vos, die altijd bereid waart, om ook op de meest ongelegen uren, mede te helpen, evenals Gij, Zuster van Brummelen, die zich steeds zooveel moeite getroost hebt, opdat de resultaten van het werk aan de gestelde eischen zouden voldoen.

Zeergeachte de Man, door Uw deskundige hulp kon ik beschikken over het instrumentarium, dat voor deze onderzoeken noodig was.

Nog dank ik ieder, die mij op eenigerlei wijze behulpzaam is geweest bij de totstandkoming van dit proefschrift.

Het zij mij tenslotte vergund de Rockefeller-Stichting ervoor te danken, dat zij mij de gelegenheid heeft geboden ook in het buitenland te arbeiden.

Het was mij een groot voorrecht dit te mogen doen onder leiding van Professor Dr. A. Schüller, als gast in het Zentralröntgeninstitut des Allgemeinen Krankenhauses der Stadt Wien, dat onder de voortreffelijke leiding stond van Docent Dr. E. G. Mayer, terwijl ik daar de welwillende medewerking genoot van Dr. G. Spiegler, Dr. J. Zakovsky en vele anderen.

INHOUD.

	bidz.
INLEIDING	1
DEEL I. PLANIGRAPHIE	5
HOOFDSTUK I. Historisch overzicht	5
HOOFDSTUK II. Beginsel	7
HOOFDSTUK III. Theoretische Beschouwingen	9
A. Mathematische beschouwingen	9
B. Vorm van de banen die door focus en plaat moeten worden doorlopen	14
C. De uitgestrektheid der beweging. Vergelijking van het planigram met het gewone röntgenogram	15
D. De scherpte van het planigram	18
E. De invloed van de uitgestrektheid van de beweging op de scherpte van het planigram	21
F. Wat in het planigram zichtbaar wordt	22
G. De invloed van den stand van de plaat op den stand van het vlak van doorsnede	24
HOOFDSTUK IV. Technische uitvoering	27
A. Voorloopige proefnemingen	27
B. Korte beschrijving van het toestel	29
C. Practische uitvoering	31
D. Bestrijding van de secundaire straling	33
E. Registratie van de hoogte van het instelvlak; contrôle van de werking van het toestel	35
F. Het gelijktijdig in beeld brengen van meerdere vlakken	36
G. Het opheffen van den storenden invloed van de vervaagde schaduwen der buiten het instelvlak ge- legen onderdeelen	41

	blz.
H. Bepaling van het niveau, waarop moet worden ingesteld	44
I. Het uitvoeren van metingen met behulp van de planigraphie	46
K. Planigraphie met vrijwel loodrechte projectie; ortho-planigraphie	47
L. Combinatie van de planigraphie met de gewone röntgenographie	49
M. Combinatie van de planigraphie met de stereoröntgenographie	50
N. Plastische reconstructie naar een serie van planigrammen	51
a. Inleiding	51
b. Het maken van de reeks van planigrammen	52
c. De oriëntatie	54
d. De verdere verwerking van de planigrammen	56
HOOFDSTUK V. Practische Toepassingen	59
A. Toepassingsmogelijkheden der planigraphie	59
B. De analyse van het röntgenogram	60
a. Inleiding	60
b. Analyse van het planigram	61
c. Vergelijking van het röntgenogram met de planigrammen	61
C. Analyse van eenige normale röntgenogrammen	62
a. Analyse van een postero-anterieur schedelröntgenogram (Craniaal-excentrisch, Granger)	68
b. Analyse van het bilaterale schedelröntgenogram	68
D. Klinische toepassingen	69
a. Een geval van craniofaciale dysostose	69
b. Een hersentumor met veranderingen aan het schedeldak en verdringing der hersenventrikels	73
c. Een hersentumor met verdringing der hersenventrikels	78
d. Eenige andere voorbeelden	82

	bldz.
DEEL II. SUBTRACTIE	87
HOOFDSTUK I. Beginsel	87
HOOFDSTUK II. Technische Uitvoering	90
A. Het maken van de röntgenogrammen	90
a. De eischen, die men aan de röntgenogrammen moet stellen	90
b. Met maken der opnamen; fixatie van den patiënt	92
B. Het maken van de diapositieven	94
a. De eischen, die men aan het diapositief moet stellen	94
b. Het directe omkeeringsproces	95
c. Het afdrukken op photographisch materiaal	97
HOOFDSTUK III. Practische toepassingen	99
A. Contrastvulling	99
a. Arteriographie	99
b. Myelographie en Encephalographie	100
B. Andere toepassingen	100
Samenvatting	102
Résumé	104
Zusammenfassung	105
Summery	107
Literatuur	108

INLEIDING.

Bij het bekijken van een gewone röntgenphoto levert het nog al eens moeilijkheden op, om het beeld van een bepaald onderdeel van het object van het overige te onderscheiden.

In de eerste plaats heeft men dikwijls veel last van de onderlinge bedekking der verschillende schaduwbeelden. Afgezien hiervan is een ontwarring van ingewikkelde gedeelten van het röntgenogram niet zelden onmogelijk.

De twee methoden, die hier beschreven zullen worden, streven eenzelfde doel na, namelijk een differentiatie te verkrijgen, door bepaalde onderdeelen van het object afzonderlijk in beeld te brengen, terwijl een der methoden het mogelijk maakt om bepaalde doorsneden van het object te beoordeelen.

Er bestonden in de techniek der röntgenographie reeds verschillende methoden die een dergelijk doel nastreven.

In de eerste plaats de stereoscopie. Hiervan is gemakkelijk een bekende toepassing te noemen. Intracranieele verkalkingen, die weinig contrast geven, zijn soms moeilijk van de beenteekening van het schedeldak te onderscheiden. Bij het bezien van stereoscopische opnamen wordt men zoodanig door het dieptezien geholpen, dat men de verkalkingen geheel afzonderlijk binnen in de schedelholte ziet liggen, zoodat verwarring uitgesloten is. Dit dieptezien bij de stereoscopie komt daarop neer, dat men het verschil in afstand tot de plaat waarneemt.

Ook met een ander hulpmiddel kan men de plaats van een onderdeel van het object, in de richting loodrecht op de plaat, bepalen, zij het ook op veel grovere wijze. Men kan namelijk een röntgenbuis met grof focus gebruiken en de afstand van het focus tot de plaat klein kiezen, terwijl het object zoo dicht mogelijk bij de plaat gebracht wordt. De onderdeelen van het object, die dicht bij de plaat liggen, zullen dan een scherp omljnd beeld vormen. De scherpte zal steeds afnemen naarmate de overeenkomstige gedeelten van het object verder van de plaat verwijderd zijn. Deze methode wordt dikwijls met succes toegepast bij de röntgenographie van den

schedel. Het is op deze manier bijvoorbeeld wel altijd mogelijk om bij de zijdelingsche opnamen na te gaan of afwijkingen aan het schedeldak (bijv. fracturen) links of rechts gelocaliseerd moeten worden.

Tenslotte heeft men bij de doorlichting een hulpmiddel daarin, dat men den patiënt of de buis gedurende het onderzoek kan bewegen.

Draait men bijvoorbeeld den patiënt gedurende de doorlichting om een verticale as rechtsom, dan ziet men op het scherm de schaduwbeelden van de onderdeelen, die tusschen draaiings-as en scherm liggen, zich naar links bewegen. De schaduwbeelden van verderaf gelegen onderdeelen bewegen zich dan in tegengestelde richting, dus naar rechts. Deze verplaatsing is grooter naarmate de onderdeelen verder verwijderd zijn van het vlak, dat men zich kan denken door de draaiings-as en evenwijdig aan het scherm.

Beweegt men de buis heen en weer, dan kan men letten op de parallactische verschuiving der verschillende onderdeelen. Deze zal grooter zijn naarmate de onderdeelen verder van het doorlichtings-scherm afliggen.

In dit proefschrift zullen twee nieuwe methoden beschreven worden, die het gemakkelijk maken om de beelden van verschillende onderdeelen van elkaar te onderscheiden.

Eén der methoden stelt ons ook in staat om bepaalde doorsneden van het object te beoordeelen.

Door gebruik te maken van de eerste methode, waaraan ik den naam planigraphie gegeven heb, verkrijgt men, evenals bij de microphotographie met sterke vergrooting, slechts een scherp beeld van alles wat in één bepaald vlak van het voorwerp ligt, terwijl al het andere vervaagd wordt.

Dit resultaat wordt verkregen door buis en plaat gedurende de belichting te bewegen, en wel zoodanig, dat de projecties van alle punten van het gekozen vlak steeds op dezelfde plaats van de plaat (film) vallen en dus een scherp beeld geven, terwijl alle niet in dat vlak gelegen punten ieder volgend oogenblik op een andere plaats geprojecteerd worden, zoodat ze slechts vage schaduwbeelden vormen.

Met de tweede methode bereikt men, zooals reeds gezegd, in zooverre hetzelfde, dat men ook hier een afzonderlijk beeld van een gedeelte van het object krijgt.

Men streeft daarbij echter niet naar het afzonderlijk in beeld brengen van een vlak, maar naar het röntgenographisch isoleeren van een geheel onderdeel van het schaduwgevend voorwerp, dat niet ten allen tijde als zoodanig zichtbaar is, bijvoorbeeld door de bloedvaten stroomende contrastvloeistof.

Daartoe maakt men achtereenvolgens twee röntgenphoto's, die alleen daarin van elkaar verschillen, dat op de eene photo wèl een beeld van het bedoelde onderdeel (bijvoorbeeld met contrastvloeistof gevulde bloedvaten) voorkomt, en op de andere photo niet.

Door de eerste photo met het diapositief van de andere te bedekken, kan men bewerkstelligen, dat de op beide photo's voorkomende onderdeelen tegen elkaar wegvallen. Hierdoor blijft dus alleen het verschil (dus het beeld van het bewuste onderdeel) zichtbaar.

Bij deze methode wordt dus het verschil tusschen twee röntgenphoto's afzonderlijk zichtbaar gemaakt. Ik zal daarom in het vervolg voor deze methode den naam subtractie gebruiken.

DEEL I.

PLANIGRAPHIE.

HOOFDSTUK I.

HISTORISCH OVERZICHT.

Het beginsel om bij de röntgenographie door beweging bepaalde gedeelten van het object vervaagd en daardoor minder storend af te beelden, is merkwaardigerwijze gedurende de laatste jaren op verschillende plaatsen tegelijk gevonden.

De eenvoudigste manier is wel, dat men een gedeelte van het object vervaagd door het gedurende de belichting te laten bewegen, terwijl de rest ten opzichte van buis en plaat in rust blijft. Deze methode is door G. Pelissier te Nimes aangegeven voor de onderkaak. Hij maakte een voorachterwaartsche opname van de halswervelkolom en liet den patiënt de onderkaak gedurende de belichting bewegen. Men krijgt dan een vervaagd en weinig storend beeld van de onderkaak, waardoorheen men alle halswervels goed kan waarnemen.

In 1930 is door A. Vallebona te Genua een methode voor den schedel beschreven, waarbij het geheele object gedurende de opname bewogen werd. Vallebona liet het object om een bepaalde as draaien en kreeg dus theoretisch slechts een scherp beeld van alle in een rechte lijn (de draaiingsas) gelegen onderdeelen, terwijl van het overige een, in één richting vervaagd, beeld verkregen werd.

Reeds vroeger (1921—'22) was door mij een methode uitgedacht, waarbij alles, wat buiten een bepaald vlak ligt, vervaagd wordt, door buis en plaat gedurende de opname op een bepaalde manier te bewegen.

Het vorige jaar is mij gebleken, dat reeds in 1921 door A. E. M. Bocage te Parijs octrooi op dit beginsel was aangevraagd. Bocage is echter niet tot practische toepassing overgegaan.

In 1930 is in Duitschland aan E. Pohl te Kiel een octrooi ver-

leend op hetzelfde principe. Ook door hem zijn voor zoover mij bekend geen resultaten gepubliceerd.

Kort na mijn eerste publicatie over dit onderwerp (1931), demonstreerde D. L. Bartelink uit Nijmegen, die zich eveneens met de uitwerking van een werkwijze berustend op hetzelfde principe had beziggehouden, de resultaten van zijn proefnemingen in een vergadering van de Nederlandsche Vereeniging voor Electrologie en Röntgenologie (te Amsterdam 22 Nov. 1931).

HOOFDSTUK II.

BEGINSEL.

Zooals reeds gezegd, wordt bij de planigraphie steeds één vlak volkomen scherp afgebeeld, terwijl van de rest van het object een min of meer vervaagd beeld gevormd wordt.

Dit eene vlak van het object zal in het vervolg „instelvlak”, of ook wel „doorsnedevlak” genoemd worden.

Een scherpe afbeelding van dit instelvlak verkrijgt men, doordat buis en plaat gedurende de belichting zoodanig worden bewogen, dat de projectie van elk punt van het instelvlak zijn eigen plaats op de röntgenplaat behoudt, terwijl de projecties van alle deelen van het object, die buiten het instelvlak liggen, steeds van plaats veranderen, dus een vervaagd beeld vormen.

Om de uiteenzetting van het beginsel in overzichtelijken vorm te houden, zal ik eerst in 't kort aangeven, hoe men het bovenstaande kan bereiken. Eerst daarna zullen de algemeene voorwaarden van mathematisch gezichtspunt behandeld worden.

In fig. 1 is schematisch aangegeven, hoe men te werk kan gaan. Het focus F en de plaat ABCD worden hier in twee horizontale vlakken zoo rondbewogen, dat de projecties van alle punten van het vlak v steeds op hetzelfde punt van

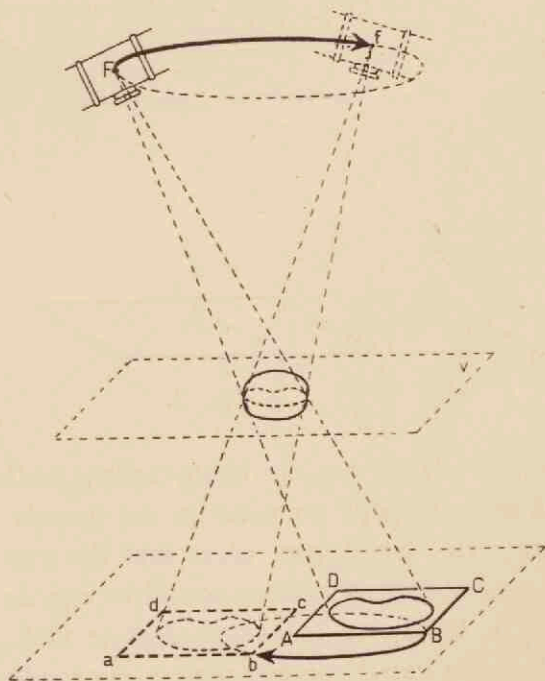


Fig. 1.

hetzelfde punt van

de plaat vallen. In de figuur is een cirkelbeweging aangegeven, beter is het een spiraalbeweging toe te passen, waarbij dus zoowel door het focus als door alle punten der plaat een platte spiraal wordt doorlopen.

Wat gedurende een gedeelte van de beweging met de projecties

van verschillende punten van het object gebeurt is ook duidelijk uit fig. 2 te zien.

In denzelfden tijd, dat het focus zich van F naar f heeft bewogen, is de plaat van $A B C D$ naar $abcd$ verplaatst. Het is gemakkelijk af te leiden, dat de projecties van H en G op gelijken afstand zijn gebleven, en dus ook op dezelfde plaats van de plaat.

De projectie van het punt K zal eerst op de-

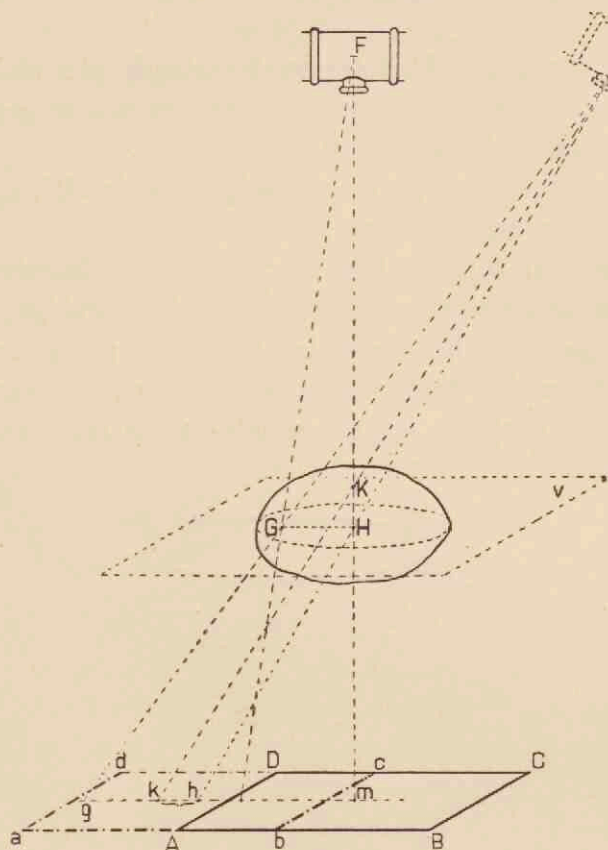


Fig. 2.

zelfde plaats van de röntgenplaat vallen als die van het punt H . Wanneer focus en plaat in de tweede stand gekomen zijn, zal de projectie van K niet meer met die van H samenvallen, maar zich over de afstand $h k$ ten opzichte van de plaat verplaatst hebben.

Uit de figuur is gemakkelijk te zien, dat de verplaatsing van de projectie van K op het vlak v evenredig is met de verplaatsing van het focus. Hieruit volgt, dat ook de lengte van $h k$ evenredig zal zijn met de afstand van F en f .

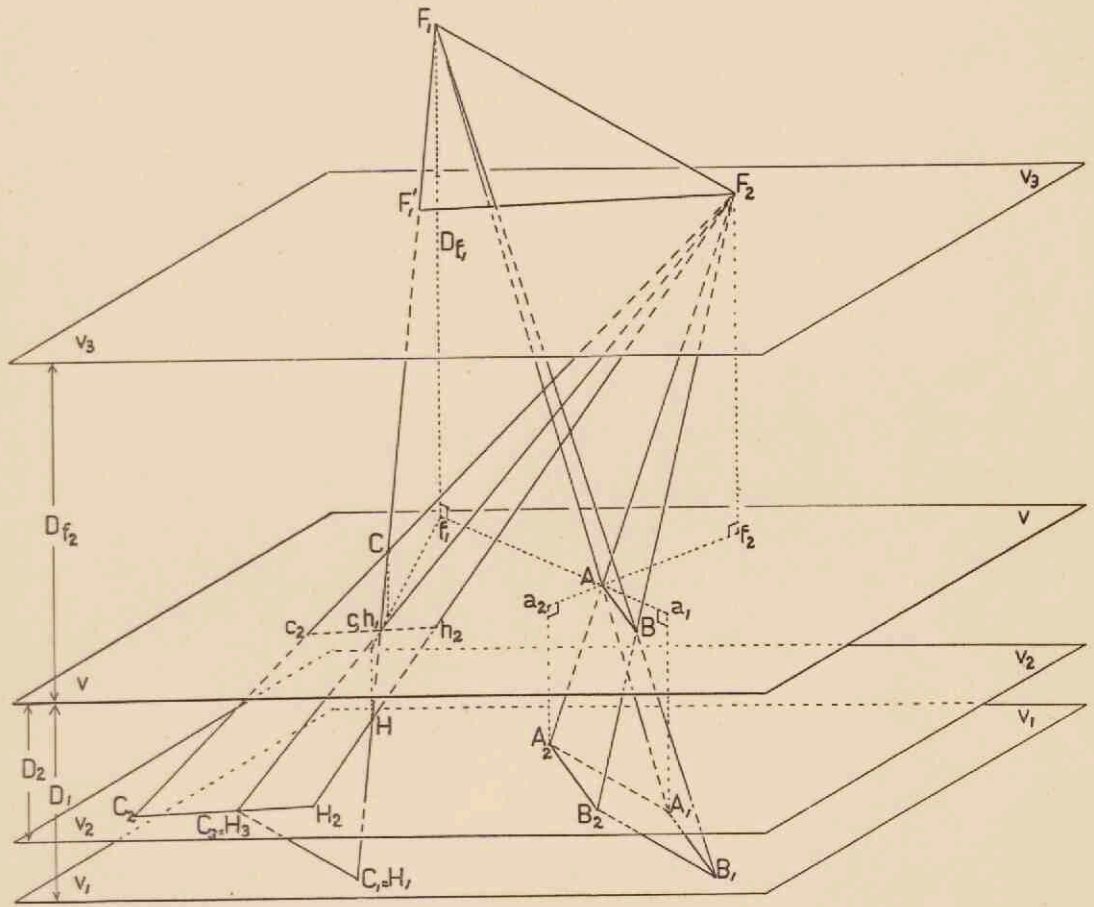


Fig. 3.

HOOFDSTUK III.

THEORETISCHE BESCHOUWINGEN.

A. Mathematische beschouwingen.

Zooals reeds is gezegd, moeten buis en plaat zoodanig worden bewogen, dat alleen de projecties van alle punten van het instelvlak op dezelfde plaats van de plaat blijven.

Om dit te verkrijgen is noodzakelijk:

1. dat de plaat een beweging evenwijdig aan zichzelf uitvoert (translatiebeweging ¹⁾), waarbij hij evenwijdig aan het instelvlak blijft.
2. dat de verhouding van de afstand van het focus tot het instelvlak en van de afstand van de plaat tot dat vlak constant blijft.
3. dat het focus, een willekeurig vast punt van het instelvlak en een vast punt van de plaat zich steeds in een rechte lijn blijven bevinden.

Dit kan op de volgende manier worden aangetoond.

Stel, dat in de figuur 3 het focus zich verplaatst van F_1 naar F_2 en beschouwen we allereerst het willekeurige punt A van het instelvlak v .

Zij v_1 het vlak evenwijdig aan v , waarin de plaat ligt, wanneer het focus zich in F_1 bevindt, dan is A_1 de projectie van A vanuit F_1 .

Is v_2 het vlak waarin de plaat zich bevindt, wanneer het focus in F_2 gekomen is, dan is op dat oogenblik A_2 de projectie van A .

In de figuur stelt f_1 de loodrechte projectie van F_1 op vlak v voor; f_2 die van F_2 ; a_1 die van A_1 en a_2 die van A_2 .

Brengen we door A_1F_1 een vlak loodrecht op v , dan zal dit v snijden volgens a_1f_1 .

Nu weten we dus: $F_1A : A A_1 = F_1f_1 : A_1a_1$.

zoo ook dat: $F_2A : A A_2 = F_2f_2 : A_2a_2$.

1) Onder translatie-beweging van een lichaam wordt hier verstaan een beweging evenwijdig aan zichzelf, of, juister gezegd, een beweging, waarbij alle punten zich ieder oogenblik in dezelfde richting en met dezelfde snelheid verplaatsen.

We hadden aangenomen, dat de verhouding van de afstand van het focus tot het instelvlak en van de afstand van de plaat tot dat vlak constant zou blijven, dus:

$$F_1 f_1 : A_1 a_1 = F_2 f_2 : A_2 a_2.$$

Dus: $F_1 A : A A_1 = F_2 A : A A_2.$

Hieruit volgt: $F_1 A : F_1 A_1 = F_2 A : F_2 A_2.$

Nemen we nu in het vlak v een willekeurig punt B aan, dan moeten we nog bewijzen, dat $B_1 B_2$ gelijk en evenwijdig is aan $A_1 A_2$ (wanneer B_1 de projectie van B op v_1 is en B_2 de projectie van B op v_2).

Wanneer dat bewezen is, is ook bewezen, dat de projectie van B op dezelfde plaats van de plaat blijft, daar deze een translatiebeweging uitvoert.

Bewijs: $A B$ is evenwijdig aan $A_1 B_1$ (twee evenwijdige vlakken gesneden door een derde vlak).

$A B$ is ook evenwijdig aan $A_2 B_2$.

$A_1 B_1$ is dus evenwijdig aan $A_2 B_2$.

Verder volgt uit de evenwijdigheid der lijnen, dat

$$A B : A_1 B_1 = F_1 A : F_1 A_1$$

en $A B : A_2 B_2 = F_2 A : F_2 A_2.$

We weten reeds:

$$F_1 A : F_1 A_1 = F_2 A : F_2 A_2,$$

dus: $A_1 B_1 = A_2 B_2,$

dus is ook $A_1 A_2$ gelijk en evenwijdig aan $B_1 B_2$. Hiermede is dus het gestelde bewezen.

Dat aan genoemde voorwaarden voldaan moet worden is gemakkelijk in te zien.

Immers had de plaat niet een translatiebeweging uitgevoerd, dan zouden niet zoowel A_1 en A_2 als B_1 en B_2 met dezelfde punten van de plaat overeen kunnen komen.

Was de verhouding van den afstand van het focus tot v en van de plaat tot v niet constant gebleven, dan zouden $A_1 B_1$ en $A_2 B_2$ niet gelijk gebleven zijn.

Als het focus, het punt A van vlak v , en het punt A_1 van de plaat, niet in een rechte lijn gebleven waren, dan had de projectie van het punt A zich over de plaat verplaatst.

Nu valt nog te bewijzen, dat de projectie van een willekeurig

punt C, dat buiten het vlak v gelegen is, zich ten opzichte van de plaat zal verplaatsen. (Hierop bestaat één vermijdbare uitzondering, die later besproken zal worden.)

Bevindt het focus zich in F_1 , dan zal de projectiestraal het vlak v snijden in het punt c_1 en het vlak v_1 in C_1 (C_1 is hier dus de projectie van C op het oogenblik, dat het focus zich in F_1 bevindt).

De projectiestraal vanuit F_2 zal het vlak v snijden in c_2 en het vlak v_2 in C_2 (C_2 is dus de projectie van C vanuit F_2).

Beschouwen we nu het punt c_1 van vlak v , dan zal de projectie daarvan zich niet ten opzichte van de plaat verplaatsen. (Deze is eerst gelegen in C_1 , en is voor de projectie vanuit F_2 in de figuur C_3 genoemd.) De lijn C_2C_3 stelt dus de verplaatsing van de projectie van C ten opzichte van de plaat voor.

Bij het bovenstaande is slechts de verplaatsing beschouwd, die focus en plaat ondergaan hebben, in een vrij groot willekeurig gekozen tijdsinterval. De tusschengelegen oogenblikken zijn daarbij niet in aanmerking genomen.

Welke verplaatsing hebben focus en plaat tusschen de twee gekozen tijdstippen ondergaan?

Het focus heeft zich verplaatst in de richting van F_1 naar F_2 en over den afstand F_1F_2 . Alle punten van de plaat hebben zich verplaatst over een afstand A_1A_2 en in gelijke richting.

We hebben reeds gezien, dat $F_1A : AA_1 = F_2A : AA_2$.

Hieruit volgt dus, dat $F_1F_2 // A_1A_2$,

en dat $F_1F_2 : A_1A_2 = F_1A : AA_1 = F_2A : AA_2$.

Twee tijdstippen van de beweging beschouwende, kunnen wij dus zeggen:

- 1e. Focus en plaat hebben zich verplaatst in dezelfde richting doch in tegengestelden zin.
- 2e. De verplaatsing van focus en plaat heeft plaats gehad over afstanden, die zich onderling verhouden als de afstand van het focus tot v en van de plaat tot v .

Verdeelen we de tijd in een oneindig aantal (oneindig kleine) intervallen, dan kan men de wegen, die in de oneindig kleine tijden afgelegd zijn, als rechte lijnen beschouwen. Voor ieder interval geldt dan het bovenstaande, zoodat men de voorwaarden voor de beweging van buis en plaat ook als volgt onder woorden kan brengen.

Opdat bij de röntgenographie de projecties van alle punten van

een bepaald vlak van het object steeds op dezelfde plaats van de plaat vallen, terwijl alle andere punten hun plaats van projectie steeds veranderen, moet, voor de beweging van focus en plaat, aan de volgende voorwaarden voldaan worden.

Focus en plaat moeten zich ieder oogenblik in gelijke richting (evenwijdig), doch in tegengestelden zin bewegen en wel met zoodanige snelheid, dat hun snelheden zich ieder oogenblik onderling verhouden als hun afstanden tot het genoemde vlak.

(Ook de verhouding tusschen deze afstanden blijft dus constant.)

Keeren we terug tot figuur 3 en beschouwen we het punt C, dan spreekt het vanzelf, dat de projectie van dit punt zich niet ten opzichte van de plaat zou verplaatsen, wanneer het focus zich in de richting $F_1 C$ bewogen zou hebben.

M.a.w. wanneer het focus zich in een door het object gaande rechte lijn zou bewegen, dan zouden ook de punten van het object, die in die lijn liggen, hun plaats van projectie niet veranderen.

We hebben een en ander bewezen voor een punt C, dat boven het vlak v ligt. Op dezelfde manier is dat ook gemakkelijk te bewijzen voor een punt, bijv. punt D, dat aan de andere kant van vlak v ligt.

Hoe groot is nu de afstand $C_2 C_3$, d.i. de afstand waarover de projectie van het punt C zich verplaatst?

Brengen we door F_2 nog het vlak v_3 evenwijdig aan vlak v aan, dan zal de projectiestraal vanuit F_1 dit vlak snijden in het punt F'_1 .

Stellen we de afstand van v_1 tot v voor door D_1
 die van v_2 tot v „ „ D_2
 „ „ F_1 tot v „ „ D_{f1}
 „ „ F_2 tot v „ „ D_{f2}
 „ „ C tot v „ „ D_c

dan kunnen we de lengte van $C_2 C_3$ uitdrukken in deze waarden en de lengte van $F'_1 F_2$.

Gezien de evenwijdigheid van de vlakken, kunnen we zeggen:

$$C_2 C_3 : c_1 c_2 = C_2 F_2 : c_2 F_2 = (D_2 + D_{f2}) : D_{f2}$$

$$\text{dus } C_2 C_3 = c_1 c_2 \frac{D_{f2} + D_2}{D_{f2}}$$

$$c_1 c_2 : F'_1 F_2 = C c_1 : C F'_1 = D_c : (D_{f2} - D_c)$$

$$\text{dus } c_1 c_2 = F'_1 F_2 \frac{D_c}{D_{f2} - D_c}$$

$$\text{dus } C_2C_3 = F'_1F_2 \frac{D_c (D_{f2} + D_2)}{(D_{f2} - D_c) D_{f2}}$$

Heeft de beweging van het focus plaats evenwijdig aan v , dan zal F'_1F_2 samenvallen met F_1F_2 .

Indien we D_{f1} en D_{f2} , die in dat geval gelijk zijn, voorstellen door D_f , en D_1 en D_2 , die ook gelijk zijn, door D_v , dan kunnen we schrijven:

$$C_2C_3 = F_1F_2 \frac{D_c (D_f + D_v)}{D_f (D_f - D_c)}$$

Bij een beweging van focus en plaat evenwijdig aan het instelvlak weten we dus:

Wordt het focus over een bepaalde afstand verplaatst, dan zullen de projecties van de niet in het instelvlak liggende punten van het object zich over verschillende afstanden ten opzichte van de plaat verplaatsen, al naar de grootte der afstanden, waarop genoemde punten zich van het instelvlak bevinden.

De lengte van de weg, waarlangs de projecties zich ten opzichte van de plaat verplaatsen, zal ongeveer evenredig zijn met de afstanden van de geprojecteerde punten tot het instelvlak.

Voor een bepaald punt zal deze verplaatsing evenredig zijn met de verplaatsing van het focus.

Aangezien C_2C_3 evenwijdig is aan F_1F_2 , zal de verplaatsing van de projectie over de plaat steeds evenwijdig geschieden aan de verplaatsing van het focus, en wel *tegengesteld* aan de beweging van het focus indien C *boven*, en in *denzelfden* zin, wanneer C *beneden* het instelvlak ligt.

De figuur, die door de projectie op de plaat beschreven wordt, zal dus gelijkvormig zijn aan de figuur welke het focus beschrijft. De grootte zal evenredig zijn met:

$$\frac{D_c (D_f + D_v)}{(D_f - D_c) D_f}$$

In deze formule stelt D_c de afstand van het beschouwde punt tot het instelvlak voor, D_f de afstand van het focus tot het instelvlak en D_v de afstand van de plaat tot het instelvlak.

Voor een punt H aan de andere kant van het vlak v , dat ook op de lijn $F_1 C$ ligt, dus waarvan de projectie h_1 samenvalt met c_1 , en waarbij H_3 samenvalt met C_3 kunnen we zeggen:

$$H_2H_3 : h_1h_2 = H_2F_2 : h_2F_2 = (D_2 + D_{f2}) : D_{f2}$$

$$\text{dus: } H_2H_3 = h_1h_2 \frac{D_2 + D_{f2}}{D_{f2}}$$

$$h_1h_2 : F_1'F_2 = Hh_2 : HF_2 = D_h : (D_{f2} + D_h)$$

(D_h stelt voor de afstand van H tot v.)

$$\text{dus: } h_1h_2 = F_1'F_2 \frac{D_h}{D_{f2} + D_h}$$

$$\text{dus } H_2H_3 = F_1'F_2 \frac{D_h (D_2 + D_{f2})}{(D_{f2} + D_h) D_{f2}}$$

of voor een beweging evenwijdig aan v : $H_2H_3 = F_1F_2 \frac{D_h (D_f + D_v)}{(D_f + D_h) D_f}$

$$\text{Nu zal dus: } \frac{C_2C_3}{H_2H_3} = \frac{F_1'F_2 \frac{D_c (D_{f2} + D_2)}{(D_{f2} - D_c) D_{f2}}}{F_1'F_2 \frac{D_h (D_{f2} + D_2)}{(D_{f2} + D_h) D_{f2}}} = \frac{D_c (D_{f2} + D_h)}{D_h (D_{f2} - D_c)} \text{ zijn.}$$

Indien $D_c = D_h = D$, dan zal $\frac{C_2C_3}{H_2H_3} = \frac{D_{f2} + D}{D_{f2} - D}$ zijn.

Bij een beweging evenwijdig aan v zal $\frac{C_2C_3}{H_2H_3} = \frac{D_f + D}{D_f - D}$ zijn.

B. Vorm van de banen, die door focus en plaat moeten worden doorlopen.

Uit het bovenstaande blijkt, dat men de meest verschillende bewegingsvormen zou kunnen kiezen.

Het meest voor de hand liggend is wel om focus en plaat rond te bewegen in een vlak evenwijdig aan het vlak van doorsnede. Men zou de beweging weliswaar ook kunnen kiezen in een rechte lijn, bijvoorbeeld loodrecht op dat vlak en dan natuurlijk zoodanig, dat de afstanden van focus en plaat tot dat vlak evenredig blijven. Zooals we echter gezien hebben, blijven dan de projecties van alle punten, die in deze lijn liggen, op dezelfde plaats van de plaat; m.a.w. zij worden scherp afgebeeld. Hetzelfde geldt, zij het in mindere mate, voor alles, wat dicht bij deze lijn ligt.

Tracht men theoretisch af te leiden, welke bewegingsvorm de beste is, dan gelden de volgende overwegingen.

De projecties van de onderdeelen, die buiten het vlak van doorsnede, dus buiten het instelvlak liggen, moeten zich gedurende de

belichting zooveel mogelijk over de plaat rondbewegen en wel zoo gelijkmatig mogelijk over de doorloopen oppervlakte verdeeld. Iedere beweging, niet evenwijdig aan het vlak van doorsnede, is daarbij van minder waarde, zooals in het vorige hoofdstuk gebleken is. We hebben zelfs gezien, dat bij een beweging niet evenwijdig aan het vlak van doorsnede, de kans bestaat, dat de projectie van een onderdeel van het object, dat buiten het vlak van doorsnede ligt, zich toch eenigen tijd niet over de plaat verplaatst, doordat het juist in de bewegingsrichting ligt. In dat geval zou er dus een scherp beeld van gevormd worden. Hieruit volgt reeds, dat in ieder geval een beweging nagenoeg evenwijdig aan het vlak van doorsnede het beste zal zijn. (Men zou nu nog een beweging in een plat vlak, of een in een bol-oppervlak kunnen toepassen. Bij onze constructie bleek het eenvoudiger te zijn een beweging in een plat vlak te kiezen.)

Welke weg moet in dit vlak doorloopen worden?

In de voorafgaande beschouwingen is door mij reeds afgeleid, dat de baan, die door de projectie van een punt buiten het vlak van doorsnede doorloopen wordt, gelijkvormig is aan de baan, die door het focus doorloopen wordt. (Bij beweging evenwijdig aan v.) Zie fig. 3.

Het blijkt, dat een spiraalbeweging wel de beste vervaging geeft. In de eerste plaats zullen de in den tijd opeenvolgende projectiebeelden op de meest gunstige manier over het doorloopen vlak van de plaat verdeeld worden. Verder is van voordeel, dat in een spiraal geen gedeelten voorkomen, die tot een rechte lijn naderen. Immers, beweegt het focus zich eenigen tijd volgens een rechte lijn, dan bestaat de kans, dat de in dezelfde richting rechtlijnig begrensde schaduwen een ongewenscht scherp beeld vormen.

(Ook bij beweging volgens een gebogen lijn kan men van onderdeelen buiten het vlak van doorsnede nog wel scherp begrensde schaduwbeelden krijgen, wanneer deze onderdeelen door regelmatige lijnen begrensd zijn.)

C. De uitgestrektheid der beweging. Vergelijking van het planigram met het gewone röntgenogram.

Nemen we dus aan, dat een spiraalbeweging in een vlak, even-

wijdig aan het instelvlak, het beste is, dan blijft nog de vraag, over welke uitgestrektheid het focus het beste bewogen kan worden.

Dit hangt er van af, hoeveel men ook van de naaste omgeving van het instelvlak nog in beeld wil brengen. Bij zeer geringe beweging zal de vervaging pas van belang worden voor punten van het object, die ver van het instelvlak verwijderd liggen. Een betrekkelijk breede zône zal dus practisch scherp blijven.

Kiest men de bewegingsuitslag steeds grooter, dan zal het gedeelte dat scherp afgebeeld wordt, steeds smaller worden, totdat men tenslotte een doorsnedebeeld krijgt. De scherpte van de omtrekken zal echter van aard veranderen, zooals hieronder nader zal worden uiteengezet. Men zal bij grooter uitslag ook meer te zien krijgen van de grensvlakken, die door het instelvlak gesneden worden; ook dit zal bij de hieronder volgende theoretische afleidingen blijken.

Bij de behandeling van de bovengenoemde vraagstukken kunnen we het beste uitgaan van de vergelijking van het normale röntgenbeeld, met het beeld dat verkregen wordt met de planigraphie (planigram).

Bij de gewone röntgenographie ontstaat een beeld dat bestaat uit verschillende zwartingsgraden, al naar gelang meer of minder stralen geabsorbeerd worden op hun weg door het voorwerp, dat wordt afgebeeld.

Onder de zwarting van een photographische plaat of film wordt hier, zooals gebruikelijk, verstaan de logarithme van het getal, dat aangeeft, hoeveel maal een doorvallende lichtbundel wordt verzwakt, of m.a.w., het verschil der logarithmen van de intensiteit van opvallende en doorgaande straling.

Wordt dus door een photographische plaat of film op een bepaalde plaats $\frac{1}{10}$ van de opvallende lichtstralen doorgelaten, dan is de zwarting op die plaats $\log. 10 = 1$. Wordt $\frac{1}{100}$ doorgelaten, dan is de zwarting $\log. 100 = 2$, enz.

Nu blijkt bij de röntgenographie de zwarting ongeveer evenredig te zijn met de logarithme van de bestralingsenergie (dus bij constante belichtingstijd met de bestralingsintensiteit).

Gebruikt men een volkomen homogene straling, dan zou de logarithme van de door het object gaande (dus niet geabsorbeerde) straling omgekeerd evenredig zijn met de doorloopen dikte van het (homogeen gedachte) object.

Aangezien de in de praktijk gebruikte stralenmengsels altijd bestaan uit een mengsel van harde en zachte stralen, en deze laatste reeds grootendeels in de dunne (meer doorgankelijke) gedeelten van het object geabsorbeerd worden, zal dus ook de logarithme van de doorgaande straling niet omgekeerd evenredig zijn aan de doorloopen dikte.

Ook de zwarting zal dus niet nauwkeurig omgekeerd evenredig zijn.

Toch bestaat er een regelmatig verband tusschen de dikte (doorgankelijkheid) van het object, en de zwarting van de plaat, zoodat ik hierna de verschillen in doorloopen dikte en de verschillen in zwarting niet streng gescheiden zal behandelen.

In elk röntgenogram zijn de grenzen tusschen de verschillende zwartingsgebieden datgene waar het op aan komt.

Bij de gewone röntgenographie worden, zooals bekend, scherpe zwartingsgrenzen daar waargenomen, waar de stralen als raaklijn raken aan het grensooppervlak tusschen twee gedeelten van het object, die een verschillende absorptie-coëfficiënt hebben.

Bij de voorwerpen uit de figuren 4a en 4b, zal men dus een scherpe grens zien, die gevormd is door het gedeelte x van het grensvlak. Bij dat uit de volgende figuur (4c) zal men twee scherpe

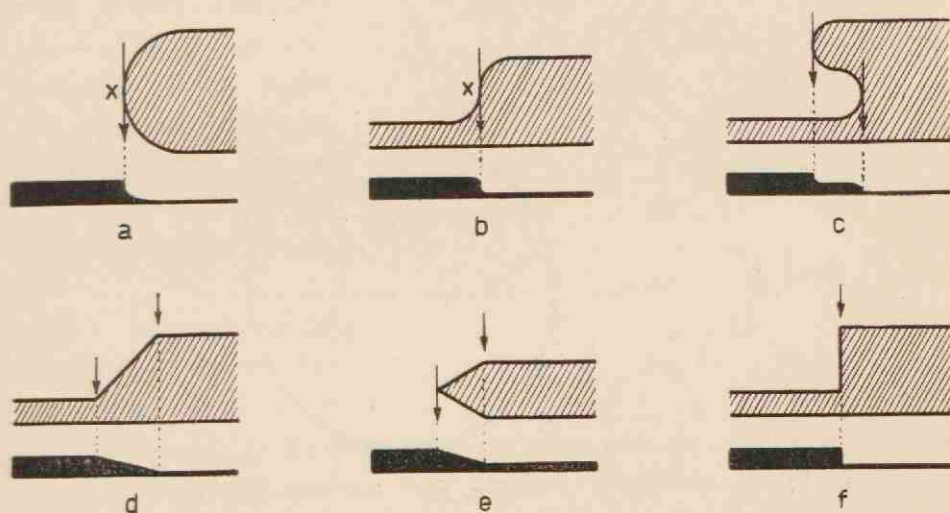


Fig. 4.

grenzen waarnemen. Bij de voorwerpen uit fig. 4d en 4e ziet men echter geen scherpe grens, terwijl bij het voorwerp uit fig. 4f eerst recht een scherpe grens zal ontstaan. Wordt dit voorwerp echter in schuine richting geprojecteerd, dan zal men weer geen scherpe grens zien, we hebben dan weer het geval uit fig. 4d voor ons. Zooals men ziet, zijn in de figuur de zwartingen graphisch voorgesteld.

Bij de planigraphie zullen uit den aard der zaak alleen die plaat-

sen der grensvlakken een scherpe zwartingsgrens op de plaat kunnen vormen, welke in het instelvlak liggen.

Daarbij krijgt men van het in het instelvlak liggende gedeelte van het grensvlak alleen dan een scherp beeld, wanneer de projectiestraal bij de beweging van de buis in het voorbijgaan eraan raakt.

Dit zal in het volgende hoofdstuk aangetoond worden.

Van het grensvlak uit figuur 5 zal men dus, wanneer het focus tusschen F_1 en F_2 bewogen wordt, een scherp beeld krijgen bij instelling op vlak v ; nog juist een scherp beeld bij instelling op vlak w , en geen scherp beeld meer bij instelling op vlak x .

Iets dergelijks ondervindt men bij de microphotographie. Beschouwen we in fig. 5 de cirkel tusschen F_1 en F_2 als de grens van

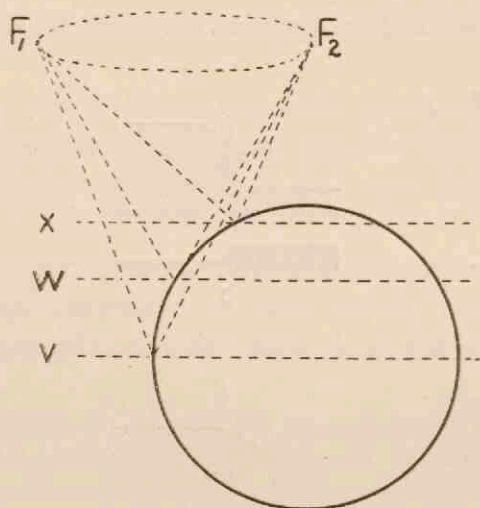


Fig. 5.

de stralen, die nog juist in het objectief vallen en het bolvormig grensvlak als het grensvlak van een celkern bijvoorbeeld, dan zal men bij instelling op vlak v nog een scherpe afgrenzing der celkern zien, bij w ook nog; stelt men echter nog hooger in, dan ziet men de scherpe grens plotseling verdwijnen.

D. De scherpthe van het planigram.

Van welke aard is de scherpthe die men bij de planigraphie verkrijgt?

Het antwoord op deze vraag kan langs theoretischen weg afgeleid worden.

Stel, dat van het voorwerp A uit figuur 6 een planigram gemaakt moet worden en dat ingesteld wordt op het vlak v. (Dit vlak moet loodrecht op het vlak van teekening gedacht worden en het voorwerp als zijnde homogeen in de richting loodrecht op het vlak van teekening).

Stel, dat het focus gedurende de opname zoodanig van links naar rechts bewogen wordt, dat de projectiestralen eerst onder een hoek van 45° van links invallen, totdat ze onder een hoek van 45° van rechts invallen.

We kunnen nu in graphische voorstellingen weergeven, over

welke afstand de stralen het voorwerp moeten doordringen, voor ze opeenvolgende punten van de plaat bereiken. Deze graphische voorstellingen zijn in het midden van de figuur aangegeven en wel bovenaan voor een invalshoek van 45° met de verticaal, daaronder voor een hoek van 30° , enz. Het resultaat van de beweging van de buis tijdens de opname is dus het zelfde, alsof men achtereenvolgens op dezelfde plaat, met verticale projectie, voorwerpen had opgenomen, die de vorm hadden als door de graphische voorstellingen in het midden van de figuur is weergegeven. (In de figuur zijn maar eenige oogenblikken van de beweging beschouwd. Natuurlijk gaat het om een oneindig aantal.)

Het resultaat van de geheele opname verkrijgen we dus door de middelste figuren te integreren. We krijgen dan de figuur D.

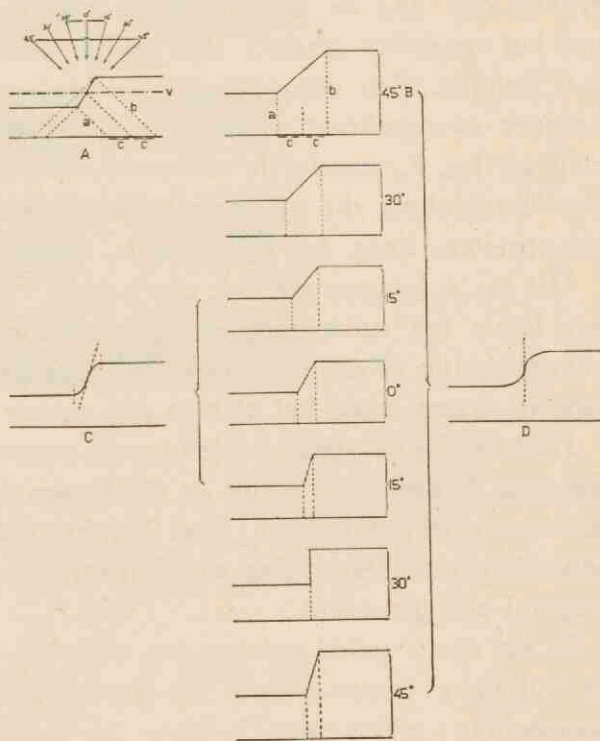


Fig. 6.

Er wordt dus op de plaat een zwartingsgrens gevormd, zooals we die zouden krijgen bij verticale projectie van een voorwerp, als door figuur 6 D voorgesteld.

Was de beweging gekozen tusschen 15° van links en 15° van rechts, dan had de projectiestraal niet aan het schuine grensvlak van het voorwerp geraakt. We zouden dan bij integreeren de figuur 6 C krijgen. Een dergelijk dikteverloop geeft geen scherpe grens, hetgeen overeenkomt met wat vroeger reeds vermeld is. Dit is te zien uit fig. 7, waarin de röntgenogrammen zijn weergegeven van paraffineblokjes, die de vorm hebben, zooals in fig. 6 C en 6 D is aangegeven; links met horizontale, rechts met verticale projectie.

Uit fig. 6 kunnen we ook een nadeel van de cirkelbeweging van het focus ten opzichte van de spiraalbeweging afleiden. Bij de bovenstaande afleiding is eenvoudig gesproken van een beweging van het focus, alsof het zich in een rechte lijn bewoog.

Had het focus tusschen de uiterste punten een cirkel beschreven, dan zou de projectie vanuit de richtingen 45° van links en 45° van rechts overwogen hebben. Had het focus daarentegen een spiraalbeweging beschreven, dan zou de projectie vanuit het midden overwegend zijn geweest.

In het eerste geval zouden dus voor het eindresultaat in figuur 6 de buitenste componenten (de bovenste en onderste graphische voorstelling) overwogen hebben; in het tweede geval de andere componenten.

Het is zonder meer duidelijk, dat in het laatste geval de integraal gunstiger uitvalt. (Het onderscheid tusschen beide gevallen zou nog grooter geweest zijn, wanneer het af te beelden grensvlak minder van de hoofdprojectierichting afweek, waarbij dus de meest gunstige component meer in het midden van de serie B (fig. 6) gelegen zou hebben.)

In het algemeen zal dus het zwartingsverloop op de grenzen tusschen twee verschillende zwartingen bij de planigraphie gunstiger zijn bij spiraalbeweging dan bij cirkelbeweging.

In het gunstigste geval krijgen wij bij de planigraphie op de grens tusschen twee zwartingen in het midden een scherpe grenslijn, maar daaraan aansluitend aan de kant van de sterkste zwarting een lichte hof, en aan de kant van de geringste zwarting een donkere hof.

Aangezien het contrastonderscheid op de grenslijn ongunstiger is dan bij de gewone röntgenographie, zal men dus goed doen, bij de planigraphie film-materiaal met een steile gradatiecurve te kiezen.

Hoe men het planigraphisch beeld nog duidelijker kan maken, zal in hoofdstuk IV G beschreven worden.

E. De invloed van de uitgestrektheid van de beweging op de scherpte van het planigram.

Stel, dat van het voorwerp, waarvan in figuur 8a de zijdelingsche projectie is weergegeven, en dat men zich in de richting loodrecht

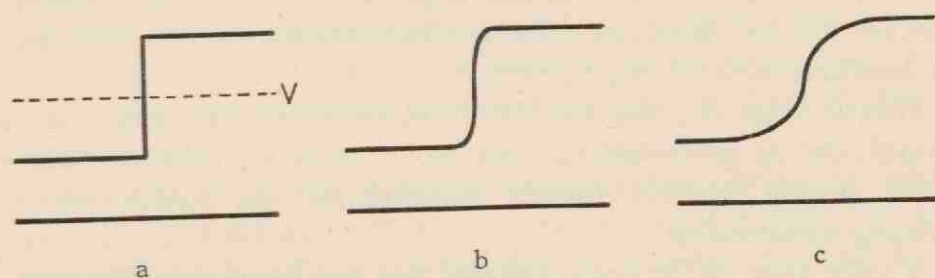


Fig. 8.

op het projectievlak gelijkvormig moet denken, planigrammen worden gemaakt met instelling op het vlak v , terwijl de *hoofdprojectierichting* ¹⁾ verticaal gekozen is. Wordt de beweging van het focus gering gekozen, dan zal men een resultaat krijgen, alsof een voorwerp zoals in fig. 8b is aangegeven, met gewone projectie (stilstaand focus) werd afgebeeld. Wordt de bewegingsuitslag grooter gekozen, dan zal een zwartingsverloop ontstaan overeenkomend met fig. 8c. In het laatste geval zal het zwartingsverloop ongunstiger zijn.

Wat dit betreft, zou men dus de bewegingsuitslag altijd klein moeten kiezen. Wij hebben echter gezien, dat de projectiestraal gedurende de opname (als raaklijn) geraakt moet hebben aan het

1) Onder hoofdprojectierichting zal in het vervolg worden verstaan de projectierichting vanuit het centrum (het zwaartepunt) van het vlak dat gedurende de opname door het focus wordt doorlopen.

Dus bij beweging in een cirkelvormig vlak, vanuit het middelpunt van dien cirkel.

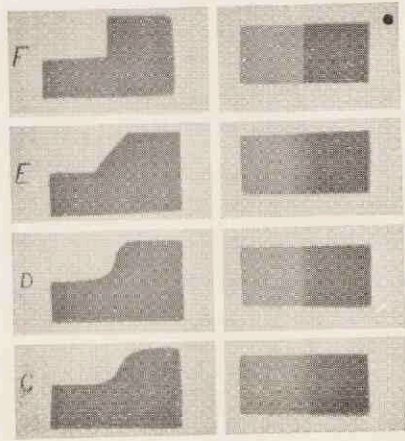


Fig. 7.

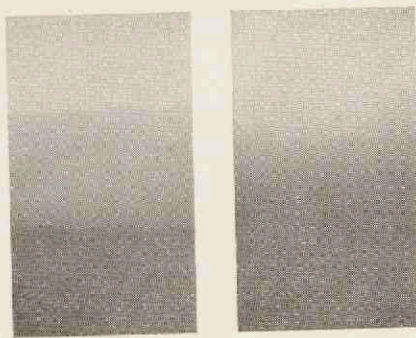


Fig. 11.

Vervaging van de grens tusschen twee filters, links bij cirkelbeweging, rechts bij spiraalbeweging.

grensvlak tusschen verschillend absorbeerende gedeelten, wil men een scherp beeld krijgen. Hoe kleiner dus de bewegingsuitslag, des te minder grensvlakken zullen nog scherp worden afgebeeld, totdat tenslotte alleen een scherpe grenslijn gevormd zal worden door de grensvlakken, die naar één punt, het nu stilstaande focus gericht zijn.

Intusschen zullen de grensvlakken, die verder van het instelvlak liggen, steeds scherper grenslijnen gaan vormen.

Hoe kleiner dus de bewegingsuitslag van het focus is, des te scherper en fraaier zal het beeld worden van onderdeelen van het object, die (in het instelvlak) begrensd worden door vlakken, die in de hoofdprojectierichting vallen.

Daarentegen zal steeds minder afgebeeld worden van de grensvlakken (in het instelvlak), die een betrekkelijk grooten hoek met de hoofdprojectierichting vormen.

Hieruit volgt dus, dat men bij de plaatsing van het object moet zorgen, dat de grensvlakken, voor zoover ze in het instelvlak afgebeeld moeten worden, zooveel mogelijk met de hoofdprojectierichting samenvallen.

Verder moet de bewegingsuitslag dan zoo klein mogelijk genomen worden.

Daar over het algemeen in ieder object de verschillende vlakken vrij veel in richting verschillen, zal men meestal met een geringe beweging niet kunnen volstaan.

Bij dit al bedenke men, dat bij kleinere bewegingsuitslag de vervaging minder wordt.

F. Wat in het planigram zichtbaar wordt.

Bij de bespreking van wat men in het planigram te zien krijgt, is weer het belangrijkste het planigram met sterke vervaging. Immers de beelden met weinig vervaging (geringe beweging van het focus) zullen alleen daarin van het gewone röntgenogram verschillen, dat men een minder scherp en daardoor ook minder storend beeld heeft, van wat zich op grootere afstand van het instelvlak bevindt. Zij leveren dus verder geen moeilijkheden op.

Zooals reeds gezegd, ziet men in het planigram alleen de snijlijn van die grensvlakken met het instelvlak, die op die plaats een niet al te groote hoek met de hoofdprojectie-richting vormen. De pro-

jectiestraal moet in het voorbijgaan aan het grensvlak geraakt hebben.

De resultaten van proeven hieromtrent zijn in fig. 24 (blz. 46) weergegeven.

Van het object uit deze figuur, dat bestaat uit aluminium lamellen van 2 c.m. breedte, welke men zich loodrecht op het vlak van teekening moet denken, terwijl de holten gevuld zijn met paraffine, is bij A een gewoon röntgenogram weergegeven en bij B een planigram, dat gemaakt is met V als instelvlak.

Bij deze proefneming bleek, dat de O-vormige lamel in het planigram veel scherper lijnen opleverde dan de lamellen x en y, terwijl z in het geheel geen scherp beeld meer gaf, daar deze lamel te veel van de hoofdprojectierichting afweek. Inderdaad blijken in het planigram die grensvlakken de duidelijkste lijn te vormen, welke zich, vanaf het instelvlak gerekend, nog ver in dezelfde richting voortzetten.

Nu is het de vraag, of men in het planigram uitsluitend datgene scherp afgebeeld ziet, wat in het instelvlak ligt. Dit blijkt niet altijd het geval te zijn. Het is noodzakelijk dit te weten, teneinde bij het duiden geen fouten te maken.

Men ziet namelijk, dat sterk absorbeerende gedeelten van het object ook nog beelden kunnen geven, wanneer ze niet in het instelvlak liggen.

Maakt men bijvoorbeeld van het object uit fig. 9 dat zoo ongun-

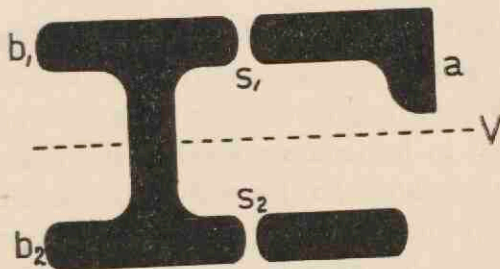


Fig. 9.

stig mogelijk is gekozen, en dat schematisch in doorsnede is aangegeven, een planigram (met V als instelvlak), dan zullen de spleten S_1 en S_2 samen een lijn in het beeld vormen, omdat de röntgenstralen slechts korten tijd ongehinderd kunnen doorgaan.

Gedurende dezen korten tijd zal de plaat zich weinig verplaatsen, zoodat nog een vrij scherp (ongewenscht) beeld ontstaat.

Verder zal ook van het vlak a een beeld gevormd worden, omdat in het schaduwbeeld, dat op de plaat gevormd wordt, gedurende korten tijd een zeer groot contrast bestaat.

Ook de vlakken b_1 en b_2 zullen een vrij scherpe lijn kunnen vormen, wanneer het absorptieverschil tusschen het voorwerp en de omgeving groot is.

Om bovengenoemde redenen zullen bijvoorbeeld tandenrijen op het planigram, met als instelvlak het mediane vlak van den schedel, vrij scherpe grenslijnen kunnen vormen, hoewel ze zelf niet in het instelvlak liggen.

Het behoeft tenslotte nauwelijks gezegd te worden, dat zeer kleine onderdeelen van het object, die in het instelvlak liggen (bijv. beenbalkjes) op dezelfde manier zullen worden afgebeeld als in het gewone röntgenogram.

Hierdoor kan men soms merkwaardige resultaten krijgen. Vormt bijvoorbeeld het schedeldak ter hoogte van het instelvlak een groote hoek met de hoofdprojectierichting, dan ziet men in het planigram wel de beenbalkjes afgebeeld, doch niet de beide tabulae (externa en interna).

G. De invloed van den stand van de plaat op den stand van het vlak van doorsnede.

Hoewel onderstaand geval eigenlijk al in het voorgaande (Hoofdstuk III A) onder oogen gezien is, is het met het oog op het praktische belang toch goed nog eens na te gaan, wat er gebeurt, wanneer focus en plaat in horizontale vlakken bewogen worden, doch de plaat een bepaalde hoek (α) met het horizontale vlak maakt.

Stel, dat in fig. 10 focus en plaat zoodanig bewogen worden, dat, wanneer het focus van F_1 naar F_2 bewogen wordt, twee punten A en B van de plaat zich verplaatsen van A_1 en B_1 naar A_2 en B_2 . In het punt A van de plaat is dan de projectie van a op dezelfde plaats gebleven (daar de plaat zich evenwijdig aan het focus beweegt is $A_1 A_2$ evenwijdig aan $F_1 F_2$, dus de verbindingslijnen $F_1 A_1$ en $F_2 A_2$ zullen elkaar snijden). Zoo is in het punt B van de plaat de projectie van b op dezelfde plaats gebleven.

Aangezien $A_1A_2 \parallel B_1B_2 \parallel F_1F_2$, weten we
 $A_1a : aF_1 = A_1A_2 : F_1F_2$
 en $B_1b : bF_1 = B_1B_2 : F_1F_2$
 $A_1A_2 = B_1B_2$ (translatiebeweging), dus:
 $A_1a : aF_1 = B_1b : bF_1$,
 dus $(A_1a + aF_1) : aF_1 = (B_1b + bF_1) : bF_1$,
 of $A_1F_1 : aF_1 = B_1F_1 : bF_1$,
 dus $A_1B_1 \parallel ab$ en $ab : A_1B_1 = F_1a : F_1A_1$.

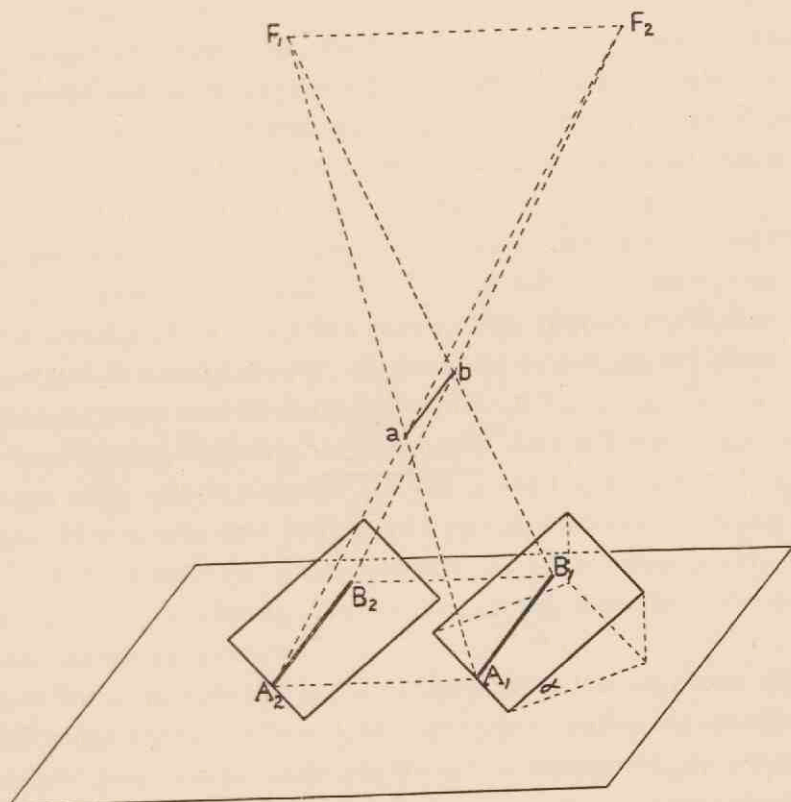


Fig. 10.

Aangezien de punten A en B, dus daardoor ook de punten a en b willekeurig gekozen zijn, kunnen we dus zeggen, dat hetzelfde zal gelden voor alle punten in het vlak dat door a gaat en evenwijdig aan de plaat is.

De ligging van dit vlak is eenvoudig te bepalen, immers:

$$\frac{\text{de afstand van het vlak tot de plaat}}{\text{de afstand van het focus tot de plaat}} = \frac{aA_1}{aF_1} = \frac{A_1A_2}{F_1F_2}$$

Zooals reeds gezegd, was een aparte afleiding hier eigenlijk niet noodig geweest, aangezien wij hier weer het algemeene geval voor ons hebben, zooals dat in fig. 3 is aangegeven.

Het is dus mogelijk, om bij horizontale beweging van buis en plaat een vlak scherp af te beelden, dat een bepaalden hoek met de horizontale maakt, door de plaat onder denzelfden hoek met de horizontale te plaatsen.

HOOFDSTUK IV.

TECHNISCHE UITVOERING.

A. Voorloopige proefnemingen.

Het was van belang om vóór de keuze tusschen een aantal technische mogelijkheden nog eens practisch na te gaan, welke beweging van buis en plaat de meest gunstige zou zijn. Een cirkelbeweging, of een rechtlijnige beweging bijvoorbeeld, zou veel eenvoudiger geweest zijn dan een spiraalbeweging.

Om een en ander vooraf te onderzoeken, hebben wij voorloopige proeven genomen, waarbij de afstand van het instelvlak tot de plaat oneindig klein genomen werd. Het object werd dus volgens het instelvlak doorgesneden en de helft ervan op de plaat gelegd. Hierboven werd dan de buis bewogen.

Symmetrische objecten, bijvoorbeeld den schedel, kan men volgens het vlak van symmetrie (in dit geval het mediane vlak) doorsnijden. Het is dan met behulp van symmetrieoverwegingen gemakkelijker na te gaan, dat men volgens de hier aangegeven wijze te werk gaande, resultaten krijgt, die geheel met die van de planigraphie overeenstemmen.

Daar bij deze voorloopige proefnemingen het vlak van doorsnede onmiddellijk tegen de film komt te liggen, zullen de aangrenzende gedeelten dus zeer scherp afgebeeld worden. Bij de planigraphie bestaat altijd eenige afstand tusschen het instelvlak en de film. Dit geeft een verschil in scherpte ten voordeele van de voorloopige proefnemingen, waarmee bij de beoordeeling natuurlijk rekening moet worden gehouden.

In plaats van de buis ten opzichte van het stilstaande object te bewegen, hebben wij het object ten opzichte van de stilstaande buis bewogen, wat natuurlijk geheel op hetzelfde neerkomt. Een cirkelbeweging van de buis ten opzichte van het object werd nagebootst, door het object met plaat (film) op de draaischijf van een gramofoon rond te draaien en de buis stil daarboven te laten staan. Hoe

verder men het focus buiten de draaiingsas brengt, des te groter zal de doorsnede van den cirkel zijn, die door het focus ten opzichte van het object beschreven wordt. Zoo konden dus cirkelbewegingen met verschillende straal onderzocht en vergeleken worden.

Om het resultaat van een spiraalbeweging na te gaan werd het focus gedurende de draaiing bewogen in een richting loodrecht op de as. Zoo kon dus worden nagegaan de invloed van het aantal doorloopen spiraalwindingen, van het uitvallen van de middelste spiraalwindingen, van de snelheid waarmee de buis zich in verschillende windingen bewoog, enz.

Bij deze proefnemingen bleek, dat de spiraalbeweging groote voordeelen heeft boven de cirkelbeweging, daar bij de laatste bewegingsvorm nog cirkelvormige schaduwen van onderdeelen buiten het instelvlak gevormd worden, die bij spiraalvormige beweging meer verdeeld worden.

Stel bijvoorbeeld, dat men een afbeelding van de mediane doorsnede van een skeletschedel wil maken, en dat in de zijwand van het schedeldak een spijkertje zit. Bij een cirkelbeweging zal de schaduw van dit spijkertje op de plaat een cirkelvormige baan beschrijven. Bij een spiraalbeweging zal de schaduw op de plaat een spiraal doorloopen. Nu kan men een spiraalvormige baan gemakkelijker langer laten zijn dan een even wijde cirkelbaan. Bij een spiraalbeweging kan de schaduw dus over een langere baan (groter oppervlak) op de plaat verdeeld worden. We zullen daardoor een minder hinderlijk beeld krijgen.

Iets dergelijks kunnen we aantonen voor een buiten het instelvlak gelegen grens, tusschen een meer en minder absorbeërend gedeelte van het object.

Bij cirkelbeweging zal de schaduwgrens zich tusschen twee bepaalde uiterste standen heen en weer bewegen. Bij een spiraalbeweging veranderen deze uiterste standen; wanneer de spiraal van buiten naar binnen wordt doorloopen, komen zij steeds dichter naar elkaar toe.

In fig. 11 (blz. 20) ziet men de vervaagde grens tusschen de röntgenshaduwen van twee aluminium filters, resp. van $1\frac{1}{2}$ en $4\frac{1}{2}$ m.m. dikte, en wel links bij cirkel- en rechts bij spiraalvormige beweging.

Later zal nog een belangrijk voordeel van de spiraalbeweging boven de cirkelbeweging door mij afgeleid worden.

B. Korte beschrijving van het toestel.

Het door ons gebruikte apparaat is zoo geconstrueerd, dat men het focus elke gewenschte beweging kan laten uitvoeren, en dat de plaat dan gedwongen wordt een hiermede overeenkomende beweging uit te voeren.

Wij gebruiken een gewone röntgentafel, waarbij de buis en het statief in alle richtingen in het horizontale vlak bewogen kunnen worden.

De beweging van de buis wordt van de arm, waaraan zij bevestigd is, door een enkele hefboom overgebracht op het blad, waarop de cassette gelegd wordt. Dit blad kan ook weer in alle richtingen in het horizontale vlak bewogen worden, terwijl een draaiing om een verticale as onmogelijk is.

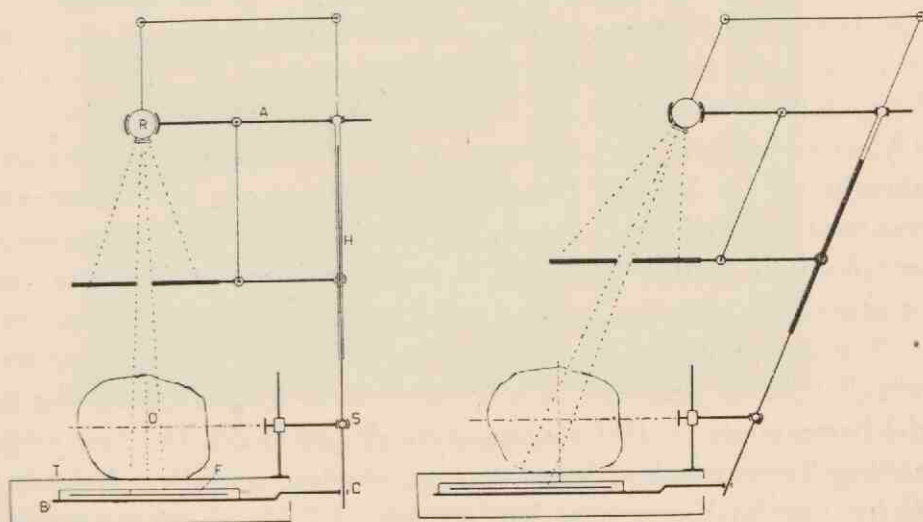


Fig. 12. Planigraaph (schematisch).

R. Röntgenbuis. A. Arm van het statief, dat de röntgenbuis draagt. O. Object. T. Onderlaag. F. Röntgenfilm. B. Bewegend blad. H. Hefboom, die de beweging van de buis (het statief) op dit blad B overbrengt. S. Verstelbaar steunpunt waarom de hefboom H. kantelt.

In fig. 12 is de werking van het toestel schematisch weergegeven. De röntgenbuis R kan met de arm A een translatiebeweging uitvoeren, zooals bij bijna alle röntgentafels het geval is.

De beweging wordt door de hefboom H in tegengestelde richting overgebracht op het blad B, waarop de cassette met film F ligt. Het verbindingspunt C ligt op gelijke hoogte met de film. Evenzoo ligt het verbindingspunt boven, op dezelfde hoogte als het focus. Het steunpunt S, waarom de hefboom draaien kan, is in verticale richting verstelbaar ten opzichte van de onderlaag T, waarop het object (de patiënt) gelegd wordt. Het vlak van instelling ligt nu op gelijke hoogte met dit steunpunt S.

Volgens de figuur wordt aan de buis nog een kantelbeweging medegedeeld door een parallelogram van hefboomen. De arm A moet hierbij om zijn lengteas draaibaar zijn. Verder is nog in de figuur aangegeven, hoe men op eenvoudige wijze een diaphragma kan laten mee bewegen.

In figuur 13 treft men een photo van het door ons gebruikte toestel aan.

Het onderstel 1 kan in de lengterichting van de tafel heen en weer bewogen worden. Het statief 2 beweegt zich ten opzichte van 1 in de breedterichting van de tafel; het kan zich dus in alle richtingen in een horizontaal vlak bewegen. Aan dit statief is de röntgenbuis 3 bevestigd.

Alle bewegingen van het statief worden door de hefboom 4 overgebracht op het blad 6. Deze hefboom draait om het verstelbare steunpunt 5 (cardan verbinding). Het blad 6, waarop de cassette met röntgenfilm ligt, kan zich weer in alle richtingen van het horizontale vlak bewegen. Het kan zich ten opzichte van het onderstel 7 in de breedterichting van de tafel bewegen, terwijl dit onderstel zelf (dat uit gekruiste rails bestaat) in de lengterichting van de tafel beweegbaar is. Het steunpunt van de hefboom (5) kan langs de stang 8 in verticale richting versteld worden, waardoor de hoogte van het instelvlak gewijzigd kan worden.

Het statief met de röntgenbuis kan gemakkelijk op de volgende wijze in een spiraalbeweging rondgeleid worden. Aan het statief is een verticale stang 9 bevestigd, die tot vlak bij den grond reikt, of tot aan een niet mee bewegend onderdeel van het toestel. Aan het einde van deze stang is een pen bevestigd, waaromheen het snoer 10 vrij draaien kan. Dit snoer ligt met zijn andere einde om de pen 11, waar het bij de beweging van de buis omheen gewonden wordt.

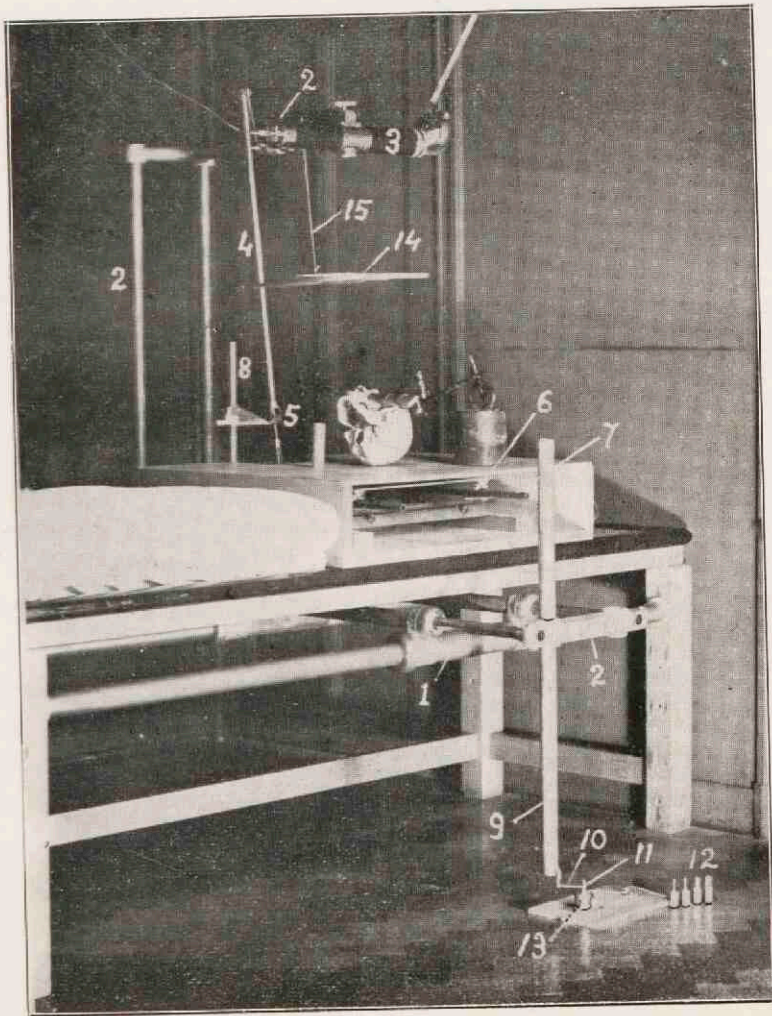


Fig. 13. Planigraaph.

3. Röntgenbuis, die tezamen met het statief 2 rondbewogen kan worden, waarbij de stang 9 van het statief 2 aangevat wordt.
4. Hefboom, die de beweging van het statief 2 overbrengt op het blad 6, waarop de cassette komt te liggen.
10. Koord, dat bij het rondgaan van het statief 2 om de pen 11 opgewonden wordt, zoodat een spiraalvormige beweging ontstaat.

Beweegt men het statief met de stang rond, waarbij de hieraan vastzittende pen dus rondgaat om de andere pen, die aan den grond vastgemaakt is, dan zal het snoer door de middelpuntvliedende kracht vanzelf gespannen blijven. Daar dit snoer om de pen 11 opgewonden wordt, zal de rondgaande pen dus steeds dichterbij de eerste komen. Hij zal dus een spiraalbeweging beschrijven, waarin het geheele statief meegevoerd wordt.

Men kan nu de onderlinge afstand van de spiraalwindingen regelen, door de pen waarom het snoer opgewonden wordt, dikker of dunner te kiezen. Is de pen dik, dan zal het einde, dat met het bewegende statief verbonden is, het middelpunt natuurlijk spoediger bereiken hebben, dan wanneer de pen dun is. In het eerste geval zullen de spiraalwindingen dus verder uit elkaar liggen.

Bij 12 ziet men nog meerdere pennen van verschillende dikte, die alle in de huls 13 vastgezet kunnen worden.

Tenslotte is 14 het diaphragma, dat scharnierend aan de hefboom 4 is verbonden en dat met behulp van het koord 15 op de goede hoogte wordt gehouden. Dit koord gaat door twee oogjes, die aan het statief 2 bevestigd zijn, en is met zijn andere einde verbonden aan het boveinde van de hefboom 4. Gaat de hefboom 4 naar boven, dan zal dus ook dit koord 15 meegaan.

De hefboom 4 moet zich ten opzichte van het statief 2 en het blad 6 in verticale richting kunnen bewegen.

Dit is bereikt op de volgende manier. De hefboom bestaat uit een holle buis, waarin een spleet gezaagd is. Aan het statief 2 (en het blad 6) is een kogel bevestigd, die juist in de holte past. Het stangetje, waarmede de kogel aan het statief zit, wordt door de spleet vrijgelaten, zoodat een op en neergaande beweging van de kogel in de holle stang mogelijk is.

Gebruiken we het meebewegende rooster, zooals in fig. 14 is aangegeven, dan wordt dit aan den wagen 1 bevestigd. Het beweegt zich dan met dezen wagen in de lengterichting van de tafel.

C. Practische uitvoering.

Bij het maken van de planigrammen wordt door ons de techniek gevolgd, zooals hieronder aangegeven is.

De focusafstand is verschillend, al naar gelang het blad, waarop

de cassette ligt, lager of hoger gesteld wordt. De cassettedrager kan namelijk versteld worden, opdat het mogelijk is, cassettes met meerdere films onder elkaar te kunnen plaatsen voor het gelijktijdig in beeld brengen van meerdere vlakken. De gemiddelde focusafstand bedraagt ongeveer 80 c.m.

De grootste uitslag van het focus buiten het middelpunt van de beweging is, voor de planigrammen met sterkste vervaging, op 20 c.m. gesteld. Zoals reeds gezegd, bewegen we de buis hierbij in een spiraal rond.

Aanvankelijk lieten we het focus op zijn weg naar het middelpunt 8 spiraalwindingen doorlopen. Bij planigrammen van skelet-schedels moet dit aantal zeker niet kleiner genomen worden. De tijd, die men noodig heeft om de buis in deze spiraal rond te voeren, bedraagt ongeveer 10 à 15 seconden.

Teneinde de belichtingstijd te bekorten, kiezen we tegenwoordig bij opnamen bij patiënten het aantal spiraalwindingen minder, en wel drie. Het is dan mogelijk om de belichtingstijd tot enkele seconden te bekorten.

Uit den aard der zaak is de gebruikte stroomsterkte bij de betrekkelijk lange belichting laag. De gewenschte spanning is natuurlijk ook hier, evenals bij de gewone röntgenographie, afhankelijk van den aard van het object.

Wil men nog goede contrasten hebben op plaatsen, waar sterk absorbeerende gedeelten van het object boven elkaar liggen, dan moet men de spanning hoog kiezen. Voor andere plaatsen zal men de spanning weer lager moeten nemen, omdat dan in de weinig absorbeerende gedeelten van het object de contrasten groter zullen zijn.

Wanneer het slechts om een geringe vervaging te doen is, laten we het focus rondbewegen in een cirkeltje met een straal van 1 c.m. De belichtingstijd kunnen we dan even kort kiezen als bij het maken van een gewoon röntgenogram.

Het is van het allergrootste belang, dat de patiënt gedurende het maken van de opname goed stil blijft liggen. Velen bereiken dit, door de patiënt zoo gemakkelijk mogelijk te laten liggen. Er wordt dan meestal geen Potter-Buckyrooster gebruikt. Bij de planigraphie heeft men natuurlijk niet zoo de vrije keuze bij het bepalen van de wijze waarop men den patiënt neerlegt. Het is daarom aan te bevelen

den patiënt goed te fixeeren. We doen dit meestal door hem in iets te laten bijten. Een zeer geschikt hulpapparaatje hiertoe zal in deel II Hoofdstuk II. A. b. beschreven worden.

D. Bestrijding van de secundaire straling.

Hiertoe werd door mij tot nu toe meestal de methode gebruikt, die in fig. 12 schematisch is aangegeven. Een gewoon diaphragma is op de aangegeven manier verbonden met de stang, waaraan de röntgenbuis bevestigd is en met de hefboom, die de beweging van de buis op de plaat overbrengt. Uit de figuur is reeds dadelijk te zien, dat de doortredende stralenkegel het instelvlak steeds op dezelfde plaats zal treffen, zoodat een goede concentratie mogelijk is.

Men kan ook op verschillende manieren een gewijzigd Potter-Buckyrooster toepassen. Zooals bekend, moet het focus zich hierbij steeds bevinden in de snijlijn van de vlakken, waarin de loodreepjes liggen. Hieruit volgt dus, dat men geen gewoon Potter-Buckyrooster kan nemen, omdat de buis bewogen wordt, en het focus hierbij dus niet in deze snijlijn zou blijven. Er zijn verschillende oplossingen mogelijk.

In de eerste plaats kan men het rooster (een vlak rooster) in de richting loodrecht op deze snijlijn, met de buis laten meebewegen. In de richting van de snijlijn, dus in de lengte-richting van de loodreepjes, is natuurlijk geen beweging noodig. Een en ander is in fig. 14 schematisch weergegeven. F is het focus, P de plaat, O het

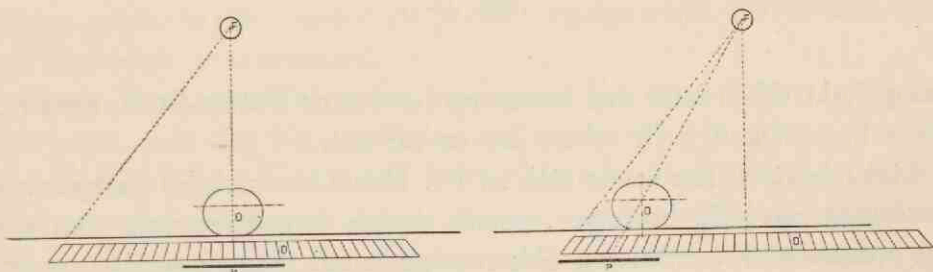


Fig. 14.

object, D het rooster. Bij het door ons geconstrueerde toestel is het rooster bevestigd aan de wagen, die het statief draagt en die zich in de lengterichting van de tafel beweegt. (Het statief met buis beweegt zich ten opzichte van deze wagen weer in dwarsche rich-

ting.) Men ziet uit de figuur ook, dat het rooster een aanzienlijke beweging ten opzichte van de plaat uitvoert, en wel steeds in tegen-gestelden zin. Alleen op de keerpunten staat het rooster even stil en hierdoor ontstaan soms nog strepen op het planigram. (Zooals men weet, mag het Potter-Buckyrooster tijdens de opname geen oogenblik stilstaan.)

Een andere oplossing is, dat men het rooster laat ronddraaien en wel zoodanig, dat het focus bij zijn rondgaande beweging steeds in de bovengenoemde snijlijn blijft liggen. Het principe is weer-gegeven in fig. 15. Men moet zich bij deze figuur voorstellen, dat men van boven op het toestel, dus in de richting van de stralen-

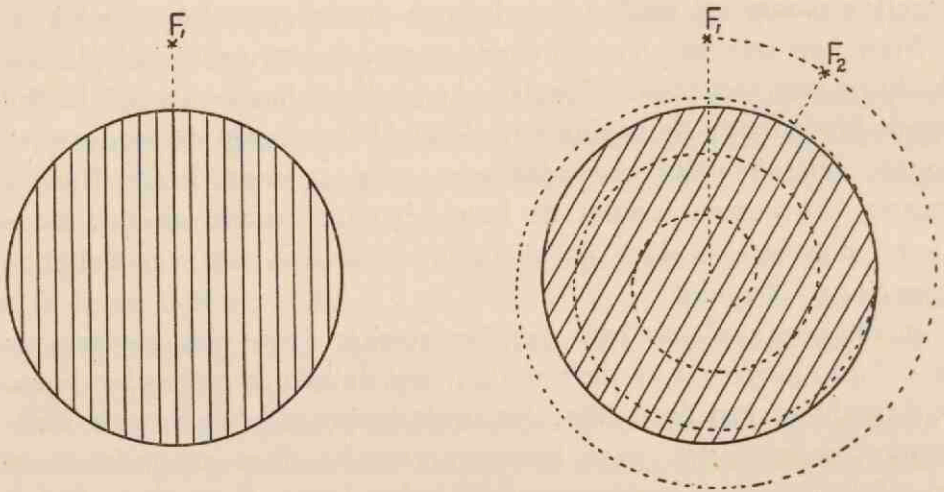


Fig. 15.

gang, kijkt. Men kijkt dus boven op het ronde Potter-Buckyrooster, waar het focus F zich schuin boven bevindt.

Links bevindt het focus zich in F_1 . Heeft het zich bij de spiraal-beweging naar F_2 bewogen, zooals rechts is aangegeven, dan zal het rooster zich intusschen ook rondgedraaid moeten hebben, zooals in de figuur is geteekend.

Tenslotte kan men de lamellen ieder afzonderlijk of in groepen laten kantelen om assen, die evenwijdig zijn aan hun lengterichting. Men kan daartoe de beweging overbrengen zooals in fig. 16 is weergegeven. Deze laatste mogelijkheid werd door mij nog niet practisch toegepast.

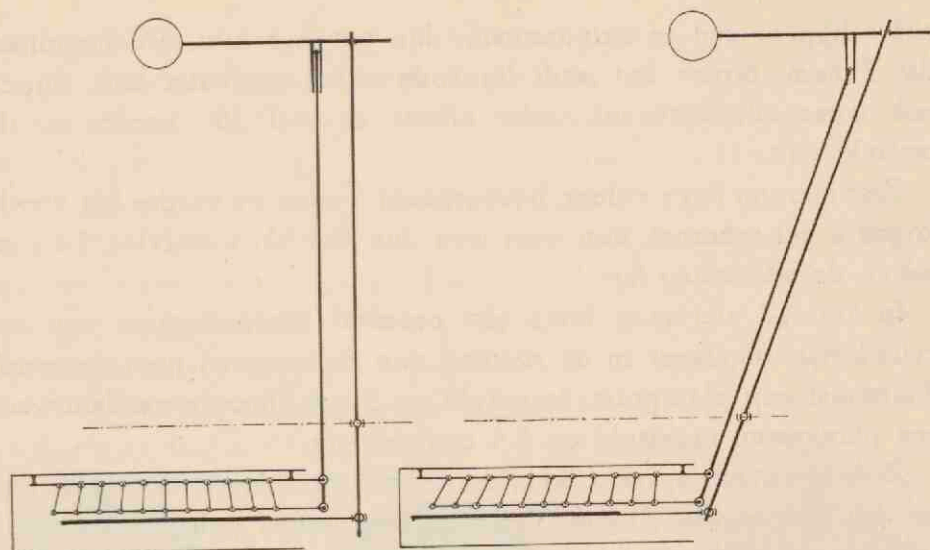


Fig. 16.

E. Registratie van de hoogte van het instelvlak; contrôle van de werking van het toestel.

Zooals ook reeds elders beschreven is, wordt door mij een eenvoudig hulptoestelletje gebruikt, om de hoogte van het instelvlak te controleeren.

Het bestaat uit een houten cylindertje van 10 c.m. hoogte, waarin boven elkaar in horizontale vlakken liggende, metalen cijfers zijn aangebracht, die hun eigen afstand tot de basis aangeven. Op één centimeter hoogte ligt het cijfer 1, op twee centimeter hoogte het cijfer 2, enz. Het cylindertje wordt tijdens de opname naast het object geplaatst en zoodoende wordt tegelijkertijd het niveau van het instelvlak geregistreerd.

Krijgt men namelijk op het planigram het cijfer 5 het scherpst, dan weet men dat het instelvlak ongeveer vijf centimeter van de onderlaag af ligt. Krijgt men twee cijfers bijvoorbeeld 5 en 6 het scherpst, dan weet men, dat de hoogte van het instelvlak tusschen vijf en zes centimeter ligt. Om de onderscheiding tusschen de opeenvolgende cijfers gemakkelijker te maken, zijn de oneven cijfers links en de even cijfers rechts aangebracht.

Om de hoogte in millimeters nauwkeurig te kunnen controleeren, zijn aan de omtrek van de cylinder kleine looden kogeltjes aangebracht, die in een spiraal gerangschikt, telkens een m.m. hoger gelegen zijn. Alle kogeltjes, die 1 m.m. boven het onderliggende

cijfer liggen, zijn in een verticale lijn gerangschikt. De kogeltjes, die 2 m.m. boven het onderliggende cijfer geplaatst zijn, liggen ook weer alle verticaal onder elkaar en wel 36° verder op de omtrek, enz.

Ziet men nu twee cijfers, bijvoorbeeld 5 en 6, en verder het vierde kogeltje het scherpst, dan weet men dus, dat het instelvlak 5.4 c.m. boven de onderlaag ligt.

In fig. 17 ziet men links een normaal röntgenogram van het cilindertje, ongeveer in de richting van de lengteas geprojecteerd; daarnaast een planigram, ingesteld op 5 c.m. hoogte en daarnaast een planigram, ingesteld op 5.4 c.m. hoogte.

Zooals vanzelf spreekt, kan het enkele meetblokje slechts dienen tot een hoogte van 10 c.m. Wil men een hooger gelegen instelvlak controleeren, dan moet men het cilindertje op een andere cylinder van bepaalde hoogte (bijv. 10 c.m.) plaatsen, en de hoogte hiervan bij de gevonden waarde optellen.

Behalve voor de registratie en contrôle van de hoogte van het instelvlak, kan men het cilindertje ook gebruiken om de goede werking van het toestel te controleeren. Men behoeft dan slechts het beeld van het scherpst afgebeelde kogeltje te beschouwen. Is dit niet zoo scherp afgebeeld, als men met het oog op focus-grootte en focus-afstand zou mogen verwachten, is het beeld misvormd, of heeft het dubbele omtrekken, dan weet men dus, dat er iets aan de werking van het toestel hapert. Bij speling in het hefboomenstelsel zal men bijvoorbeeld in de richting van de speling een „astigmatisme” van het scherpste beeldje waarnemen. Laat de fixatie van de cassette te wenschen over, dan zal men bijvoorbeeld een dubbel beeld van het kogeltje zien, enz.

F. Het gelijktijdig in beeld brengen van meerdere vlakken.

Over het algemeen zal men er niet mee kunnen volstaan slechts één vlak van het voorwerp in beeld te brengen. In de eerste plaats zal het dikwijls voorkomen, dat men meerdere evenwijdige doorsneden zal willen beoordeelen. Maar ook wanneer het slechts om één vlak gaat, is het toch dikwijls gewenscht, om ook de dichtbijgelegen doorsneden ermee te kunnen vergelijken.

Stel bijvoorbeeld, dat we de mediane doorsnede van de sella turcica willen beoordeelen. Het is onmogelijk om hiervan een door-

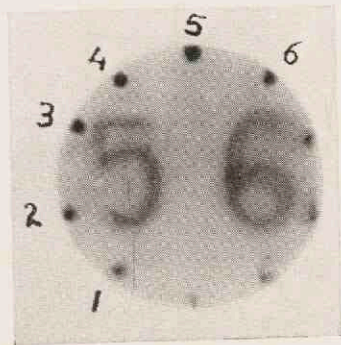
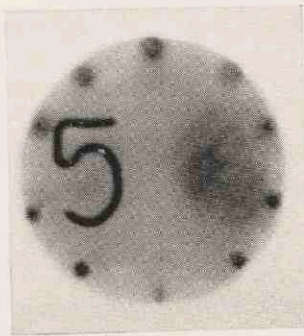


Fig. 17. Apparaatje voor hoogtecontrole.
Links: gewoon röntgenogram; midden: planigram ingesteld op 5 c.m.;
rechts: planigram ingesteld op 5.4 c.m.

snedebeeld te krijgen, door eenvoudig op het midden van den schedel in te stellen, daar de sella turcica, zooals bekend, meestal niet nauwkeurig in het midden van den schedel ligt, maar dikwijls wat meer naar links of wat meer naar rechts. Maakt men nu eenige planigrammen, waarbij men instelt op sagittale vlakken, dan kan men bij overzien van de geheele serie gemakkelijk vaststellen, welk planigram de mediane doorsnede van de sella voorstelt. Stel men had bijvoorbeeld 6 planigrammen gemaakt, die van 1 tot 6 genummerd zijn, en die overeenkomen met op gelijke onderlinge afstand in sagittale richting gelegen vlakken. Komt nu de eene processus clinoides anterior voor op Nr. 1, en de andere op Nr. 5, dan mag men dus Nr. 3 beschouwen als de mediane doorsnede van de sella turcica.

Men kan natuurlijk meerdere planigrammen na elkaar maken. Het is dan echter niet uitgesloten, dat de patiënt zich tusschen het maken van de verschillende opnamen heeft bewogen, waardoor de verkregen afbeeldingen niet meer overeenkomen met een reeks evenwijdige instelvlakken in het object, zooals men die op bepaalde onderlinge afstand had willen afbeelden.

Men zal ook bij het na elkaar maken der verschillende planigrammen meer van den patiënt eischen, wat vooral bij zwaar zieke patiënten een nadeel is.

Men kan op een zeer eenvoudige manier meerdere vlakken tegelijk — dus met één belichting — in beeld brengen. Plaatsen we namelijk in een cassette meerdere films evenwijdig aan elkaar en op bepaalde onderlinge afstanden, dan zullen (bij de ééne belichting) op de verschillende films verschillende vlakken gelijktijdig afgebeeld worden. Een en ander is eenvoudig te bewijzen aan de hand van fig. 18. In deze figuur stellen AB, CD en

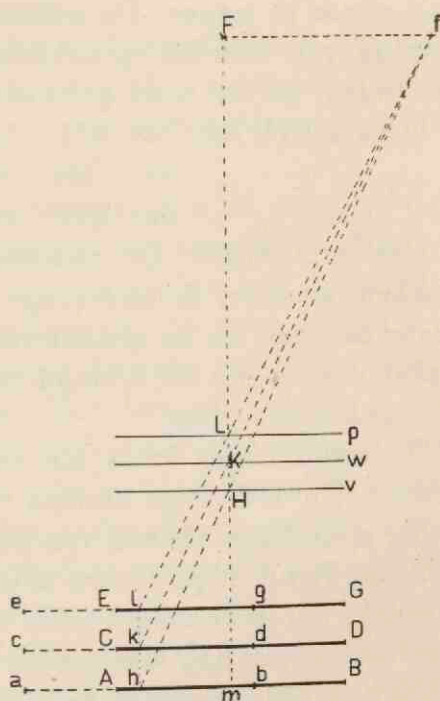


Fig. 18 Het gelijktijdig afbeelden van meerdere vlakken.

EG drie films voor, die gemeenschappelijk bewogen worden. Stel dat de onderste film zich beweegt naar ab, dan zal de volgende film zich naar cd bewegen en de derde film naar eg. Het focus wordt intusschen van F naar f verplaatst. Ter vereenvoudiging is het punt F loodrecht boven het midden m van de onderste film gekozen.

Het midden m van de onderste film zal zich naar h verplaatsen, het midden van de volgende film naar k en het midden van de bovenste film naar l. Deze punten, die eerst alle in de lijn Fm lagen, liggen nu natuurlijk nog loodrecht onder elkaar. Op de onderste film is de projectie van het punt H op haar plaats gebleven, hetzelfde geldt dus ook voor alle andere punten van het vlak v, dat door H gaat en evenwijdig aan AB is. Op de film AB ontstaat dus een planigram van het vlak v.

Op de film CD blijft de projectie van het punt K in het midden. Hierop zal dus een beeld van vlak w ontstaan. Zoo zal op de film EG een beeld van het vlak p gevormd worden.

Het is gemakkelijk de onderlinge afstanden van de verschillende vlakken naar keuze te bepalen door de films op bepaalde afstanden van elkaar te leggen. De onderlinge afstanden van de doorsnedevlakken zijn namelijk gemakkelijk te berekenen uit de onderlinge afstanden, die de films gedurende de opname hadden.

$$\begin{aligned} \text{Immers } KH//kh, \text{ dus } KH : kh &= fH : fh \\ &\text{en } fH : fh = FH : Fm \\ &\text{dus } KH : kh = FH : Fm \end{aligned}$$

Dus in woorden: De onderlinge afstand tusschen twee instelvlakken, staat tot de onderlinge afstand van de daarmee overeenkomende films, als de afstand tusschen het focus en een der instelvlakken, staat tot de afstand tusschen het focus en de daarmee overeenkomende film.

De afstand van focus tot instelvlak en van focus tot film is bekend. De onderlinge afstand van de vlakken is dus gemakkelijk uit de onderlinge afstand van de films te berekenen.

Uit de figuur blijkt tevens nog een voordeel van deze werkwijze, namelijk, dat de planigrammen de verschillende vlakken alle met dezelfde vergrooting weergeven.

Dit zou niet het geval geweest zijn, wanneer men ze na elkaar gemaakt had, daarbij het draaipunt der beweging telkens op een

ander niveau kiezende, terwijl de plaat op dezelfde hoogte blijft. Later zal hierop, bij de beschrijving van de plastische reconstructie verder worden ingegaan. (Hoofdstuk IV. N. b.)

Om op de beschreven manier meerdere vlakken tegelijk in beeld te brengen, gebruiken we een cassette, zooals in fig. 19 is weer-gegeven. In een aluminiumdoos liggen de films F op bepaalde afstanden, van elkaar gescheiden door de ramen R. Om het geheel

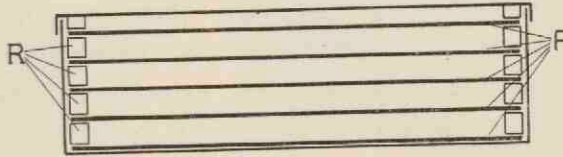


Fig. 19.

Cassette voor het gelijktijdig in beeld brengen van meerdere vlakken.
F. Films. R. Ramen, die tusschen de films gelegd worden.

worden bandjes van gummi gelegd, waardoor de deksel tegen de bovenste film wordt aangedrukt. Hierdoor wordt voorkomen, dat de films tijdens de opname verschuiven.

Door de dikte van de ramen, die de films scheiden, anders te kiezen, kan de onderlinge afstand geregeld worden en daarmee dus ook de onderlinge afstand van de verschillende doorsneevlakken.

Gebruikt men geen versterkingsschermen, dan zal de belichtingsintensiteit voor de verschillende films weinig verschillen. Het verdient natuurlijk wel aanbeveling, om de stralen niet te week te kiezen. Gebruikt men versterkingsschermen, dan moet men er rekening mee houden, dat hierin een groot gedeelte van de opvallende röntgenstralen geabsorbeerd wordt. Zou men dus, zooals te doen gebruikelijk is, iedere film tusschen twee versterkingsschermen inleggen, dan zouden in de bovenste film met bijbehorende versterkingsschermen reeds zooveel stralen geabsorbeerd worden, dat de daaronder gelegen film reeds onderbelicht wordt. De film, die daar weer onder ligt, zal sterk onderbelicht worden, enz.

Welk gedeelte van de röntgenstralen ongeveer door een film en twee versterkingsschermen geabsorbeerd wordt, hebben we met een eenvoudige proefneming bepaald. We hebben in een cassette twee

combinaties onder elkaar gelegd, elk van een röntgenfilm tusschen twee versterkingsschermen.

We kozen de hoogspanning gelijk aan die, welke we meestal voor schedelphoto's gebruiken (95 K.V. max.) en vervingen den schedel door een filter van 2 m.m. koper. We belichtten met een totale energie van 100 m.A. sec.. Teneinde nu de energie, die de twee combinaties getroffen heeft, te kunnen vergelijken, hebben we de films op verschillende plaatsen verschillend lang belicht. We bedekten daartoe de cassette met een loodplaat, die telkens ongeveer $1\frac{1}{2}$ c.m. opgeschoven werd. De stroomsterkte was 2 m.A.. Iedere 5 seconden werd de loodplaat verschoven, terwijl de totale belichtingstijd 50 sec. bedroeg. Het kortst belichte gedeelte van de films was dus belicht met 10 m.A. sec., het daarnaast liggende met 20 m.A. sec., enz., tot 100 m.A. sec..

Het bleek nu, dat bij gelijktijdig ontwikkelen der beide films de zwarting in het donkerste gedeelte van de onderste film (overeenkomend met 100 m.A. sec.), ongeveer gelijk was aan de zwarting van dat gedeelte uit de bovenste film, dat met 70 m.A. sec. belicht was.

Hieruit volgt dus, dat op de plaats van de sterkste zwarting door de bovenste film en bijbehorende versterkingsschermen, ongeveer 70/100 of 70% van de opvallende energie is doorgelaten, dus dat in dit geval 30% geabsorbeerd is.

Opdat alle onder elkaar geplaatste röntgenfilms ongeveer gelijk belicht worden, moeten we er dus voor zorgen, dat in de bovenste versterkingsschermen weinig stralen geabsorbeerd worden, en verder, dat de versterkingsgraad van de schermen, die tegen de bovenste films liggen, geringer is dan van de schermen, die bij de onderste films behooren. Al naar behoefte kan men tevens de bovenste films telkens met één, en de lager gelegen film(s) met twee versterkingsschermen combineeren.

Als voorbeeld van deze methode zijn hier drie planigrammen van den schedel bijgevoegd, die tegelijkertijd op onder elkaar opgestelde films gemaakt zijn.

In fig. 20a ziet men het gewone bilaterale röntgenogram. In fig. 20b een mediane doorsnede. Zeer duidelijk ziet men hier het verloop van de lamina cribrosa en de mediane uitholling van de

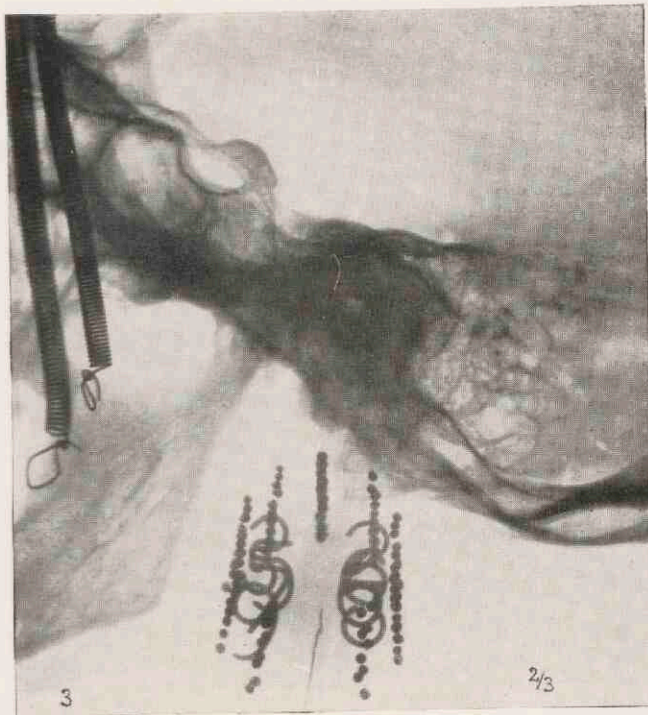


Fig. 20a. Gewoon bilatraal röntgenogram van den schedel.

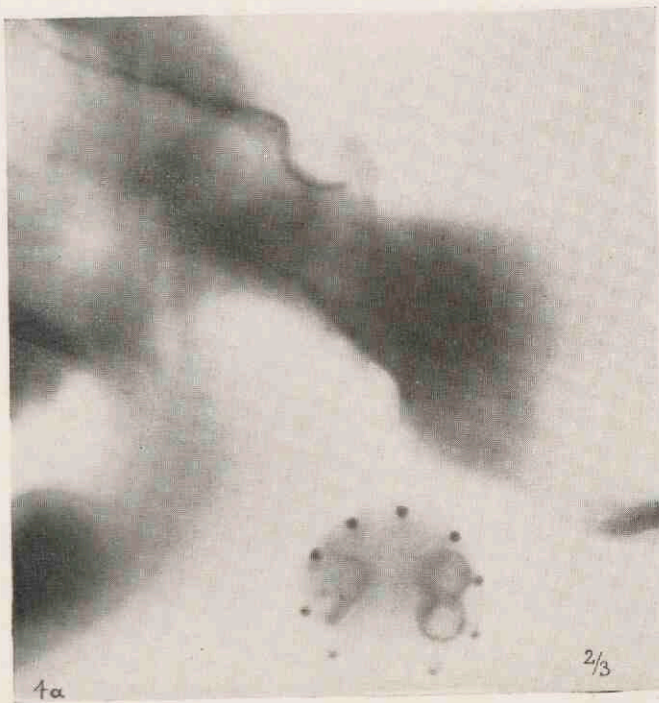


Fig. 20b. Planigram van het sagittale vlak (7.4 c.m.); (Lamina cribosa; Fossa hypophyseos; Clivus; Foramen magnum).



Fig. 20c. Planigram 6 m.m. meer lateraal (8.0 c.m.). (Dak van de cellulae ethmoidales; Sinus sphenoidales; Proc. clinoides posterior.)



Fig. 20d. Planigram 12 m.m. zijdelingsch (8.6 c.m.) „Brugje“ tusschen Proc. clinoides posterior en Proc. clinoides anterior.

sella turcica. Fig. 20c stelt een planigram voor van een vlak, dat 6 m.m. meer lateraal ligt.

Dat inderdaad de bedoelde afstand van 6 m.m. verkregen is, kan men nauwkeurig aflezen uit de beelden van het in het vorige hoofdstuk beschreven apparaatje; de mediane doorsnede 20b is 7.4 c.m. boven de onderlaag gelegen; doorsnede 20c is 8.0 c.m. en 20d is 8.6 c.m. van de onderlaag verwijderd.

Men ziet in 20c de processus clinoides posterior zeer fraai. Verder ook de voorste begrenzing van den sinus sphenoidalis. Zooals hieronder zal blijken, hebben we de methode met veel succes toegepast om deze grens goed te leeren kennen. Kent men haar eenmaal, dan is zij, ook in een gewoon röntgenogram, meestal gemakkelijk van den bodem van de middelste schedelgroeve te onderscheiden. Op dit planigram ziet men ook reeds het dak van de cellulae ethmoidales verschijnen. Nog duidelijker wordt dit op het volgende planigram, fig. 20d, waarop men ook het brugje tusschen proc. clinoides anterior en posterior goed kan waarnemen. De voorste begrenzing van den sinus sphenoidalis is hier weer eenigszins anders van vorm.

G. Het opheffen van den storenden invloed van de vervaagde schaduwen der buiten het instelvlak gelegen onderdeelen.

Het planigram geeft in de eerste plaats de vrij scherp omliggende schaduwbeelden weer van die gedeelten van het object, die zich in het instelvlak bevinden. Daarnaast zien we echter ook de min of meer vervaagde schaduwen van de buiten dit vlak gelegen onderdeelen.

Deze laatste schaduwen kunnen zeer hinderlijk zijn bij het bekijken van het planigram, terwijl ze meestal groote moeilijkheden opleveren bij eventueele reproductie, vooral wanneer het opnamen van het skelet betreft.

Er bestaat een middel om de hinderlijke schaduwen grootendeels weg te werken.

G. Spiegler en K. Juris hebben een werkwijze beschreven, die het mogelijk maakt, om van negatieven met te sterk contrast toch goede afdrukken te krijgen.

De methode, die zij „Antidurverfahren” genoemd hebben, komt

hierop neer, dat men van het negatief eerst een vervaagd diapositief maakt. De gevoelige plaat of film wordt daartoe bij het maken van dit diapositief niet tegen het negatief aangedrukt, maar wordt op eenige millimeters afstand daarvan geplaatst.

Bij het maken van den definitieven afdruk wordt nu dit vervaagde diapositief (het diapositief-filter) tusschen lichtbron en negatief geplaatst, om te zorgen, dat op de meest doorschijnende gedeelten van dit negatief minder licht valt dan op de andere plaatsen. Men legt dus op het afdrudpapier eerst het negatief, dat er vast tegen aan gedrukt wordt; dan volgt eerst een tusschenruimte, bijvoorbeeld een glasplaat; daarop komt het diapositief-filter te liggen; op eenigen afstand daarvan komt dan de lichtbron.

Door de auteurs wordt het diapositief-filter niet gedurende den geheelen belichtingstijd gebruikt. Men belicht dus bijvoorbeeld eerst eenigen tijd met het filter en dan nog korten tijd nadat dit is weggenomen. Hetzelfde resultaat bereikt men door het diapositief-filter een geringe zwarting te geven.

De bovengenoemde werkwijze is nu bijzonder geschikt om bij de planigraphie toegepast te worden.

Maakt men namelijk van een planigram een vervaagd diapositief-filter en gebruikt men dit bij het maken van een afdruk, dan zullen de vervaagde schaduwen bijna geheel verdwijnen, terwijl de scherpe gedeelten van het beeld toch goed zichtbaar blijven.

Het gemakkelijkst is dit aan een voorbeeld toe te lichten. Stel we hebben een planigram, zooals in fig. 21a schematisch is weergegeven.

Geven we de zwartingen volgens de stippellijn van A naar B gaande, in een graphische voorstelling aan, dan krijgen we een curve, zooals in fig. 21 I is weergegeven. Als we van dit planigram een diapositief (zonder vervaging) zouden maken, dan zou daarvan de zwarting op overeenkomstige plaatsen voorgesteld kunnen worden door de getrokken curve uit fig. 21 II. Had men een vervaagd diapositief gemaakt, dan zou de zwartingscurve overeenkomen met de gestippelde lijn van fig. 21 II.

Legt men het negatief en het vervaagde diapositief op elkaar, dan doet men niets anders dan op iedere plaats de zwartingen summeeren. We krijgen dus een summatie van de getrokken lijn en de stippellijn (fig. 21 III). Het resultaat is dus een zwartings-

verloop, zooals in fig. 21 IV is aangegeven. Het verloop van deze lijn is ook uit figuur 21 II reeds zeer gemakkelijk af te lezen. Zou men namelijk de getrokken curve uit deze figuur optellen bij die uit fig. 21 I, dan zou het resultaat een rechte lijn zijn. Telt men de gestippelde curve uit fig. 21 II op bij de curve uit fig. 21 I, dan zal de zoo ontstaande lijn natuurlijk dezelfde afwijkingen van de horizontale vertoonen, die de stippellijn uit fig. 21 II vertoont ten opzichte van de getrokken lijn.

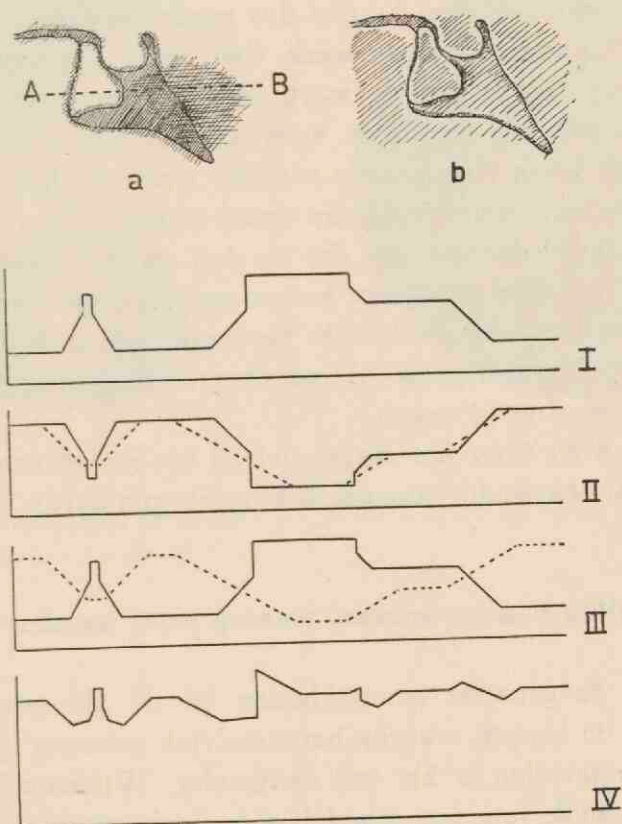


Fig. 21a. Afdruk van een gewoon planigram (schematisch).

Fig. 21b. Afdruk na bedekking met een vervaagd diapositief.

Daaronder: Zwartingsverloop van A naar B gaande (zeer geschematiseerd!) in het planigram (I), in een diapositief (II getrokken), in een vervaagd diapositief (II gestippeld) en bij onderlinge overdekking (IV).

Uit een en ander is tenslotte dus te zien, dat de scherpe details blijven bestaan; dat de onscherpe schaduwen grootendeels verdwijnen, terwijl er weer eenige zwartingsschakeeringen bijkomen, die

overigens weinig hinder bij de beoordeeling van het beeld geven. Van het in fig. 21a schematisch weergegeven planigram krijgt men dus een beeld, zooals in fig. 21b schematisch is voorgesteld.

Ter vergelijking is in fig. 22b een afdruk weergegeven, die met behulp van een diapositieffilter gemaakt is van hetzelfde planigram, als waarvan in fig. 22a een gewone afdruk is weergegeven.

De door ons gevolgde techniek is eenigszins anders dan die van Spiegler en Juris. Zij plaatsten bij het maken van het vervaagde diapositief de gevoelige plaat of film op vrij grooten afstand van het origineele negatief en kregen dus reeds hierdoor een voldoende vervaging. Gaat men zoo te werk, dan heeft men het nadeel, dat de vervaagde afdruk grooter wordt dan het origineel. Plaatst men het diapositieffilter dan later weer op eenigen afstand van het negatief, dan krijgt men van de aan den rand van het beeld liggende gedeelten nog weer een extra verschuiving.

Wij deden het daarom zoo, dat we den afstand tusschen negatief (planigram) en film niet groot kozen, en wel ongeveer 7 m.m. We zorgden dan voor een voldoende vervaging, door de lichtbron ten opzichte van het drukraam of omgekeerd dit laatste ten opzichte van de lichtbron te bewegen.

Gebruikten we later het diapositief bij het maken van de afdruk, dan werd dit eenvoudig onmiddellijk op het planigram gelegd.

H. Bepaling van het niveau, waarop moet worden ingesteld.

Een van de grootste moeilijkheden bij de planigraphie is het bepalen van de hoogte, waarop het instelvlak gekozen moet worden. In sommige gevallen is het vrij eenvoudig. Wil men bijvoorbeeld het mediane vlak van den schedel in beeld brengen, dan kan men meestal volstaan met het meten van de schedelbreedte. Stelt men dan bij zijdelingsche ligging van het hoofd in op een hoogte, die overeenkomt met de halve schedelbreedte, dan zal het instelvlak vrij goed met het mediane vlak overeenkomen. Moeilijker wordt het echter, wanneer men een onderdeel wil afbeelden, dat binnenin het voorwerp ligt en waarvan men het niveau niet nauwkeurig kent.

Wij maken daartoe een zijdelingsche contrôlephoto of passen een zijdelingsche doorlichting toe. Zooals in fig. 23 schematisch is

weergegeven, is daartoe naast de röntgentafel een tweede röntgenbuis (B) aangebracht, waarvan het focus zich nauwkeurig op dezelfde hoogte bevindt als de onderlaag, waarop het te onderzoeken voorwerp ligt. De afstand van het focus van deze röntgenbuis tot het centrum, (dus tot het vlak door ab loodrecht op het vlak van teekening) hebben we 80 c.m. gekozen. Naast het object (den

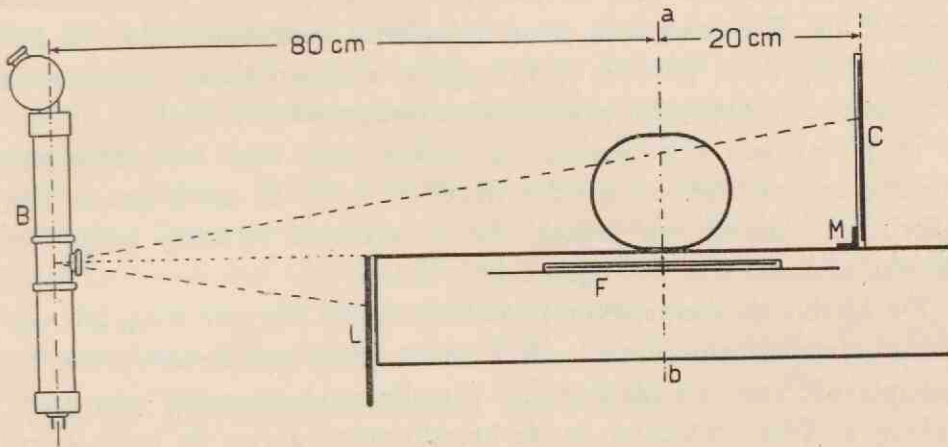
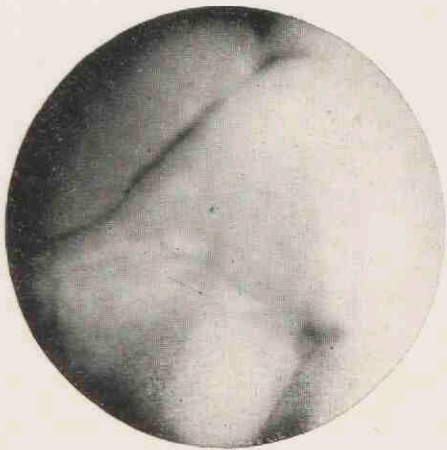


Fig. 23.

Opstelling voor het maken van een zijdelingsche contrôlephoto.
Bepaling van het niveau van instelling.

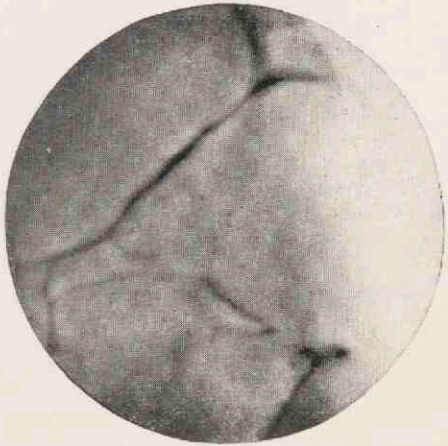
patiënt) wordt nu op een afstand van 20 c.m. van het centrum een cassette (C), eventueel het doorlichtingsscherm, geplaatst. Maakt men op deze wijze een zijdelingsche opname, dan wordt alles wat in het vlak door ab ligt, hoger op de plaat geprojecteerd; in dit geval op het $\frac{5}{4}$ voudige van de ware hoogte. Men kan nu ter nauwkeurige orientatie een merkteeken (M) voor de cassette plaatsen, dat bijv. 5 c.m. hoog is, en, vanuit den bovenrand van het beeld hiervan, de hoogte van een bepaalde projectie meten. Immers vanuit den rand van de film kan men moeilijk meten, omdat de afstand van den rand van de film tot den rand van de cassette meestal niet nauwkeurig bekend is.

Wij kunnen nu op eenvoudige wijze berekenen, hoe hoog een bepaald onderdeel van het object boven de onderlaag ligt. Dit onderdeel moet dan natuurlijk in het vlak door ab liggen. De berekening kan vervallen, wanneer men tevens een schaalverdeling afbeeldt, die reeds op de hoogere projectie berekend is, dus waar-



a

a. Planigram van de orbita
(Morbus Crouzon).



b

Fig. 22.

b. Afdruk met vervaagd diapositief filter.

van (in dit geval) vier deelstrepen overeenkomen met 5 c.m.. Deze schaalverdeling kan op den naar de buis gekeerden wand van de cassette aangebracht worden. Men kan haar ook afzonderlijk tegen de cassette aanzetten.

In de figuur is ook nog een loodscherp (L) aangegeven. Dit dient ervoor om te zorgen, dat geen licht op de film (F) kan vallen, die eventueel reeds voor de planigraphische opname in het toestel gereed ligt. Tevens wordt door dit scherm voorkomen, dat, bij het gebruik van een gewoon diaphragma, röntgenstralen onderlangs het doorlichtingsscherp gaan en den onderzoeker treffen.

In plaats van een opname te maken, kan men natuurlijk ook doorlichten en dan op precies dezelfde wijze te werk gaan. Wij gebruiken daarbij een wijzer, die in verticale richting langs het doorlichtingsscherp bewogen kan worden.

De hierboven aangegeven opstelling maakt het ook mogelijk, om nauwkeurig te centreeren in de lengterichting van de tafel, wat bij het gebruik van een diaphragma (smalle stralenbundel) van groot belang is. Het centreeren in de breedterichting van de tafel levert over het algemeen niet zooveel moeilijkheden op, daar in die richting dikwijls in het mediane vlak kan worden ingesteld.

Men zie voor de hierboven beschreven techniek ook fig. 38, blz. 82.

I. Het uitvoeren van metingen met behulp van de planigraphie.

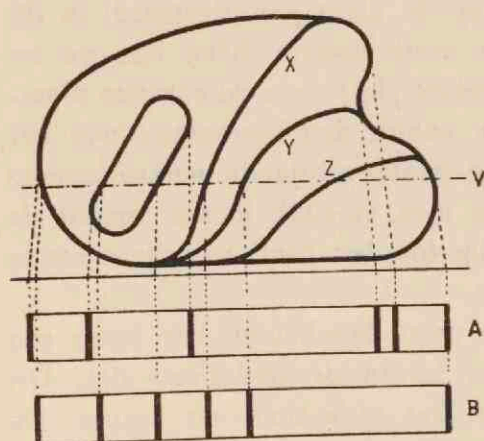


Fig. 24

De planigraphie is bij uitstek geschikt voor het verrichten van metingen; zelfs is het dikwijls mogelijk om planigraphisch metingen te verrichten, die men met behulp van de gewone röntgenographie, ook met de stereogrammetrie, niet zou kunnen uitvoeren. Aan het volgende voorbeeld moge dit duidelijk worden.

In fig. 24 is bovenaan schematisch een model weergege-

ven, dat bestaat uit een plat blok paraffine, waaromheen en waarin lamellen van aluminium van 2 c.m. breedte zijn aangebracht, die dus loodrecht op het vlak van teekening staan, zooals ook reeds op blz. 23 is beschreven. Wordt van dit model een röntgenogram gemaakt, dan krijgt men natuurlijk een beeld, zooals schematisch bij A is aangegeven.

Maakt men echter een planigram met v als instelvlak, dan krijgt men het beeld B. Stel nu bijvoorbeeld, dat men wil weten, op welken afstand de verschillende lamellen zich in het vlak v bevinden, dan zou dit met de gewone röntgenographie onmogelijk zijn. Uit het planigram zijn deze afstanden onmiddellijk af te lezen, mits men daarbij rekening houdt met de vergrooting wegens de centrale projectie. Deze vergrooting is echter gemakkelijk te berekenen, aangezien men den afstand van het focus tot het instelvlak en dien van het focus tot de plaat nauwkeurig kent.

Noemt men den eersten afstand D_i en den tweeden D_p , dan weten we: De werkelijke afstand van het object $= \frac{D_i}{D_p} \times$ den afstand, welken men in het planigram afleest.

(N.B. De lamel z heeft geen beeld gevormd, omdat zijn richting daar, waar hij door het instelvlak gaat, te veel van de hoofdprojectierichting afwijkt, zoodat de projectiestralen er bij de beweging van de buis niet aan geraakt hebben. Zie hoofdstuk III C.).

K. Planigraphie met vrijwel loodrechte projectie; orthoplanigraphie.

In bepaalde gevallen zal men een beeld willen hebben van onderdeelen, die begrensd worden door vlakken, welke vrijwel loodrecht op het instelvlak staan. De projecties vanuit richtingen, die niet ongeveer loodrecht op dit vlak staan, zullen dan de scherpte van het beeld slechts kunnen schaden.

Stel, dat men bijvoorbeeld de mediane doorsnede van een schedel wil bestudeeren. De grensvlakken, die men afbeelden wil, staan dan alle vrijwel loodrecht op het mediane vlak. Met de centrale projectie krijgt men van deze vlakken geen beeld, zooals duidelijk uit fig. 25 blijkt. Bij projectie vanuit F zal bijv. van het achterhoofdsbeen niet punt a aan de beeldvorming meedoen, maar punt b , omdat de projectiestraal in b aan het schedeldak raakt.

Om met de gewone planigraphie een beeld te krijgen, moet men het focus minstens van F_1 naar F_2 bewegen. Is het focus in F_1 , dan zal de projectierichting voor het punt a echter een zeer ongunstige zijn. Om dergelijke projectierichtingen uit te schakelen, kan men nu gebruik maken van een vrij smalle loodrecht gerichte stralen-

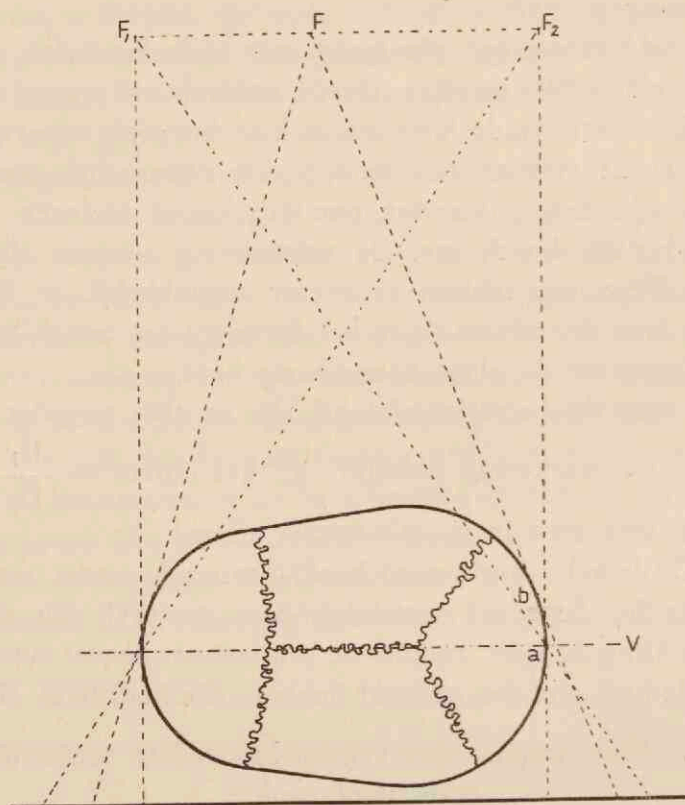


Fig. 25.

bundel. Men maakt dus gebruik van een toestel, zoals reeds tevoren beschreven is, waarbij de buis geen kantelbeweging uitvoert, maar waarbij zij bij het rondgaan steeds loodrecht naar beneden gericht blijft.

Direct aan de buis wordt een diaphragma aangebracht, zoodat ieder oogenblik alleen die gedeelten van het object in den stralenbundel liggen, die zich op dat oogenblik ongeveer loodrecht onder de buis bevinden. Het focus en de plaat worden evenals bij de gewone planigraphie met constante lineaire snelheid in een spiraal rondbewogen, en wel zoodanig, dat de film op alle plaatsen onge-

veer gelijk belicht wordt. Het is zonder meer duidelijk, dat de grootte van het doorsnedebeeld nauwkeurig dezelfde is, als wanneer men met een ruime stralenkegel een gewoon planigram gemaakt zou hebben.

Natuurlijk heeft men bij deze werkwijze weer meer last van de onderdeelen, die buiten het instelvlak liggen, omdat de projectie-richting minder verandert gedurende den tijd, dat deze onderdeelen in den stralenkegel liggen.

De hier beschreven methode zal ik verder met den naam orthoplanigraphie aanduiden, terwijl de verkregen beelden orthoplanigrammen genoemd zullen worden.

Het orthoplanigram heeft als voordeel boven het teleröntgenogram, dat alleen de gedeelten, die in een bepaald instelvlak liggen volkomen scherp afgebeeld worden. Verder, dat ook de gedeelten, die met hun grensvlakken een weinig van de richting loodrecht op het instelvlak afwijken, nog een scherp beeld vormen.

Een nadeel is, dat de röntgenbuis voor een opname meer belast wordt, dan bij de planigraphie. Tegenover de teleröntgenographie is o.a. een nadeel, dat de belichtingstijd aanzienlijk verlengd wordt. Een geringe beweging van den patiënt zal de scherpte van het beeld echter weinig schaden, daar telkens andere gedeelten van het object belicht worden.

L. Combinatie van de planigraphie met de gewone röntgenographie.

Op het planigram is meestal alleen datgene goed zichtbaar, wat in het vlak van doorsnede ligt. Al het andere is min of meer vervaagd. Vooral bij de wat sterkere vervaging, zooals die noodig is, om een goede doorsnede-indruk te krijgen, ziet men reeds spoedig niets meer van wat op eenigen afstand van het instelvlak ligt.

Het kan in bepaalde gevallen een nadeel zijn, om alleen dat te zien, wat in het instelvlak ligt. Nemen we als voorbeeld, dat men zich wil oriënteren, omtrent de ligging van de naald bij suboccipitale punctie. Maakt men een planigram volgens het mediaanvlak door hals en schedel, dan zal men daarop naald, achterhoofds-gat en atlas duidelijk waarnemen. Hoe de naald gericht is ten opzichte van den uitwendigen gehoorgang, zal men uit dit beeld niet

kunnen opmaken. Had men een gewoon röntgenogram gemaakt, dan zou men zich wèl naar den uitwendigen gehoorgang kunnen oriënteren, maar dan levert de waarneming van het achterhoofds-gat weer moeilijkheden op. Een eenvoudig hulpmiddel is nu, om de beide methoden te combineeren. Men krijgt dan het beeld van een doorsnede, waaroverheen ook het overige van den schedel nog zichtbaar is.

Men belicht daartoe eerst eenigen tijd met stilstaand focus en gebruikt dan de rest van den belichtingstijd, om deze opname op dezelfde film te overdekken met het planigram, dat met bewegend focus gemaakt wordt. Door den tijd voor de belichting met stilstaand focus langer of korter te nemen, kan men het doorsnedebeeld in mindere of meerdere mate op den voorgrond laten treden ten opzichte van het algemeene beeld.

M. Combinatie van de planigraphie met de stereoröntgenographie.

We kunnen de planigraphie ook met de stereoröntgenographie combineeren, zooals hierboven is aangegeven voor planigraphie en gewone röntgenographie.

Hiertoe gaat men op de volgende wijze te werk. Men maakt eerst op de film een planigram. Het focus wordt hierbij bewogen, zooals in fig. 26 is aangegeven. Vervolgens brengt men het focus in A en belicht nog korten tijd. Dan worden de films verwisseld.

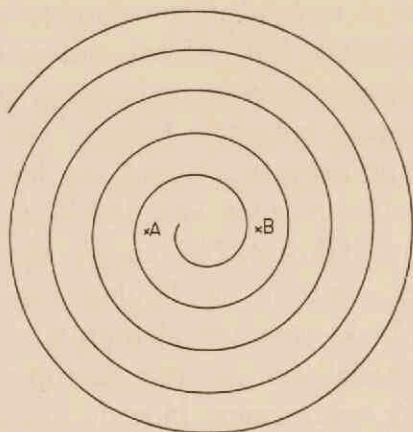


Fig. 26.

Men maakt nu op de tweede film eenzelfde planigram en belicht daarna nog korten tijd vanuit het punt B. Men kan nu de films in een stereoscoop bekijken en ziet dan het normale stereoscopische beeld, waarin ook nog het doorsnedebeeld volgens het gekozen instelvlak zichtbaar is.

Deze gecombineerde methode kan, zooals later zal blijken, van groot belang zijn voor de analyse van het normale röntgenogram.

Men kan ook nog op geheel andere wijze te werk gaan. Hoewel deze methode veel ingewikkelder is, wil ik haar toch ook in het kort aangeven. Men gebruikt dan drie films; maakt op de eene film het planigram en op de andere twee de stereophoto's. Men kan nu de stereophoto's in een stereoscoop met half doorzichtige spiegels plaatsen en het planigram in een derde lichtkast zoo aanbrengen, dat dat beeld op de juiste plaats in het stereoscopische beeld valt.

Een geheel andere manier om de planigraphie met de stereoscopie te verbinden is de volgende. Men kiest bij twee achtereenvolgende opnamen het centrum van de beweging van het focus op twee plaatsen, die ongeveer op oogafstand gelegen zijn, en maakt dus twee opnamen met verschillende hoofdprojectierichting, zooals dat ook door Bartelink is aangegeven. Men zal dan echter alleen een goede stereoscopische indruk krijgen bij geringe vervaging van de omgeving van het instelvlak.

De technische uitvoering is zeer eenvoudig. Men heeft niet anders te doen, dan de buis tusschen de twee opnamen te verschuiven ten opzichte van het onderdeel van het statief, waaraan de spiraalbeweging wordt medegedeeld. Men kan ook het centrum, waarom dit gedeelte draait, verplaatsen.

N. Plastische reconstructie naar een serie van planigrammen.

a. Inleiding.

Daar het mogelijk is, om een reeks van planigrammen te maken, die doorsneden volgens naast elkaar gelegen evenwijdige vlakken voorstellen, kan men deze planigrammen op dezelfde manier verwerken, als dit in de microscopie met de zoogenaamde seriecoupes gedaan wordt.

Er zijn voor de microscopie verschillende methoden voor reconstructie uitgedacht, die in hoofdzaak in twee groepen te rang-

schikken zijn en wel de graphische en de plastische reconstructie.

De graphische reconstructie heeft voor de röntgenologie weinig beteekenis, omdat men daarbij toch eigenlijk dikwijls zou terugkomen op het oorspronkelijke röntgenbeeld.

We zullen ons daarom hier tot de plastische reconstructie beperken. Het eenvoudigst en het meest geschikt voor dit doel is de methodiek, die door Born voor de microscopie is aangegeven. De door hem gevolgde techniek komt in hoofdzaak op het volgende neer. Men maakt een reeks van beelden, die de doorsneden door het object volgens evenwijdige en op bepaalden onderlingen afstand gelegen vlakken weergeven. Hiernaar worden wasplaten gemaakt, waarvan de dikte gelijk is aan den onderlingen afstand van bovengenoemde vlakken. Deze wasplaten worden volgens de contouren, die het object in de doorsneden vertoont, uitgesneden.

Vervolgens worden ze op de juiste manier op elkaar gestapeld, waardoor men een plastisch model van het object krijgt.

Naast deze methode bestaan nog allerlei andere plastische reconstructie-methoden, waarop ik hier niet nader zal ingaan. Men kan bijvoorbeeld de doorsnedebeelden op glasplaten van bepaalde dikte teekenen, en deze dan op elkaar stapelen, zooals dit voor de microscopie door His is aangegeven.

b. Het maken van de reeks van planigrammen.

Ten eerste kan men achtereenvolgens een reeks van planigrammen maken en daarbij buis en plaat op dezelfde hoogte (t.o.v. het object) laten, terwijl men het vlak van instelling telkens hooger kiest, door het draaipunt der beweging steeds hooger te nemen.

Ten tweede kan men het focus op dezelfde hoogte laten en ook het draaipunt der beweging op hetzelfde niveau laten, terwijl men de plaat steeds hooger brengt. Men kan ook op een reeks van filmen tegelijkertijd projecteeren, op de manier, die in hoofdstuk IV F is aangegeven.

De eerste manier heeft het voordeel, dat men de plaat telkens zeer dicht bij het object kan brengen. Een nadeel is echter, dat men verteekening krijgt, doordat de hooger gelegen vlakken grooter

afgebeeld worden dan die, welke lager, dus dichter bij de plaat liggen.

Stel bijvoorbeeld, men wil het lichaam reconstrueeren, dat in de figuren 27a en 27b met $A B C D$ is aangegeven. Natuurlijk zijn slechts twee dimensies aangegeven.

In fig. 27a is de eerste der bovengenoemde werkwijzen schema-

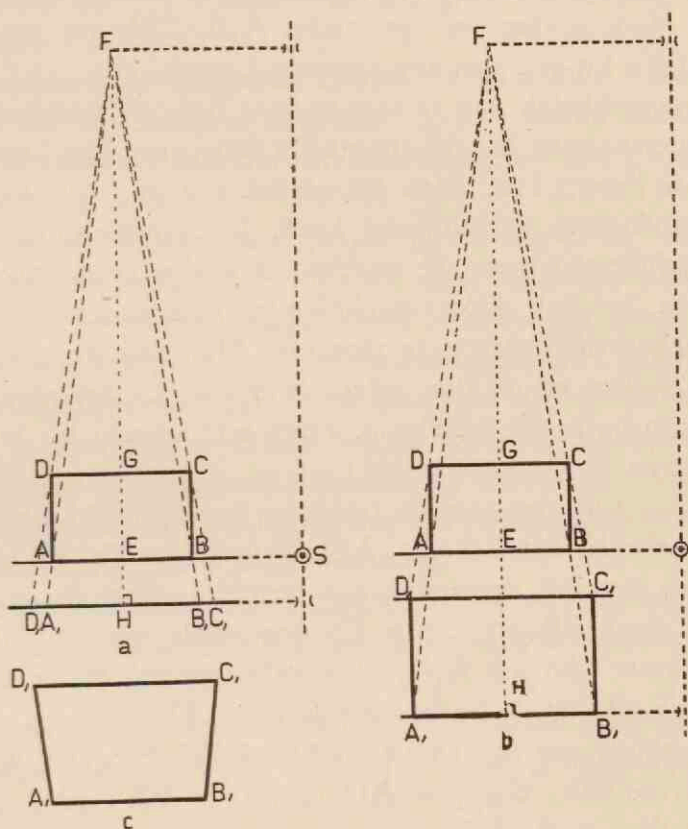


Fig. 27.

tisch voorgesteld. Maakt men eerst een planigram van het vlak, dat door AB gaat, dan zal men het beeld A_1B_1 krijgen. Als draai-punt is S gekozen. We weten nu $AB : A_1B_1 = FE : FH$, dus

$$A_1B_1 = AB \frac{FH}{FE}.$$

Maakt men een planigram van het vlak door CD , dan zal men het beeld C_1D_1 krijgen. $C_1D_1 = CD \frac{FH}{FG}$.

Nu is uit de figuur reeds onmiddellijk te zien, dat C_1D_1 grooter is dan A_1B_1 .

$$\frac{C_1D_1}{A_1B_1} = \frac{CD \frac{FH}{FG}}{AB \frac{FH}{FE}} = \frac{\frac{FH}{FG}}{\frac{FH}{FE}} = \frac{FE}{FG}$$

Indien we nu met behulp van de verkregen beelden gingen reconstrueeren, dan zouden we het model $A_1B_1C_1D_1$ uit fig. 27c zien ontstaan. We krijgen dus een vervormd model.

Het is gemakkelijk aan te toonen, dat deze vervorming niet optreedt, wanneer men het draaipunt der beweging van buis en plaat op dezelfde hoogte laat, doch het niveau van de films voor de verschillende vlakken verschillend kiest. De planigrammen kunnen hierbij tegelijkertijd gemaakt worden, zooals in hoofdstuk IV, F is aangegeven, en wel, door verschillende films onder elkaar in een speciaal gebouwde cassette te plaatsen. Men kan de opnamen ook na elkaar maken en de film iedere keer wat hoger plaatsen, wat natuurlijk op hetzelfde neerkomt. (Een middenweg is, dat men de planigrammen in groepen maakt).

Nemen we aan, dat men de opnamen tegelijkertijd maakt en dat men bijvoorbeeld het lichaam ABCD uit fig. 27b wil reconstrueeren. Stel, dat het draaipunt der beweging van focus en plaat in het vlak door AB gekozen is. De doorsnede van dit vlak zal dan op de onderste film als A_1B_1 afgebeeld worden en de doorsnede van het vlak CD op de bovenste film als C_1D_1 .

Naar analogie met fig. 18 uit hoofdstuk IV, F, weten we nu, dat $AB : A_1B_1 = CD : C_1D_1 = AD : A_1D_1 = FE : FH$.

Volgens deze methode te werk gaande, krijgt men dus een model, dat geheel gelijkvormig is aan het oorspronkelijke object. Het zal echter vergroot zijn en wel in de verhouding $\frac{FE}{FH}$.

Natuurlijk moet men ervoor zorgen, dat bij het in elkaar zetten van het model tusschen de samenstellende vlakken dezelfde afstand bewaard wordt, als die, waarop de films zich gedurende de opname ten opzichte van elkaar bevonden.

c. De orientatie.

Wanneer men een reeks wasplaten gemaakt heeft, die tot een

model opeengestapeld moeten worden, dan is het natuurlijk noodzakelijk, dat deze zóó op elkaar komen te liggen, dat de doorsneden ten opzichte van elkaar niet verschoven zijn.

Evenals bij de microscopie zou men bij symmetrische objecten een zoogenaamde profielopname ter orientatie kunnen gebruiken. Aangezien deze werkwijze echter vrij omslachtig is en men haar zelden zal kunnen toepassen, heeft het geen zin er hier verder op in te gaan.

Eenvoudiger is het volgende middel om de platen zonder onderlinge verschuiving open te stapelen: Op alle platen worden merktekens aangebracht, die bij het opeenstapelen alle precies onder elkaar moeten komen.

Verreweg de eenvoudigste manier is, om naast het object minstens 2 verticale zuiltjes te zetten, die mee afgebeeld worden. Legt men dan later de planigrammen, of de teekeningen, die er naar gemaakt zijn, zoo op elkaar, dat de doorsnedebeelden van de zuiltjes elkaar precies bedekken, dan weet men ook, dat de doorsneden op de juiste manier boven elkaar liggen. Deze methode kan zonder meer toegepast worden, wanneer men bij het maken van de reeks van planigrammen het draaipunt der beweging op dezelfde hoogte laat, zooals in fig. 27b is aangegeven.

Veel ingewikkelder wordt het echter, wanneer men bij het maken van de planigrammen te werk zou gaan volgens de methode, die beschreven is bij fig. 27a.

In dat geval is het veel eenvoudiger om op de films merktekens aan te brengen op de wijze, zooals in fig. 28 is aangegeven. Naast

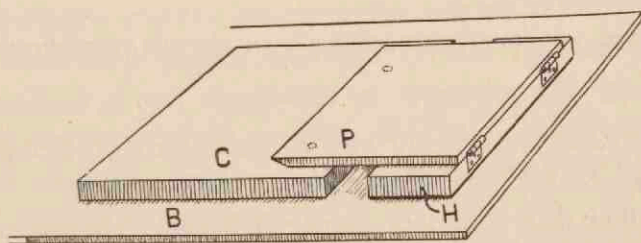


Fig. 28.

de cassette C komt een vrij zwaar blok H te staan, dat aan den onderkant met gummi bekleed is, omdat het niet ten opzichte van

het bewegende blad B mag verschuiven. Aan dit blok H is een plaat P van weinig absorbeerend materiaal scharnierend verbonden. Deze plaat komt door haar eigen gewicht op de cassette te liggen. Aan den onderkant hiervan zijn twee merkteekens van lood vast gemaakt, die dus op de film twee beeldjes vormen. Door nu bij alle opnamen het blok op zijn plaats te laten liggen en de cassetten telkens onder de plaat P te schuiven, kan men op alle films merkteekens op overeenkomstige plaatsen aanbrengen. (Hetzelfde hulpapparaat zal in sommige gevallen ook zeer geschikt blijken te zijn om, als het noodig is, merkteekens aan te brengen bij de analyse van het gewone röntgenogram. Zie hoofdstuk V, B, c).

Gebruikt men films in enkelverpakking, dan kan men deze merkteekens van lood iederen willekeurigen vorm geven; natuurlijk moet de onderkant vlak zijn. Bij het gebruik van versterkingsschermen bestaat eenige afstand tusschen film en merkteeken. Men kan dan van dit laatste nog een mooi beeld krijgen, wanneer het bijvoorbeeld bestaat uit een looden blokje met een smal recht kanaaltje er doorheen. Dit kanaaltje zal dan de röntgenstralen slechts bij een bepaalden stand van het focus ten opzichte van dat merkteeken doorlaten.

De merkteekens kunnen natuurlijk ook op de cassetten zelf aangebracht worden. Deze moeten dan telkens nauwkeurig op dezelfde plaats van het bewegende blad komen te liggen.

Is het mogelijk om de films telkens nauwkeurig op dezelfde manier in de cassettes te leggen, die dan zelf ook weer alle op dezelfde plaats moeten komen, dan kan men later de beelden eenvoudig met de randen op elkaar leggen.

d. De verdere verwerking van de planigrammen.

Voor de verdere bewerking van de reconstructie der planigrammen moet men teekeningen op papier maken.

We gebruiken hiervoor een sterke lichtkast. Hierop worden de planigrammen gelegd, overdekt met een doorschijnende papiersoort, waarop men dan de gewenschte contouren kan overtrekken. Natuurlijk moeten ook de orientatiepunten nauwkeurig aangegeven worden.

Om een model van het object te krijgen, kan men nu naar deze

teekeningen wasplaten maken, waarvan de dikten gelijk zijn aan de overeenkomstige afstanden tusschen de films; eventueel aan de onderlinge afstanden der instelvlakken, nadat deze met de vergroo-tingsfactor vermenigvuldigd zijn. Zooals gezegd, moeten deze wasplaten dan op de juiste manier op elkaar gestapeld worden, om het gewenschte model te krijgen, waarbij men zich naar de merkpunten oriënteeren moet.

We volgen hierbij niet in alle bijzonderheden de oorspronkelijke techniek, zooals die (voor de microscopie) door Born is aangegeven. Door hem worden de oorspronkelijke, buiten het object gelegen orientatiepunten eveneens op de wasplaten overgebracht. Het verdient aanbeveling een dergelijke techniek toe te passen, als door Lebedkin voor de microscopie is beschreven.

Allereerst worden de teekeningen op de juiste manier op elkaar gelegd, en wel als volgt. Stel, men heeft op iedere teekening twee merkteekens. Alle teekeningen worden nu gezamenlijk op twee spelden geprikt, waarbij men er voor zorgt, dat steeds dezelfde plaats van het merkteeken doorboord wordt. Zoo krijgt men dus alle teekeningen nauwkeurig op de juiste manier op elkaar, waarna men ze nog kan vastklemmen. Nu kan men binnen de grenzen van de doorsnede secundaire merkteekens aanbrengen, door alle teekeningen in verticale richting te doorboren, bijvoorbeeld met een speld. Lebedkin heeft hiervoor een bijzonder instrumentje aangegeven. Men moet deze secundaire merkteekens dan nog even met kruisjes van verschillende kleur nader aanduiden. Stapelt men later de schijven op elkaar, dan heeft men er alleen maar voor te zorgen dat deze laatste merkteekens boven elkaar komen te liggen.

De teekeningen worden nu op platen van de vereischte dikte aangebracht. Voor deze platen kan men verschillend materiaal kiezen. Het eenvoudigst is, om wasplaten te nemen, zooals gewoonlijk ook bij de microscopie gebruikt worden. Wil men doorzichtige objecten maken, dan doet men het beste om gelatine platen te nemen, zooals dat door Lapin is aangegeven.

Voor verdere bijzonderheden moge ik verwijzen naar de publicaties van de hierboven genoemde auteurs.

Heeft men dus de teekeningen op de platen overgebracht, waarbij dus ook de secundaire merkteekens aangegeven zijn, dan doorboort men ze op de plaatsen van deze merkteekens. Vervolgens worden

de platen langs de contouren van het object afgesneden. Men kan nu door de gaatjes van de merkteekens naaldjes steken, en zoo de platen gemakkelijk op de juiste manier op elkaar stapelen. Is dit gebeurd, dan worden de platen op de gebruikelijke wijze op elkaar gekleefd, waarna men alleen het buitenoppervlak van het aldus verkregen model nog wat heeft af te werken.

HOOFDSTUK V.

PRACTISCHE TOEPASSINGEN.

A. Toepassingsmogelijkheden der planigraphie.

De vraag naar de toepassingsmogelijkheden der planigraphie is alsnog niet gemakkelijk te beantwoorden. Wel kan men reeds zeggen, wààr het mogelijk zal zijn, de methode te gebruiken, maar voorloopig is het nog moeilijk te bepalen, waar dit aangewezen is.

Bij de bespreking van de praktische toepassingen moeten twee verschillende toepassingswijzen uit elkaar gehouden worden.

In de eerste plaats kan men de methode gebruiken als een middel om bepaalde grootere gedeelten van het object scherp af te beelden, terwijl de rest min of meer vervaagd wordt. Men kan zoo bijvoorbeeld het os petrosum, geprojecteerd volgens Stenvers, scherp afbeelden, terwijl de ervoor en erachter gelegen gedeelten van het schedeldak een vervaagd beeld geven. Hiertoe wordt dan een geringe bewegingsuitslag van de buis gekozen.

Een geheel andere groep van toepassingsmogelijkheden krijgt men, wanneer men de scherp afgebeelde zône zoo smal kiest, dat practisch slechts één vlak van het object wordt afgebeeld.

Bij de bespreking van deze laatste groep, komt wel allereerst in aanmerking de fijnere analyse van het normale en van het pathologische röntgenogram. Daarnaast is de methode bij uitstek geschikt voor het uitvoeren van nauwkeurige metingen, zooals hierboven reeds nader uiteengezet is.

Het is nog niet te zeggen, welke van de twee bovengenoemde werkwijzen op den duur de meeste klinische toepassingsmogelijkheden zal vinden.

Over de methode met geringe vervaging wordt in dit proefschrift weinig gezegd, omdat het ieder duidelijk zal zijn, waar men deze werkwijze zal kunnen toepassen. Bovendien zullen de beelden, die men dan krijgt, zooveel overeenkomst met het gewone röntgenogram vertoonen, dat een uitvoerige bespreking niet noodzakelijk is.

Natuurlijk is het ook bij de planigraphie weer, zooals bij alle andere meer speciale methoden van onderzoek, hoe meer ervaring men heeft in de eenvoudige methoden, des te eerder zal men het zonder de meer verfijnde kunnen stellen. De hulpmethode zal echter steeds van groote waarde blijven voor het toetsen van de oorspronkelijke methode en voor het verkrijgen van een beter inzicht in de beteekenis der resultaten.

B. Analyse van het röntgenogram.

a. Inleiding.

Als belangrijkste toepassing volgt hier eerst de analyse van het normale röntgenogram. Gaat men na, welke andere methoden daartoe reeds toegepast zijn, dan komt in de eerste plaats de gewone vergelijking van het röntgenogram met het onderzochte voorwerp zelf. Verder is een belangrijk hulpmiddel de röntgenstereoscopie. Ook kan men bepaalde onderdeelen van het object wegnemen, bijvoorbeeld van den skeletschedel, en zien wat er in het röntgenbeeld verdwijnt, of, wat op hetzelfde neerkomt: men kan steeds meer van het object wegnemen, totdat een bepaald detail uit het beeld verdwijnt. Deze methode is o.a. door Stenvers toegepast bij het verifiëren van de beteekenis van de linea innominata in het schedelröntgenogram. Deze lijn ontstaat bij sagittale projectie van den schedel, doordat de stralen raken aan de facies temporalis van de ala magna ossis sphenoidalis. Verder paste Stenvers deze werkwijze toe bij het opzoeken van de grenzen van den sinus sphenoidalis in het bilaterale röntgenogram van den schedel.

Men kan ook contrastlichamen aanbrengen, zooals Granger bijvoorbeeld gedaan heeft bij de analyse van de beelden der neusbijholten. Door de verschillende bijholten (sinus sphenoidalis, cellulae ethmoidales anteriores en cellulae ethmoidales posteriores), gelijktijdig te vullen met pastae van onderling verschillende absorptiecoëfficiënt, kon hij de uitbreiding der verschillende bijholten nagaan.

Een andere methode is het object in vele dunne plakken te snijden en deze een voor een te röntgenen, waarna men de zoo verkregen röntgenogrammen met het röntgenbeeld van het geheele object vergelijken kan.

De bovengenoemde methoden zijn over 't algemeen zeer bewerkelijk, terwijl het noodzakelijk is, het object op te offeren.

In de planigraphie heeft men een nieuw, eenvoudig hulpmiddel om het röntgenogram met groote zekerheid te analyseeren zonder het object op te offeren. Maakt men van het voorwerp eerst een gewoon röntgenogram en daarna planigrammen met dezelfde hoofdprojectierichting en met denzelfden afstand van focus tot object, en van focus tot plaat, dan kan men de lijnen van het gewone röntgenogram in de overeenkomstige planigrammen terugvinden. Zooals reeds eerder is opgemerkt, zullen niet alle lijnen van het planigram in het gewone röntgenogram zijn terug te vinden.

Bij deze methode van analyse doen zich nu twee vragen voor, namelijk, hoe men de onderdeelen van het planigram moet interpreteren, en verder, hoe men het röntgenogram met de planigrammen moet vergelijken.

b. Analyse van het planigram.

In het algemeen zal de duiding van de verschillende détails van het planigram geen moeilijkheden opleveren, wanneer men de anatomie van het object nauwkeurig kent. Gelukt het dan toch nog niet, dan kan men het object in den zelfden stand brengen, waarin het zich tijdens de opname bevond; aangezien men de hoogte en de richting (meestal horizontaal) van het instelvlak nauwkeurig kent, zal men dan door uitmeten het afgebeelde onderdeel meestal gemakkelijk kunnen terugvinden.

Men kan ook een zijdelingsche contrôlephoto gebruiken, die gemaakt is volgens de in hoofdstuk IV, H beschreven methode (fig. 23).

c. Vergelijking van het röntgenogram met de planigrammen.

De eenvoudigste, en in de meeste gevallen wel doeltreffende manier, is om de beelden eenvoudig op het oog met elkaar te vergelijken. De verschillende lijnen zullen dikwijls wel een zoo groote overeenkomst in vorm en ligging vertoonen, dat men alleen reeds daaruit tot identiteit mag besluiten.

Is dit niet het geval, dan moet men in het planigram en in het gewone röntgenogram twee punten van het beeld uitkiezen, die men op beide beelden kan terugvinden. Men kan dan, om de identiteit

van de andere lijnen aan te toonen, het planigram en het gewone röntgenogram zoo op elkaar leggen, dat de gevonden overeenkomstige punten elkaar bedekken. (Het behoeft niet gezegd te worden, dat men dan geen planigrammen kan gebruiken, waarbij het niveau van de film anders gekozen is, dus bijvoorbeeld niet meerdere planigrammen, die tegelijk gemaakt zijn.)

Bij het vergelijken zou men het oorspronkelijke planigram en het röntgenogram op elkaar kunnen leggen, om zoo het geheel voor de lichtkast te bekijken; gemakkelijker is het echter om de lijnen van het planigram eerst op doorschijnend papier te teekenen, waarmee men dan later het gewone röntgenogram kan bedekken.

Gelukt het niet, om op ieder planigram minstens twee gedeelten van het beeld te vinden, die ook in het gewone röntgenbeeld te zien zijn, dan moet men ter orientatie afzonderlijke merkteekens aanbrengen. Dit kan men doen op de verschillende manieren, die in hoofdstuk IV, N, c (plastische reconstructie, enz.) beschreven zijn.

Legt men planigram en gewoon röntgenogram op elkaar, dan zullen alle overeenkomstige lijnen elkaar overdekken, wanneer de aangebrachte merkteekens op elkaar liggen.

Bij de vergelijking van het gewone röntgenogram met de planigrammen kan men ook nog anders te werk gaan.

Men kan de in hoofdstuk IV, L en M, beschreven methoden toepassen, waarbij men het planigraphisch beeld en het gewone röntgenbeeld op dezelfde film laat ontstaan, door na het maken van het planigram op dezelfde film nog een opname te maken, terwijl de röntgenbuis stilstaat. Men heeft dan planigram en gewoon röntgenogram als het ware in één film op elkaar gelegd.

Tenslotte kan men het planigram met sterke vervaging en het gewone röntgenbeeld zonder vervaging nog met elkaar vergelijken, door een of meer opnamen te maken, waarbij het instelvlak op hetzelfde niveau gekozen wordt als bij het maken van het planigram, maar waarbij men de vervaging telkens geringer kiest. Meestal zal men reeds kunnen volstaan met één dergelijk beeld, dat dus een overgang van het planigram naar het gewone röntgenogram vormt.

C. Analyse van eenige normale röntgenogrammen.

Bij de beschrijving van eenige resultaten van de planigraphische

methode, zal ik allereerst beginnen met analyses van eenige röntgenogrammen van den schedel, die volgens bepaalde, veel gebruikte projectierichtingen gemaakt zijn.

Hierbij zal ik grootendeels geschetste teekeningen van de röntgenogrammen gebruiken. ¹⁾ Gedeeltelijk zijn deze zoo gemaakt, dat de lijnen van het röntgenogram (of planigram) eerst voor de lichtkast op een doorschijnend papier overgeteekend werden. Vervolgens werd deze teekening met behulp van graphietpapier op teekpapier doorgedrukt, waarna de teekening verder afgewerkt kon worden. Deze methode hebben we voornamelijk dan toegepast, wanneer het planigrammen betrof, waarvan we voor de analyse van het röntgenbeeld toch doorschijnende teekeningen moesten hebben. Voor ingewikkelde röntgenogrammen heb ik een andere werkwijze gekozen. We maakten eerst op zachtwerkend photographisch papier een afdruk; dan werden de verschillende lijnen van het röntgenbeeld met Oostindische inkt overgetrokken; tenslotte maakten we het oorspronkelijke beeld onzichtbaar door het zilver op te lossen.

Als eerste voorbeeld heb ik een zeer bekende projectierichting gekozen, waarvan het resultaat reeds door Granger is geanalyseerd. Granger koos onder meer een richting, die het mogelijk maakte om het voorste en bovenste gedeelte van den sinus sphenoidalis, dus het gedeelte vlak onder den sulcus chiasmatis, nog juist buiten de schaduwbeelden der andere neus-bijholten te projecteeren. De patiënt moet daartoe voorover op de plaat gelegd worden, en wel met het voorhoofd lager dan de kin, zoodanig, dat de verbindingslijn van glabella en processus alveolaris maxillae een hoek van 17° met de horizontale maakt. (Projectierichting verticaal).

Granger maakte bij de analyse gebruik van contrastgevende stoffen. Bepaalde gedeelten van den skeletschedel werden met loodreepjes bedekt, terwijl de neusbijholten opgevuld werden met looden kogeltjes of met contrastgevende pastae. Door de verschillende bijholten te vullen met pastae, die de röntgenstralen in verschillende mate absorbeerden, kon Granger de begrenzingen van iedere bijholte in het röntgenbeeld terugvinden.

1) In dit proefschrift zijn slechts weinig röntgenogrammen gereproduceerd. De teleurstelling die men door detailverlies steeds bij deze reproductie ondervindt, heeft mij ertoe doen besluiten, de röntgenogrammen (en planigrammen) voor een groot deel schematisch weer te geven.

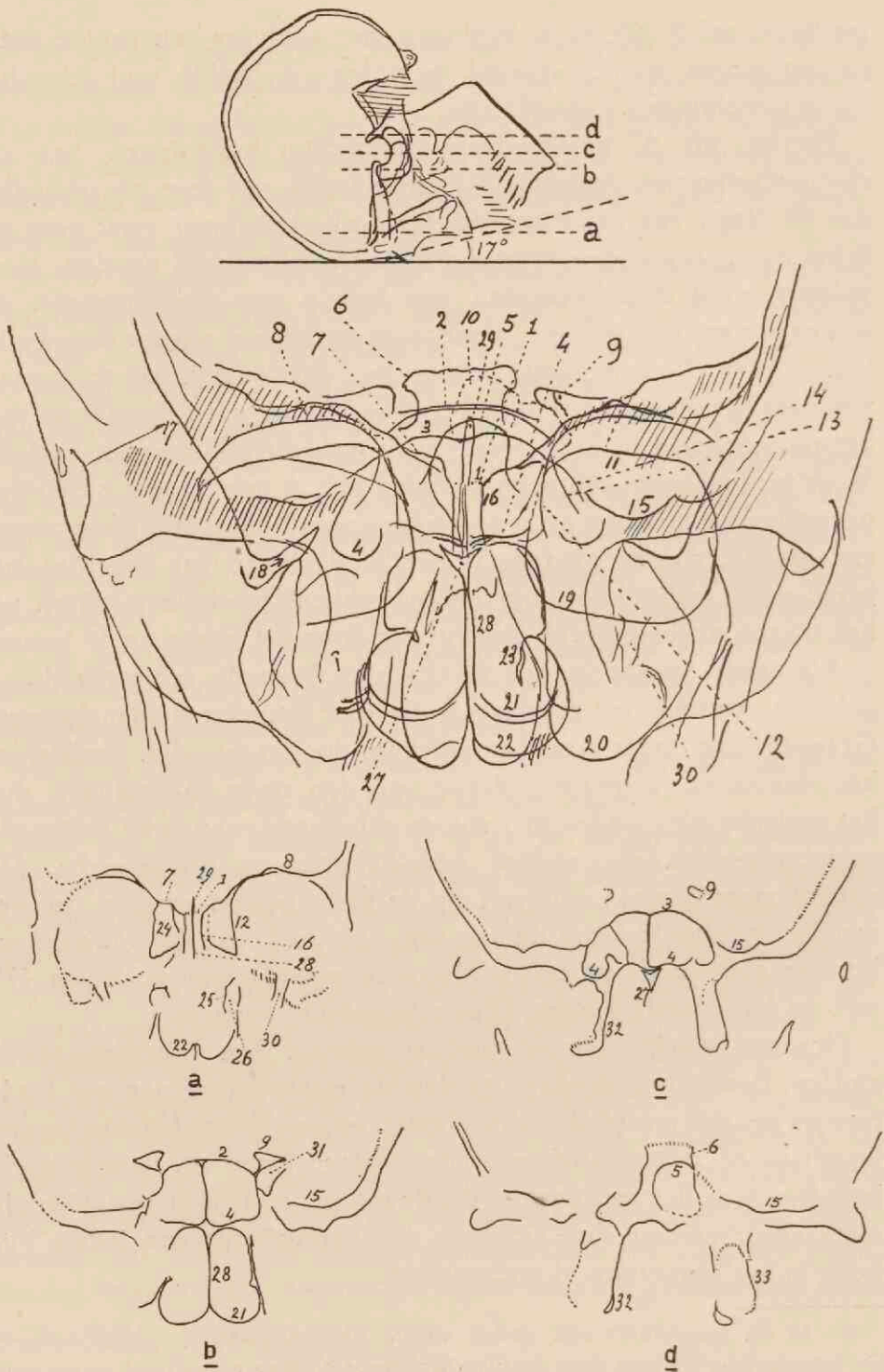


Fig. 29.

Schema van een postero-antérieur röntgenogram (Granger);
daaronder 4 planigrammen, gemaakt volgens de hulpfiguur.

BETEKENIS DER NUMMERS IN FIG. 29.

1. Lamina cribrosa.
2. Sulcus chiasmatis.
3. Bodem van de sella turcica.
4. Bodem van den sinus sphenoidalis.
5. Bovengrens van het achterste gedeelte van den sinus sphenoidalis.
6. Dorsum sellae.
7. Dak van de cellulae ethmoidales anteriores.
8. Orbitaaldak.
9. Processus clinoideus anterior.
10. Sinus frontalis.
11. Margo supraorbitalis.
12. Laterale wand van de cellulae ethmoidales anteriores.
13. Laterale wand van de cellulae ethmoidales posteriores.
14. Laterale wand van den sinus sphenoidalis.
15. Bodem van de middelste schedelgroeve.
16. Concha nasalis superior.
17. Linea innominata (Ala magna ossis sphenoidalis).
18. Fissura orbitalis inferior.
19. Margo infraorbitalis.
20. Bodem van den sinus maxillaris.
21. Onderste begrenzing van de choanae.
22. Onderst begrenzing van het voorste gedeelte der neusgangen.
23. Concha nasalis inferior.
24. Cellula ethmoidalis anterior.
25. Margo lacrimalis.
26. Sulcus lacrimalis.
27. Ala vomeris.
28. Septum nasi osseum.
29. Crista Galli.
30. Canalis infraorbitalis.
31. Fissura orbitalis superior.
32. Lamina medialis processus pterygoidei.
33. Lamina lateralis processus pterygoidei.

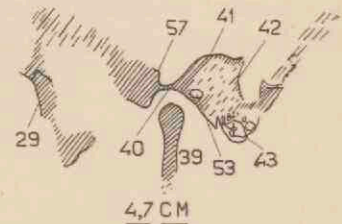
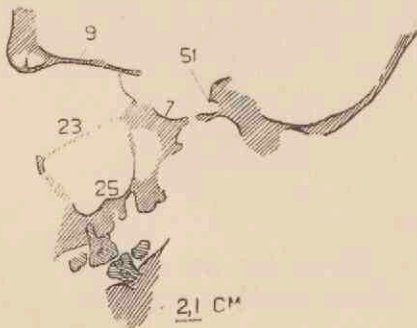
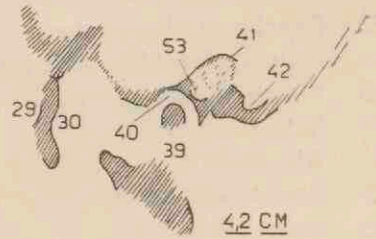
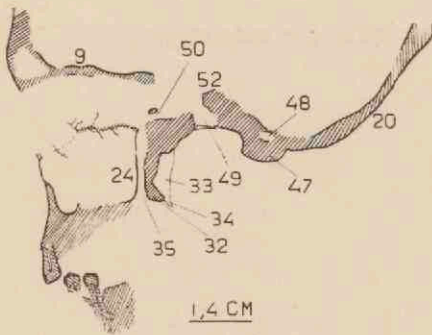
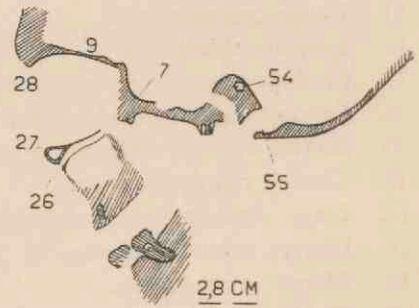
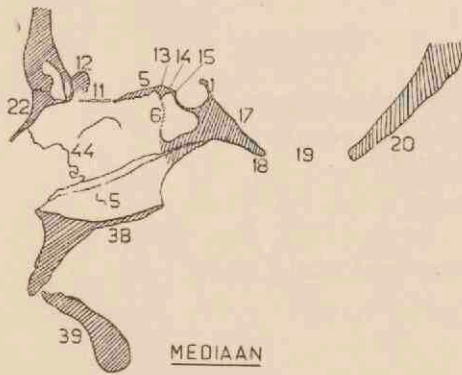
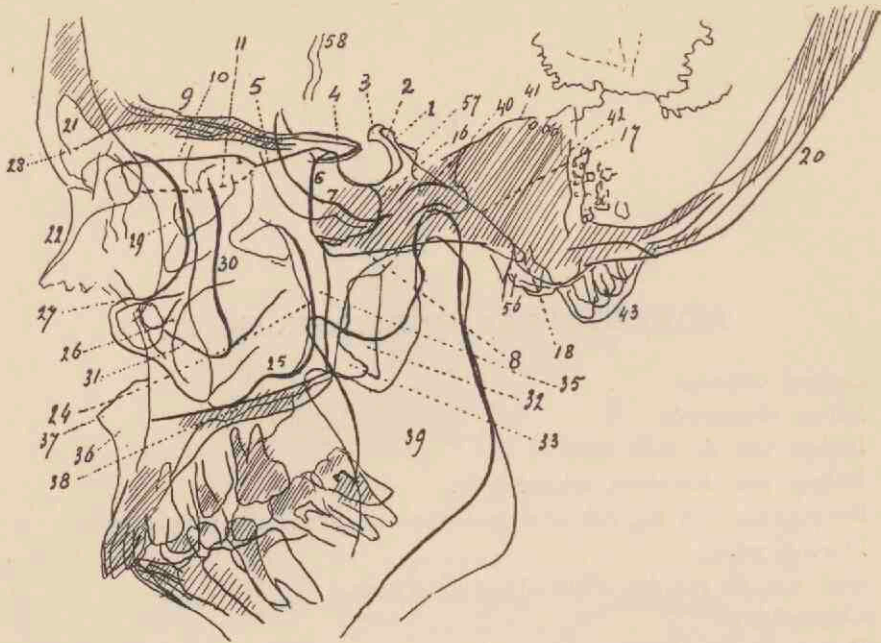


Fig. 31.

Schema van een bilateraal röntgenogram, een weinig craniaal excentrisch, daaronder schemata van 6 planigrammen, overeenkomend met het röntgenogram.

BETEKENIS DER NUMMERS IN FIG. 31.

- | | |
|--|---|
| 1. Dorsum sellae. | 26. Canalis infraorbitalis. |
| 2. Achterste begrenzing van de fossa hypophyseos. | 27. Margo infraorbitalis. |
| 3. Processus clinoides posterior. | 28. Margo supraorbitalis. |
| 4. Processus clinoides anterior. | 29. Margo orbitalis externus. |
| 5. Planum sphenoidale. | 30. Facies temporalis ossis zygomatici et ossis maxillaris. |
| 6. Voorwand van den sinus sphenoidalis. | 31. Facies malaris ossis zygomatici. |
| 7. Bodem van de middelste schedelgroeve. | 32. Lamina medialis ossis pterygoidei. |
| 8. Bovenste pharynxwand. | 33. Lamina lateralis ossis pterygoidei. |
| 9. Orbitaaldak. | 34. Hamulus ossis pterygoidei. |
| 10. Dak van de cellulae ethmoidales anteriores. | 35. Canalis palatinus. |
| 11. Lamina cribrosa. | 36. Processus alveolaris maxillae. |
| 12. Crista Galli. | 37. Spina nasalis anterior. |
| 13. Limbus sphenoidalis. | 38. Palatum durum. |
| 14. Sulcus chiasmatis. | 39. Mandibula. |
| 15. Tuberculum sellae. | 40. Fossa mandibulae. |
| 16. Achterste begrenzing van den sinus sphenoidalis. | 41. Eminentia arcuata. |
| 17. Clivus. | 42. Sulcus sigmoideus. |
| 18. Basion. | 43. Processus mastoideus. |
| 19. Foramen magnum. | 44. Septum nasi. |
| 20. Squama occipitalis. | 45. Vomer. |
| 21. Sinus frontalis. | 47. Condylus occipitalis. |
| 22. Os nasale. | 48. Canalis hypoglossi. |
| 23. Bovenwand van den sinus maxillaris. | 49. Foramen lacerum. |
| 24. Achterste begrenzing van den sinus maxillaris. | 50. Foramen rotundum. |
| 25. Onderste begrenzing van den sinus maxillaris. | 51. Canalis caroticus. |
| | 52. Apex pyramidis. |
| | 53. Meatus acusticus externus. |
| | 54. Meatus acusticus internus. |
| | 55. Foramen jugulare. |
| | 56. Processus styloideus. |
| | 57. Jugum cerebrale. |
| | 58. Sulcus sphenoparietalis. |

a. *Aanalyse van het postero-antérieure schedelröntgenogram (Craniaal-excentrisch, Granger.).*

In fig. 29 is het schema van een gewoon röntgenogram weergegeven (Projectierichting Granger). De hulpfiguur erboven stelt de zijdelingsche contrôlephoto voor, waarop met a, b, c en d is aangegeven, op welke hoogte voor de verschillende planigrammen is ingesteld. Tenslotte vindt men in de figuren 29a, b, c en d, eenige van de gemaakte planigrammen. In fig. 30 is een der planigrammen (c) afzonderlijk gereproduceerd.

De verschillende onderdeelen van het gewone röntgenogram en van de planigrammen zijn overeenkomstig genummerd. De betekenis der verschillende getallen is op blz. 65 vermeld.

b. *Analyse van het bilaterale schedel-röntgenogram.*

Als tweede voorbeeld van een analyse heb ik het bilaterale röntgenogram van den schedel gekozen (fig. 31). De bijgevoegde figuren spreken voor zichzelf, zoodat nadere toelichting nauwelijks noodig is. De planigrammen zijn gemaakt volgens sagittale vlakken. Onder ieder planigram is de afstand van het instelvlak tot het mediane vlak aangegeven.

De planigrammen van de meest mediaal gelegen vlakken zijn hier niet alle aan toegevoegd. Dergelijke doorsneden van een anderen schedel treft men in fig. 20 aan.

Het is misschien van belang om, aan de hand van het gewone röntgenogram op eenige bijzonderheden te wijzen, die bij dit onderzoek goed tot uiting kwamen, en die men in de meeste röntgenogrammen kan terugvinden.

Beschouwt men den rug van de sella turcica, dan ziet men achter elkaar eenige lijnen. De lijn 1 komt overeen met de achterzijde van den sellarug; 3 met den voorkant van de laterale gedeelten van den sellarug en de proc. clinoides posteriores; 2 wordt gevormd door de achterste begrenzing van het mediane gedeelte van de sellaholte. Wil men zich omtrent de grootte van de sellaholte oriënteren, dan moet men dus op deze laatste lijn letten. Men ziet verder, dat van de voorste schedelgroeve aan iederen kant drie lijnen afgebeeld worden, die men ook altijd kan terugvinden. De lijn 11 wordt ge-

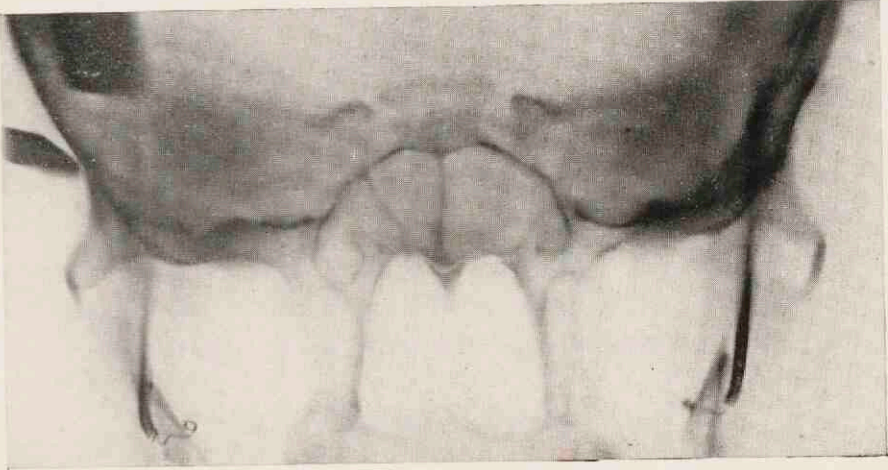


Fig. 30.

Het planigram, dat in fig. 29c schematisch is weergegeven.

vormd door de lamina cribrosa, die bijna altijd in een naar beneden convexe bocht blijkt te verlopen; 10 door het dak van den sinus ethmoidalis; met 9 is het orbitaaldak aangegeven, dat niet als een enkelvoudige lijn wordt afgebeeld, daar het oppervlak door de vele impressiones onregelmatig is.

Tenslotte is het belangrijk erop te letten, hoe hier de bodem van de middelste schedelgroeve en de voorste en onderste begrenzingen van de sinus sphenoidales zich onderling verhouden. De bodem van de middelste schedelgroeve ziet men meestal als een lijn, die uit drie bogen bestaat, die overeenkomen met hersenwindingen. De lijn, die door de voorste begrenzing van den sinus sphenoidalis gevormd wordt (6), kruist meestal de lijn van de middelste schedelgroeve (7) en verloopt eerst schuin van achter-boven naar voor-onder, om dan naar achteren om te buigen en over te gaan in de beenige begrenzing van het bovenste gedeelte van den pharynx (8). Gaat men de litteratuur na, dan merkt men op, dat vele auteurs deze lijnen in de meeste gevallen niet kunnen terugvinden.

D. Klinische toepassingen.

In het volgende zal ik mij beperken tot het beschrijven van eenige gevallen, waarbij we de methode met succes konden toepassen, en wel zal ik daartoe kiezen:

1. Een geval van craniofaciale dysostose (Morbus Crouzon), waarbij wij met behulp van de planigraphie nauwkeurig konden vaststellen, hoe en in welke mate bepaalde gedeelten van den schedel van den normalen vorm afweken.
2. Een tumor cerebri, gepaard gaande met veranderingen aan den schedel, terwijl tevens aan het röntgenbeeld der met lucht gevulde hersenventrikels afwijkingen te zien waren.
3. Een tumor cerebri, die, na luchtinblazing in de hersenventrikels, met behulp van de planigraphie nauwkeurig te localiseeren was.

a. *Een geval van Craniofaciale Dysostose (Geval I).*

Voorgeschiedenis.

Patiënte B., oud 38 jaar, heeft volgens de familieanamnese van de geboorte af uitpuilende oogen gehad, terwijl ook de hoofdvorm

toen reeds afwijkend van het normale was. Patiënte kon op school slecht leeren. Somatisch heeft zij zich in haar jeugd voldoende ontwikkeld.

Vanaf het 21e jaar klaagt patiënte veel over hoofdpijn. Sinds het 29e jaar vertoont patiënte aanvallen. De gelaatskleur wordt bleek, zij maakt pro- en supinatiebewegingen met de onderarmen; waarschijnlijk is patiënte tijdens den aanval bewusteloos. Aan het einde van den aanval braakt zij vaak. De geheele duur van den aanval is ruim twee uur. De frequentie is wisselend. Soms duurt het interval eenige maanden. Geregeld heeft patiënte last van duizelingen.

In de familie komen geen ontwikkelingsstoornissen voor; wel zenuwziekten; de vader pleegde suicide.

Neurologisch onderzoek.

Bij somatisch onderzoek wordt bij patiënte het volgende gevonden:

De schedel wijkt sterk af van den normalen vorm; door sterke voor-achterwaartsche verkorting bestaat brachycephalie. De bovenkaak wijkt terug, waardoor de neus gekromd is en een relatief prognathisme bestaat.

Er bestaat vrij sterke dubbelzijdige exophthalmus.

Beiderzijds wordt stuwingspapil gevonden ($1-1\frac{1}{2}$ dioptrie). De gehoorsscherpte is beiderzijds sterk verminderd; het vestibulair orgaan functioneert normaal. De motiliteit, de sensibiliteit en de reflexen zijn normaal.

We hebben hier te doen met een geval van craniofaciale dysostose, zooals die door Crouzon beschreven is.

Röntgenologisch onderzoek.

Bij de beschouwing van de sinistro-dextere en de postero-antérieure opname, waarvan de eerste het belangrijkste is (fig. 33), bleek het volgende: De schedel is in voor-achterwaartsche richting verkort. Er bestaat scaphocephalie. Het schedeldak is dun; van naden is geen spoor meer te zien; er zijn vele diepe impressiones digitatae; overigens is de beenstructuur normaal.

De schedelbasis is symmetrisch, de basishoek is in het normale röntgenogram niet met zekerheid te bepalen, omdat zoowel de lijn van het planum sphenoidale en de lamina cribrosa, als ook



Fig. 32.
Geval I. Craniofaciale dycostoc.

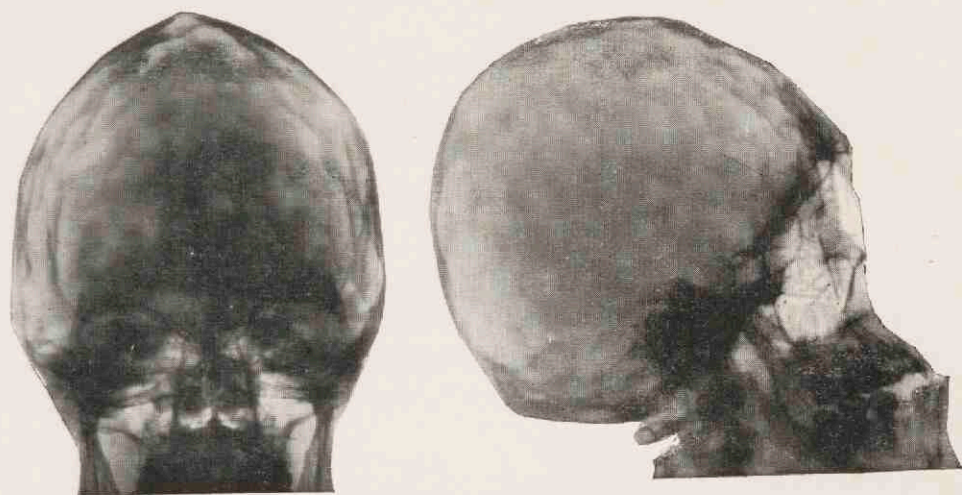


Fig. 33.
Geval I.

de lijn van den clivus op het gewone röntgenogram moeilijk te identificeren zijn. De margo infraorbitalis wijkt terug ten opzichte van de margo supraorbitalis. Ook de andere gedeelten van de maxilla strekken zich minder ver naar voren uit, zoodat een relatief prognathisme bestaat. Er zijn geen zichtbare endocranische verkalkingen.

Nog veel duidelijker wordt het röntgenbeeld bij beschouwing van de gemaakte planigrammen.

Planigraphisch onderzoek.

Bij het maken van het eerste planigram, dat links in fig. 34 schetsmatig is aangegeven, kozen wij het instelvlak mediaan. Rechts in de figuur is een overeenkomstig planigram weergegeven van een normaal geval.

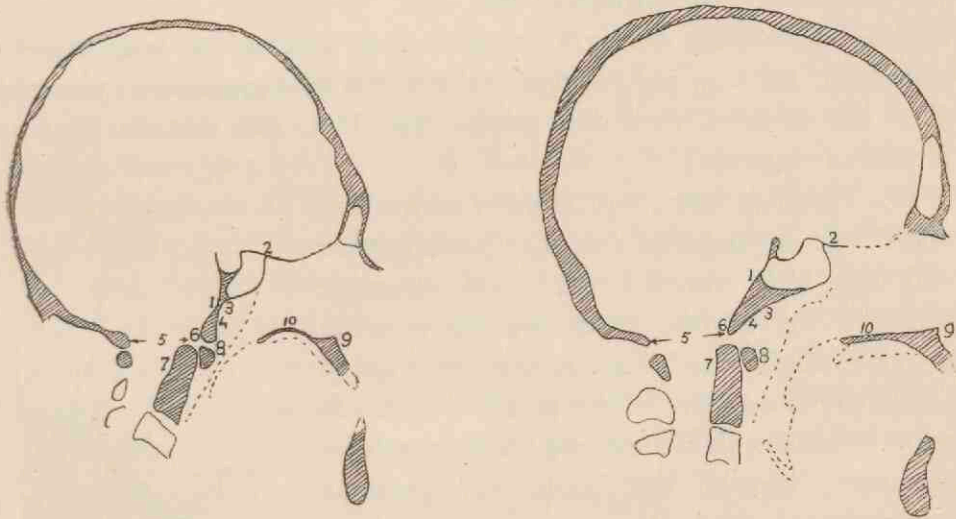


Fig. 34.

Mediaan planigram van de schedel, links bij Craniofaciale dysostose, rechts bij normalen schedel.

- | | |
|---|--|
| 1. Clivus. | 6. Voorrand van het Foramen magnum (Basion). |
| 2. Planum sphenoidale. | 7. Dens epistrophei. |
| 3. Pars occipitalis ossis sphenoidalis. | 8. Arcus anterior atlantis. |
| 4. Pars sphenoidalis ossis occipitalis. | 9. Processus alveolaris maxillae. |
| 5. Foramen magnum. | 10. Palatum durum. |

Op het planigram van de patiënte is in de eerste plaats te zien, dat de schedelbasishoek, dit is de hoek tusschen clivuslijn (1) en

planum sphenoidale (2), klein is, en dat deze slechts ongeveer 90° bedraagt. Verder blijkt, dat de aan elkaar grenzende gedeelten van het os sphenoidale (3) en van het os occipitale (4) zeer weinig ontwikkeld zijn. Het foramen magnum (5) ligt meer naar voren, dan gewoonlijk het geval is, zoodat de voorrand (6) niet meer boven den dens epistrophei (7), maar geheel boven den voorsten boog van den atlas (8) ligt. Tenslotte blijkt, dat het mediane gedeelte van den proc. alveolaris maxillae (9) meer naar achteren ligt, waarmee ook samenhangt, dat het palatum durum (10) sterk naar boven gewelfd is.

Uit de postero-antérieure opname blijkt nog, dat de cellulae ethmoidales zich vrij ver naar lateraal uitstrekken. De exophthalmus zou gedeeltelijk hieruit verklaard kunnen worden. De hoofdoorzaak voor den exophthalmus blijkt echter de achterwaartsche ligging van den ondersten orbitaalrand te zijn.

Om nauwkeurig de verkorting van de oogkas in voor-achterwaartsche richting na te gaan, hebben wij planigrammen gemaakt door het midden van den oogbol en door den canalis opticus (foramen opticum).

We kozen de linker orbita en plaatsten het hoofd van de patiënte zoo, dat het sagittale vlak een hoek van 30° met de horizontale maakte. Vervolgens lieten we de patiënte in horizontale richting kijken en kozen het instelvlak door het midden van de pupil. Daarna maakten we nog contrôle-opnamen, waarbij het hoofd van patiënte iets gedraaid werd. We kregen zoo het doorsnedebeeld, dat in fig. 35 met een getrokken lijn is geteekend. In de figuur stelt de gestippelde lijn de overeenkomstige doorsnede in een normaal geval voor. Uit deze figuur is onmiddellijk de relatieve verkorting van de orbita in voor-achterwaartsche richting af te lezen.

Conclusie.

In dit geval was het dus mogelijk, met behulp van de planigraphie, verschillende

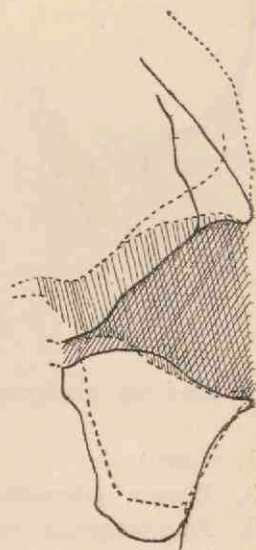


Fig. 35. Planigrammen van orbitae over elkaar geteekend.

Getrokken: Bij cranio-faciale dysostose.

Gestippeld: normaal.

vormveranderingen nauwkeurig te bepalen. Niet alle zijn zij nog in de literatuur beschreven. Sommige zijn trouwens aan den levende bezwaarlijk zonder de planigraphie te constateeren, o.a. de veranderingen aan het corpus ossis sphenoidalis en de pars sphenoidalis ossis occipitalis.

Het zal van belang zijn, het planigraphisch schedelonderzoek ook bij andere patiënten met dezelfde craniofaciale dysostosen toe te passen, om na te gaan, of bij die patiënten dezelfde veranderingen bestaan.

b. Een hersentumor met veranderingen aan het schedeldak en verdringing der hersenventrikels. (Geval II).¹⁾

Voorgeschiedenis.

Patiënte J. B., oud 37 jaar, had, toen zij in de Psychiatrisch-Neurologische Kliniek werd opgenomen, sinds 6 jaar aan hoofdpijn geleden, soms gepaard gaande met braken. Sedert 4 jaar was het de omgeving van patiënte opgevallen, dat de handen steeds in onrustige beweging waren; vanaf dien tijd is het haar gaan uitvallen. In den loop van de laatste drie jaren was het zien achteruitgegaan. Het loopen was moeilijk geworden, patiënte liep alsof zij beschonken was. Enkele malen is zij neergevallen, ze was dan niet bewusteloos, vertoonde geen trekkingen. De laatste maanden was patiënte incontinent. De psychische functies waren geleidelijk achteruitgegaan. Patiënte was vergeetachtig geworden, was onverschillig en interesseerde zich niet meer voor het huishouden en voor haar gezin.

Neurologisch onderzoek.

Bij opneming in de kliniek werd gevonden:

Sensorium een weinig beneveld. Stemming euphoor. Algemeene lichamelijke toestand vrij goed.

Pols: frequentie ongeveer 100 slagen per minuut; regelmatig, goed gevuld.

Kloppijnlijkheid van den schedel rechts fronto-temporaal.

1) Bij de hier gevonden aandoening, welke zich klinisch en grof anatomisch gedroeg als tumor cerebri, is bij histopathologisch onderzoek de diagnose niet met volkomen zekerheid komen vast te staan.

Visus beiderzijds $3/4$.

Beiderzijds stuwingspupil (± 4 D.).

Nystagmus met rotatoire component bij kijken naar links en naar rechts.

De linker mondhoek blijft iets achter bij beweging.

Er bestaat lichte hyperkinese van handen en voeten.

De gang is atactisch.

Röntgenologisch onderzoek.

Posterioro-anterieuze en sinistro-dextere opnamen.

Schedeldak: normaal van vorm, dikte en structuur. Geen abnormale vaattekening. Naden niet verwijd. Inwendig oppervlak normaal. Matig vermeerderde en verdiepte impressiones digitatae.

Schedelbasis: symmetrisch. Schedelbasishoek normaal. De sella turcica is tamelijk wijd. Het rechter orbitaaldak is in het voorste gedeelte waarschijnlijk wat dunner dan het linker.

Endocranieele verkalkingen zijn niet aanwezig.

Ventriculographie.

Aangezien de gevonden neurologische uitvalverschijnselen en het eenvoudig röntgenologisch onderzoek te weinig aanknoopingspunten opleverden, zijn we overgegaan tot ventriculographie. De linker achterhoorn werd gepuncteerd (Dr. Nuboer) en afwisselend werd liquor afgetapt en lucht ingeblazen.

Bij röntgenologisch onderzoek der met lucht gevulde ventrikels bleek, dat de rechter zijhoorn zich niet vulde, wanneer men patiënte op de linker zijde legde. De linker zijventrikel, de derde en de vierde ventrikel vulden zich wel met lucht.

De linker zijventrikel bleek sterk verwijd te zijn, vooral de pars media en de voorhoorn. Vooral het onderste gedeelte van den laatste was naar links verplaatst. Ook het infundibulum bleek zich te vullen.

Planigraphisch onderzoek.

Teneinde ons nauwkeuriger omtrent de verplaatsing van de verschillende gedeelten der ventrikels te kunnen oriënteeren, hebben we eenige planigrammen gemaakt, en wel volgens horizontale vlakken, terwijl de patiënte met het hoofd achterover lag, namelijk één

ter hoogte van het mastoid en één op 2 c.m. hoger gelegen niveau. We kregen dus beelden van frontale doorsneden door den schedel. In het zijdelingsche röntgenogram, fig. 36 links boven, is met de stippellijnen P_1 en P_2 schematisch aangegeven, waar de vlakken van doorsnede gekozen zijn. De schematische teekeningen P_1 en P_2 stellen de verkregen beelden voor. Uit deze figuren is te zien, dat

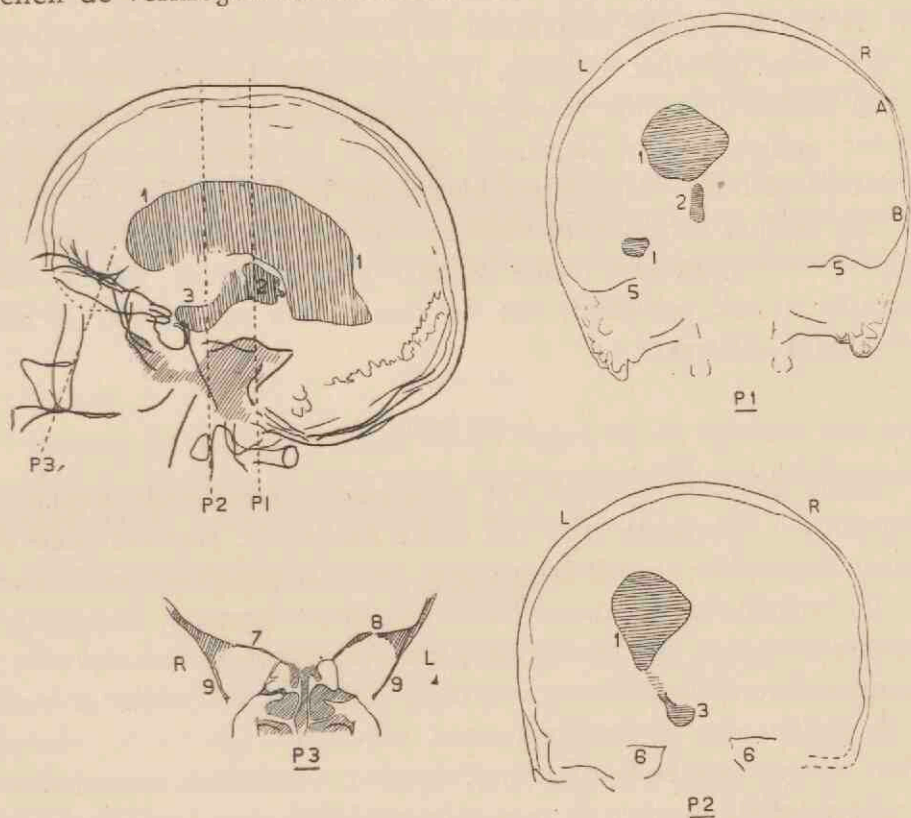


Fig. 36.

Geval II. Links boven: zijdelingsche contrôlephoto, rechts boven: planigram volgens P_1 ; rechts onder: planigram volgens P_2 ; links onder: planigram volgens P_3 .

- | | |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| 1. Linker zijventrikel. | 6. Spits der pyramide. |
| 2. Derde ventrikel. | 7. Rechter orbitaaldak. |
| 3. Infundibulum. | 8. Linker orbitaaldak. |
| 5. Bovenrand van het os petrosum. | 9. Linea innominata (Ala magna). |

de ventrikels verplaatst zijn, vooral ook het achterste gedeelte van den derden ventrikel, en dat het infundibulum nog vrijwel op zijn plaats is gebleven.

Bij dit planigraphisch onderzoek kwam nu tevens aan het licht, dat het schedeldak rechts temporo-parietaal (tusschen A en B) veel

dunner was, dan men bij vergelijking met de andere gedeelten van het schedeldak zou mogen verwachten. (Later is bij operatie gebleken, dat juist op deze plaats de tumor aan het schedeldak grensde).

Teneinde de verandering aan het rechter orbitaaldak nauwkeuriger na te gaan, hebben we ook hiervan nog planigrammen gemaakt. Patiënte werd daartoe met het hoofd voorover gelegd, zoo, dat de bovenrand der oogkassen met de uitwendige gehoorgangen in een verticaal vlak kwamen te liggen. We hebben toen eenige boven elkaar liggende vlakken planigraphisch in beeld gebracht. Onder anderen werd ingesteld op een horizontaal vlak 4 c.m. achter de glabella. We kregen hierbij het beeld P₃. Het bleek dus, dat het rechter orbitaaldak vlakker was dan het linker, en dat de impressiones digitatae rechts vrijwel niet zichtbaar waren. (Bij operatie is ook gebleken, dat de tumor zich tot op het rechter orbitaaldak uitstrekte.)

Conclusie.

Terwijl dus aanvankelijk het onderzoek onvoldoende aanknopingspunten opleverde voor een juiste localisatie, was het door de ventriculographie gecombineerd met het planigraphisch onderzoek vrijwel komen vast te staan, dat er een tumor bestond, die gelegen moest zijn rechts van de mediaanlijn. Gezien de plaatselijke verdringing van de ventrikels, zou deze zich waarschijnlijk tot dicht bij de mediaanlijn uitstrekken.

Uit de plaatselijke verdunning van het schedeldak meenden we te mogen afleiden, dat de tumor onmiddellijk aan het schedeldak grensde, terwijl we wegens de veranderingen aan het rechter orbitaaldak wel konden aannemen, dat de tumor zich ook frontaalwaarts tot boven de orbita uitstrekte.

Besloten werd tot operatie, waarbij een groote trepanatieopening rechts fronto-temporaal gemaakt zou worden.

Operatie (Dr. Gerber).

De schedelholte wordt met een groote temporo-frontale lap geopend. De dura is niet sterk gespannen, bombeert in het laterale gedeelte van de operatiewond en schemert daar wat geel door. Op die plaats blijkt de dura met de hersenen verkleefd te zijn. Nadat

de dura is losgemaakt, vertoont zich een weinig voor en boven de aanhechting van het oor, aan het oppervlak van de hersenen, een blaas, die geel doorschemert en ongeveer 5 c.m. in doorsnede is. De blaas wordt geopend. Er stroomt helder vocht af. Er blijkt nu een groote hoeveelheid necrotisch weefsel aanwezig te zijn. Dit wordt met een lepel verwijderd. De holte, die ontstaat, strekt zich uit tot over de mediaanlijn. Het linker orbitaaldak ligt bloot. Het tumorweefsel kan in de diepte niet verwijderd worden. Er is geen bloeding opgetreden. De dura wordt gesloten en de huidlap ingelegd.

Bij deze operatie bleek dus, dat de tumor juist op de plaats van de verdunning en op het rechter orbitaaldak aan den wand van de schedelholte grensde, terwijl hij zich tot over de mediaanlijn uitstrekte.

Decursus.

Hoewel de patiënte zich de eerste dagen na de operatie vrij goed voelde, is de toestand later weer slechter geworden. Ongeveer een maand na de operatie trad exitus letalis in.

Obductie.

Rechts fronto-parietaal een handpalmgrote trepanatieopening. In den sinus longitudinalis superior geen thrombose. De dura is, behalve in het operatiegebied, normaal.

Het hersenoppervlak is vochtig, rechts parietaal is een vuistgrote holte, gedeeltelijk gevuld met pappige hersenmassa. De holte reikt tot aan den bodem van de voorste schedelgroeve rechts, waar zich een hoeveelheid op etter gelijkend troebel vocht bevindt.

Conclusie.

We hebben hier dus een geval, waarbij de planigraphie ons belangrijke diagnostische gegevens leverde, doordat plaatselijke verdunningen van den wand der schedelholte aan den dag kwamen, waartoe uit de gewone röntgenogrammen niet met zekerheid besloten kon worden.

Bij dit geval was ook reeds van belang, dat nauwkeurig kon worden nagegaan, welke gedeelten van de ventrikels verdrongen

waren; nog meer zal dit voordeel aan den dag komen bij het volgende geval.

c. Een hersentumor met verdringing der hersenventrikels (Geval III).

Voorgeschiedenis.

J. W., oud 16 jaar, leed sinds twee jaar aan hoofdpijnen, die links frontaal gelocaliseerd werden, en die de laatste weken voor de opneming verergerd waren. De laatste maand braakte patiënt herhaaldelijk. Verder klaagde hij over dubbelzien, terwijl het gezichtsvermogen vooral aan het linker oog slechter was geworden.

De laatste weken voor de opneming was het aan de omgeving patiënt ook opgevallen, dat het gezicht scheef werd. Het loopen was achteruitgegaan, soms liep patiënt alsof hij dronken was. Hij was vergeetachtig geworden en kon soms niet op het goede woord komen.

Neurologisch onderzoek.

Bij opneming werd gevonden:

Patiënt maakt een zieken indruk.

Links bestaat lichte exophthalmus.

De optokinetische nystagmus naar links is minder dan die naar rechts.

Fundus: geen duidelijke afwijkingen.

Pupillen: links niet geheel rond; links kleiner dan rechts.

Het linker oog blijft iets achter bij kijken naar rechts.

De corneareflex is links lager dan rechts.

De rechter nervus facialis is paretisch in de onderste takken, terwijl vooral de mimiek van de rechter gelaatshelft gestoord is.

Bovenste extremiteiten: kracht rechts minder dan links.

Pees- en periostreflexen rechts hooger dan links.

Rechts ataxie en dysdiadochokineses.

Buikreflexen rechts lager dan links.

Onderste extremiteiten: kracht rechts minder dan links.

Reflexen rechts hooger dan links.

Rechts Babinski en Chaddock.

De bovengenoemde verschijnselen maakten het dus waarschijn-

lijk, dat we te doen hadden met een linkszijdige cerebrale haard. Aangezien de geheele rechter lichaamshelft paretisch was, kon aangenomen worden, dat de tumor zich tot in de diepte zou uitstrekken.

Röntgenologisch onderzoek.

Het gewone röntgenologisch onderzoek bracht ons eerst niet verder. Wij vonden het volgende:

Schedeldak: normaal van vorm en dikte. De naden normaal. Binnenoppervlak normaal. Geen vermeerdering of verdieping der impressiones digitatae. Geen enostosevorming.

Schedelbasis: symmetrisch; schedelbasishoek normaal; sella turcica vrij groot. De sinus sphenoidalis is niet als een met lucht gevulde holte zichtbaar. Geen plaatselijke ontkalkingen; geen hyperostose.

Endocranieele verkalkingen zijn niet aanwezig.

Ventriculographie.

De linker achterpool wordt gepuncteerd (Dr. Nuboer). Men laat 25 c.m.³ liquor afstroomen en blaast een ongeveer gelijke hoeveelheid lucht in.

Bij het bekijken van de ventriculogrammen bleek het volgende: Zie fig. 37, waarin boven het sinistro-dextere en links onder het antero-posterieure röntgenogram is weergegeven.)

Beide zijventrikels en de derde ventrikel hebben zich gevuld. De beide zijventrikels zijn verwijd, in het bijzonder de linker voorhoorn. De beide zijventrikels zijn naar rechts verdrongen, vooral in het middelste gedeelte. De derde ventrikel is vooral bovenaan naar rechts verdrongen. In hoeverre de achterste van de ventrikels verplaatst waren, kon uit de gemaakte röntgenogrammen moeilijk worden afgeleid; ook niet uit de röntgenogrammen, die bij vooroverliggen van den patiënt gemaakt zijn. Voorts was het niet mogelijk om met zekerheid na te gaan, welke gedeelten van de ventrikels het meest verdrongen waren; of zich namelijk deze verdringing meer naar voren of meer naar achteren bevond.

Planigraphisch onderzoek.

Om de plaats, waar de sterkste verdringing der hersenventrikels

bestond, nauwkeurig te bepalen, hebben we een reeks planigrammen gemaakt, waarbij het instelvlak frontaal werd gekozen en wel loodrecht op het vlak door de onderste oogkasranden en de uitwendige gehoorgangen (Duitsche horizontale).

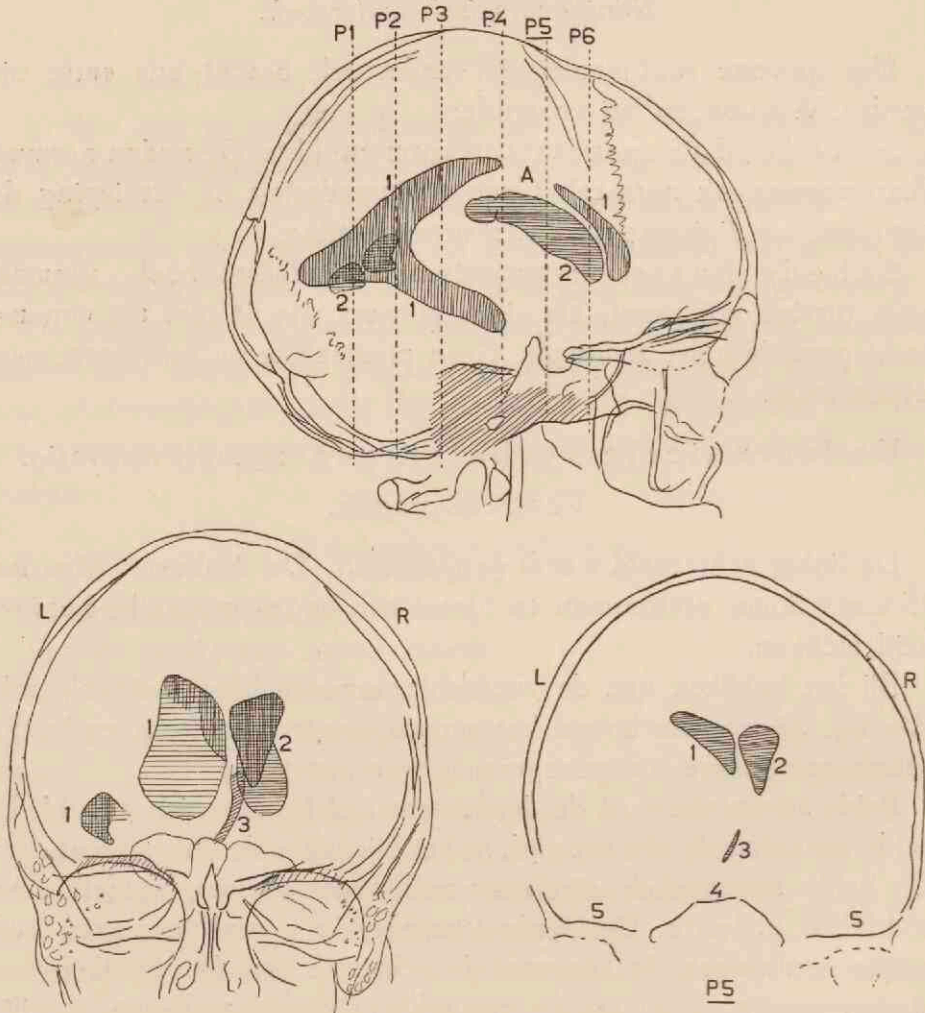


Fig. 37.

Geval III. Tumor cerebri. Boven: zijdelingsche contrôlephoto. Links onder: anteroposterieure opname craniaal excentrisch. Rechts onder: planigram volgens P. 5.

1. Linker zijventrikel.
2. Rechter zijventrikel.
3. Derde ventrikel.

4. Sellabodem.
5. Bodem van de middelste schedelgroeve.

Voor de planigrammen van de voorste gedeelten der ventrikels werd patiënt met het hoofd achterover gelegd, en voor de achterste

gedeelten voorover (zooals aangegeven met de Duitsche horizontale verticaal). Zooals uit het zijdelingsche röntgenogram te zien is, bevindt zich betrekkelijk weinig lucht in de ventrikels. Deze lucht zal zich natuurlijk bij elken stand van het hoofd uitsluitend in de hoogste gedeelten der ventrikels bevinden. De verschillende planigrammen zijn gemaakt volgens de vlakken, die in het bilaterale röntgenogram (fig. 37) schematisch zijn aangegeven. Het bleek, dat de sterkste verdringing zich bevond in het vlak P_5 . Rechts in de figuur is het planigram van dat vlak weergegeven.

Hiermede was dus de plaats van den tumor in voor-achterwaartsche richting volkomen bepaald.

Uit dit planigram blijkt tevens, dat het schedeldak in dit vlak geen plaatselijke afwijkingen in dikte vertoont. Dit zou ervoor kunnen pleiten, dat de tumor zich niet tot aan het hersenoppervlak uitbreidt. Men zou dit trouwens ook kunnen afleiden uit de ligging van den linker onderhoorn, welke zichtbaar is in het anteroposterieure röntgenogram (fig. 37, links onder).

Uit het planigram van het vlak P_1 bleek, dat de achterpolen van de ventrikels niet verplaatst waren.

Beschouwt men nu nog eens het bilaterale röntgenogram, dat gemaakt is met verticalen stralengang, terwijl de patiënt op den rechterkant van het hoofd lag, met het mediane vlak van den schedel nauwkeurig horizontaal.

We zien, dat de grootste afwijking in de luchtvulling van den linker ventrikel, juist aanwezig is in het vlak, waar ook de grootste verdringing bestaat, en verder, dat vooral in het onderste gedeelte van de pars media de luchtvulling gestoord is. Waarom men juist in dit gedeelte van den ventrikel (bij A) geen lucht aantreft, wordt duidelijk, wanneer men zich voorstelt, hoe de horizontale vloeistofspiegel zich in den vervormden ventrikel bevindt.

Conclusie.

In het bovenbeschreven geval hebben we dus, door het maken van een reeks planigrammen, een tumor nauwkeurig kunnen localiseeren in voor-achterwaartsche richting.

Bij vergelijking van deze planigrammen met het gewone zijdelingsche ventriculogram (verticale stralengang), bleek ook hier, welke

waarde, het bilaterale ventriculogram kan hebben, voor het constateeren van een plaatselijke zijwaartsche verdringing der ventrikels.

d. Eenige andere voorbeelden.

Aan de voorbeelden, die hierboven uitvoerig beschreven zijn, moge ik nog eenige gevallen toevoegen, waaruit blijkt, op welke gebieden men de methode onder andere nog kan toepassen.

Bij patiënte T., oud 23 jaar, was reeds vroeger $1\frac{1}{2}$ c.c. lipiodol in den duraalzak ingespoten, omdat men meende, dat de loopstoornissen, waaraan patiënte lijdende was, afhankelijk konden zijn van een aandoening der cauda equina. Intusschen was gebleken, dat de loopstoornissen geheel van functioneelen aard waren, terwijl de gemaakte röntgenphoto's een normaal lipiodolbeeld te zien gaven. Wij hadden hier dus een geval, waarbij kon worden nagegaan, welk beeld een planigram van lipiodol in het normale caudale gedeelte van den duraalzak zal opleveren.

Er zijn nu planigrammen gemaakt, met het instelvlak loodrecht op de lengteas van het sacrale gedeelte van het wervelkanaal, en wel als volgt:

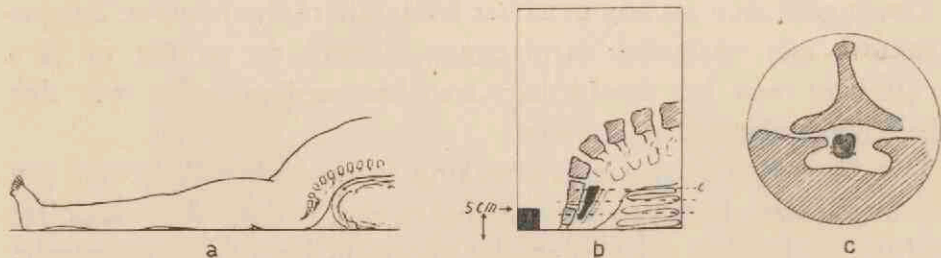


Fig. 38.

Het in beeld brengen van een dwarsdoorsnede door het sacrale gedeelte van de met lipiodol gevulde duraalzak.

- a. De wijze waarop de patiënt wordt neergelegd. b. De zijdelingsche contrôlephoto. c. Planigram (volgens niveau c).

Patiënte werd neergelegd zooals in fig. 38a schematisch is aangegeven. Daarna werd volgens de in hoofdstuk IV, H beschreven techniek een zijdelingsche contrôlephoto gemaakt (zie fig. 38b). Daarna werden planigrammen gemaakt met het instelvlak op de niveaus, die in fig. 38b zijn aangegeven. Het planigram, gemaakt in het bovenste niveau (c), is in fig. 39 te zien, en is in fig. 38c nog eens schematisch weergegeven.

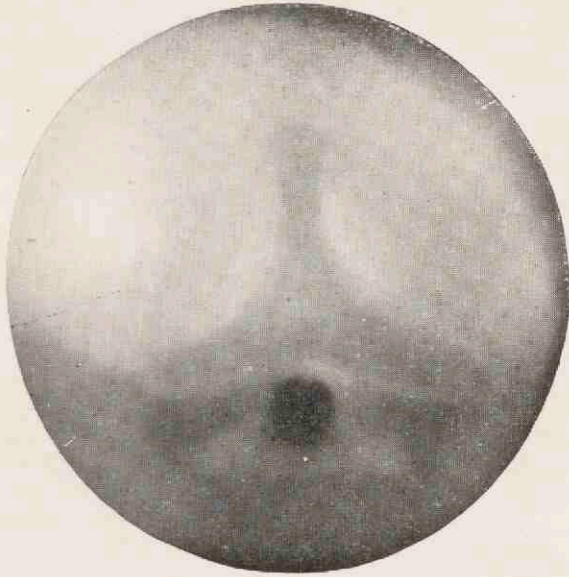


Fig. 39.

Dwarsdoorsnede door het bovenste gedeelte van het sacrum (Lipiodol).

In figuur 40 is een serie van planigrammen schematisch weergegeven (1a, 1b, 1c en 1d) van een patiënt, die waarschijnlijk lijdende was aan een intra- en parasellair gelegen tumor.

Op het gewone bilaterale röntgenogram meende men den sellabodem nog te zien. Uit het stereoscopische beeld kreeg men den indruk, dat de sellabodem aan den rechter kant onzichtbaar was. Met zekerheid was het echter niet te zeggen.

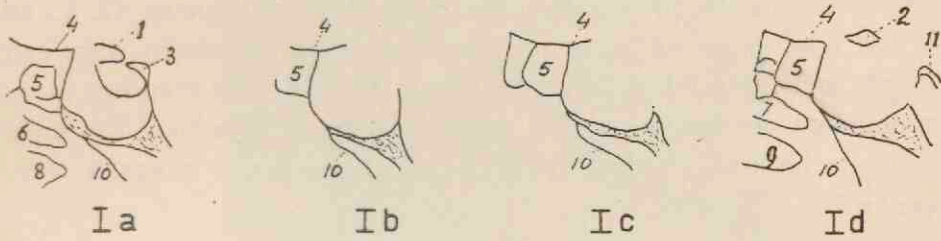


Fig. 40.

Eénzijdige verwoesting van den sellabodem door een tumor.

Ia: Planigram met het instelvlak door den linker processus clinoides anterior.

Id: Planigram met het instelvlak door den rechter processus clinoides anterior.

Ib en Ic: tusschengelegen planigrammen.

- | | |
|--|--|
| 1. Linker processus clinoides anterior. | 7. Rechter concha nasalis media. |
| 2. Rechter processus clinoides anterior. | 8. Linker concha nasalis inferior. |
| 3. Linker processus clinoides posterior. | 9. Rechter concha nasalis inferior. |
| 4. Planum sphenoidale. | 10. Achterste pharynxwand. |
| 5. Cellulae ethmoidales posteriores. | 11. Verkalking in het ligamentum petro-clinoideum posterius. |
| 6. Linker concha nasalis media. | |

Uit een reeks van vier planigrammen, die gemaakt zijn volgens vlakken door de proc. clinoides anteriores (1a en 1d), en volgens tusschengelegen vlakken (1b en 1c), bleek duidelijk, dat slechts het meest laterale deel van den sellabodem aan den linker kant behouden was. In 1a was de sellabodem nog te zien, in 1b, 1c en 1d was er niets meer van te bespeuren.

In figuur 41 vindt men verder eenige planigrammen, die gemaakt zijn bij patiënten met brughoektumoren.

Om den lezer een goede voorstelling van deze beelden te geven, moge ik eerst verwijzen naar figuur 43, waarin men een serie van planigrammen aantreft, die gemaakt zijn met het instelvlak loodrecht op de lengteas van het os petrosum.

De schedel is daartoe zoo gelegd, dat het sagittale vlak een naar voren open hoek van 45° met het horizontale vlak vormde, terwijl

de onderste oogkasranden en de uitwendige gehoor-openingen zich in één verticaal vlak bevonden. De doorsnedevlakken werden gekozen op de niveaus, die in fig. 42 met dezelfde cijfers aangegeven zijn, als waarmede de planigrammen genummerd zijn. In figuur 44 treft men overeenkomstige schemata van de planigrammen aan. In deze schemata zijn de onderdelen met cijfers aangegeven.

Gaan we nu terug naar figuur 41, dan vindt men bij II het planigram, overeenkomend met doorsnede No. 4 uit de figuren 42, 43 en 44. Dit planigram is gemaakt van het linker rotsbeen van een patiënte met linkszijdige brughoektumor. Bij C II ziet men het overeenkomstige planigram van het rechter rotsbeen. We zien, dat links de beenschaduw rondom den meatus acusticus internus verdwenen is.

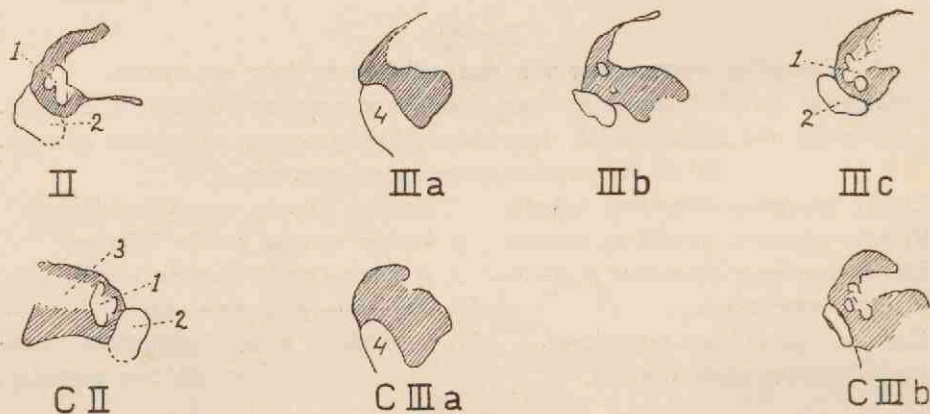


Fig. 41.

II. Planigram van het linker os petrosum bij linkszijdigen brughoektumor.
C. II. Analooft planigram van het rechter os petrosum van denzelfden patiënt.
IIIa, IIIb en IIIc: Planigrammen door het linker rotsbeen van een patiënt met linkszijdigen brughoektumor.

C. IIIa en C. IIIc analoge planigrammen in normale gevallen.

- | | |
|-------------------|-------------------------------|
| 1. Cochlea. | 3. Meatus acusticus internus. |
| 2. Cavum tympani. | 4. Canalis caroticus. |

Bij IIIa, IIIb en IIIc zijn planigrammen van het linker rotsbeen van een andere patiënte met linkszijdigen brughoektumor aangegeven; bij C IIIa en C IIIc de daarmee overeenkomende normale planigrammen.

In fig. 45 treft men een planigram aan van de sella turcica van een patiënte, lijdende aan acromegalie. Op deze reproductie is de

voorwand van den sinus sphenoidalis niet zoo goed te zien als op het oorspronkelijke planigram.

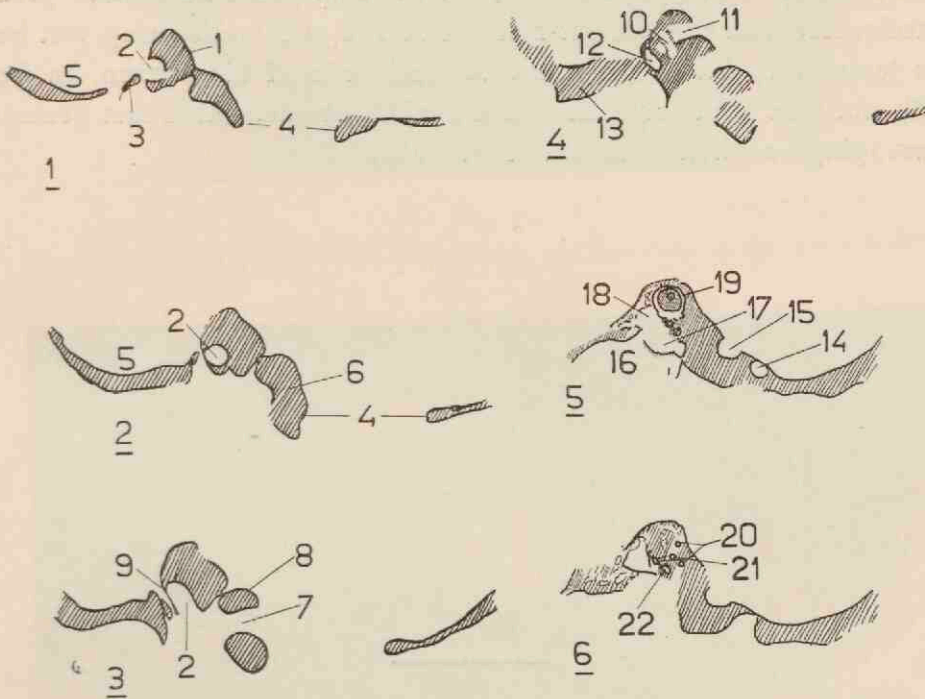


Fig. 44.

Serie van planigrammen door het os petrosum (schematisch) zie ook fig. 42 en 43.

- | | |
|--|---|
| 1. Apex pyramidis. | 12. Canalis musculotubarius. |
| 2. Canalis caroticus. | 13. Tuberculum articulare ossis temporalis. |
| 3. Processus pterygoideus. | 14. Canalis condyloideus. |
| 4. Foramen magnum. | 15. Sulcus sigmoideus. |
| 5. Bodem van de middelste schedelgroeve. | 16. Meatus acusticus internus. |
| 6. Condylus occipitalis. | 17. Cavum tympani. |
| 7. Canalis hypoglossi. | 18. Antrum tympanicum. |
| 8. Tuberculum jugulare. | 19. Canalis semicircularis superior. |
| 9. Fissura petrotympanica. | 20. Canalis semicircularis posterior. |
| 10. Cochlea. | 21. Canalis semicircularis lateralis. |
| 11. Meatus acusticus internus. | 22. Canalis facialis. |

Fig. 46 stelt een gedeelte van het postero-antérieure röntgenogram voor, dat gemaakt was bij een patiënte met een cyste in den rechter sinus maxillaris. In fig. 47 ziet men het overeenkomstige planigram, waarop ook de wijidte der neusgangen („de lucht-

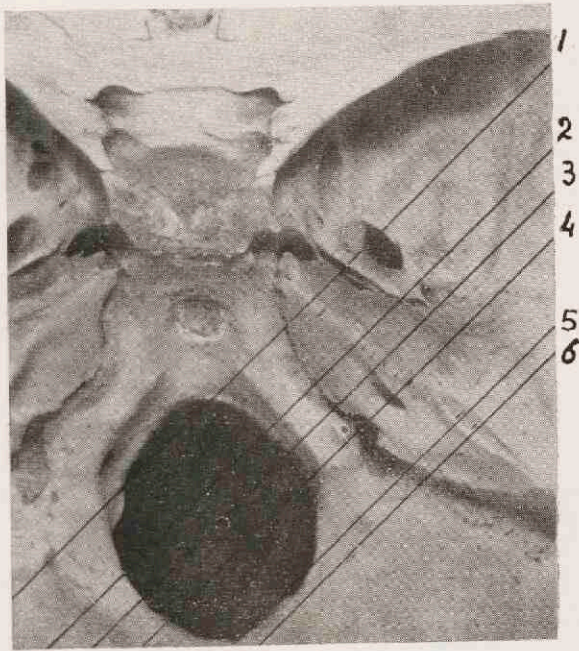


Fig. 42.

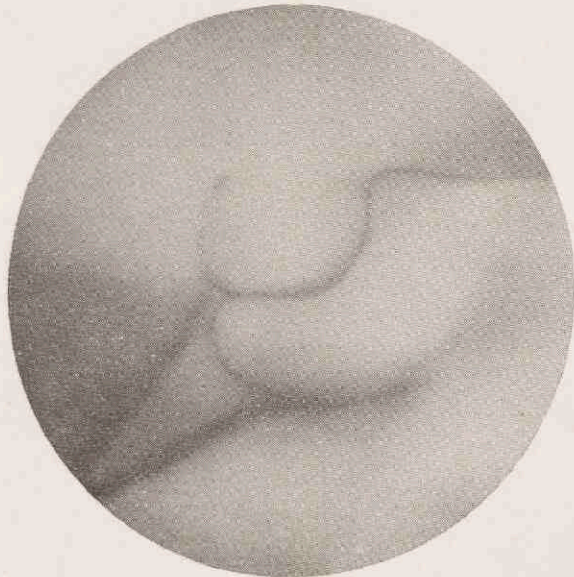


Fig. 45.

Mediaan planigram van de sella turcica van een patiënte met acromegalie.

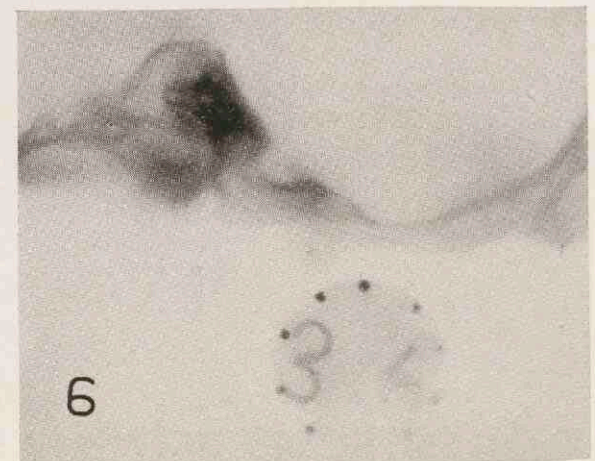
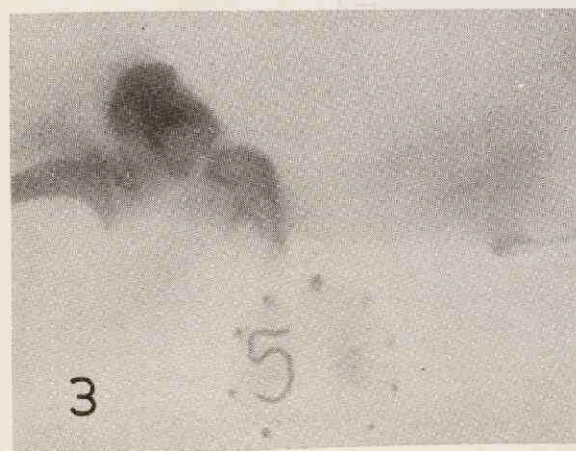
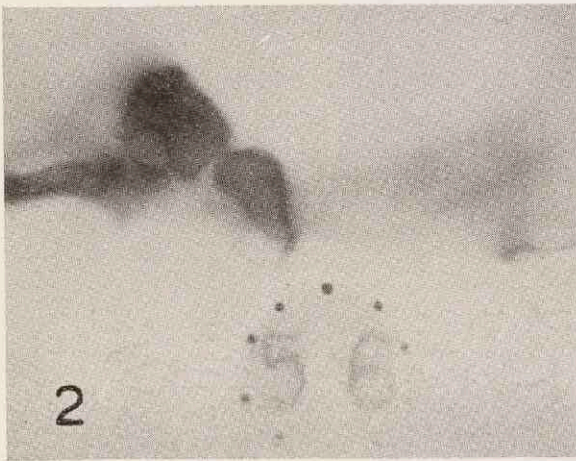
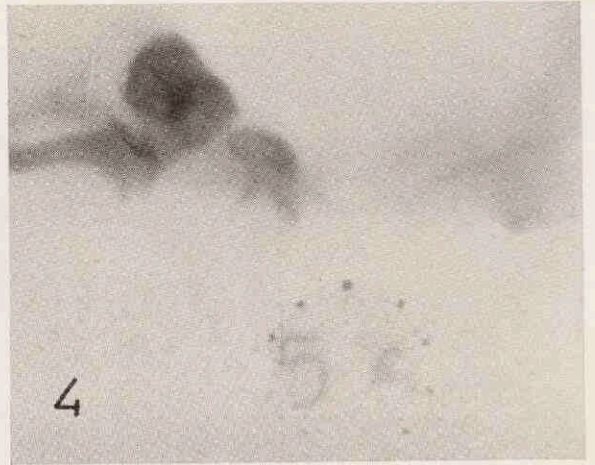
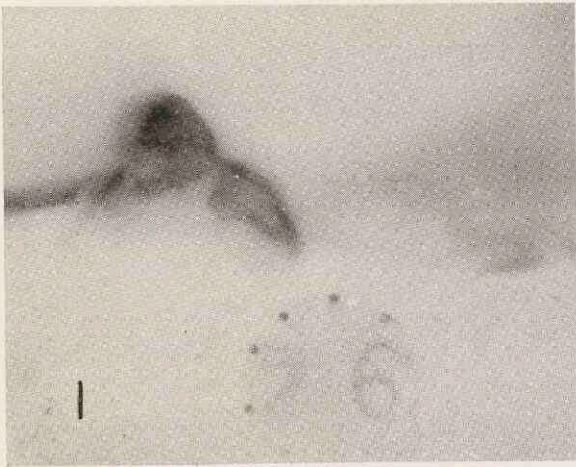


Fig. 43.

Serie van planigrammen door het os petrosum (zie ook fig. 42 en fig. 44).

figuur") goed zichtbaar is. (Op de reproductie weliswaar weer minder duidelijk, dan op het oorspronkelijke planigram).

Tenslotte is in figuur 48a nog een zijdelingsche sellaphoto gereproduceerd van een patiënt met zoo sterke pneumatiseering van het os temporale, dat de sella turcica moeilijk is af te grenzen. In fig. 48b ziet men het overeenkomstige beeld, dat gemaakt is met geringe vervaging van den lateralen schedelwand.



Fig. 46.

Gewoon p. a. röntgenogram bij een patiënte met een cyste in den sinus maxillaris.

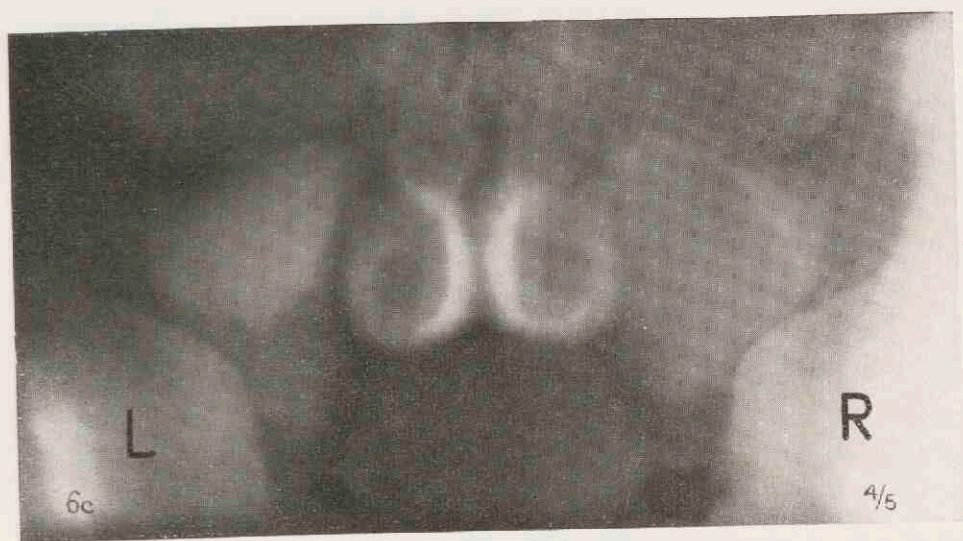


Fig. 47.

Planigram van hetzelfde geval als in fig. 46.

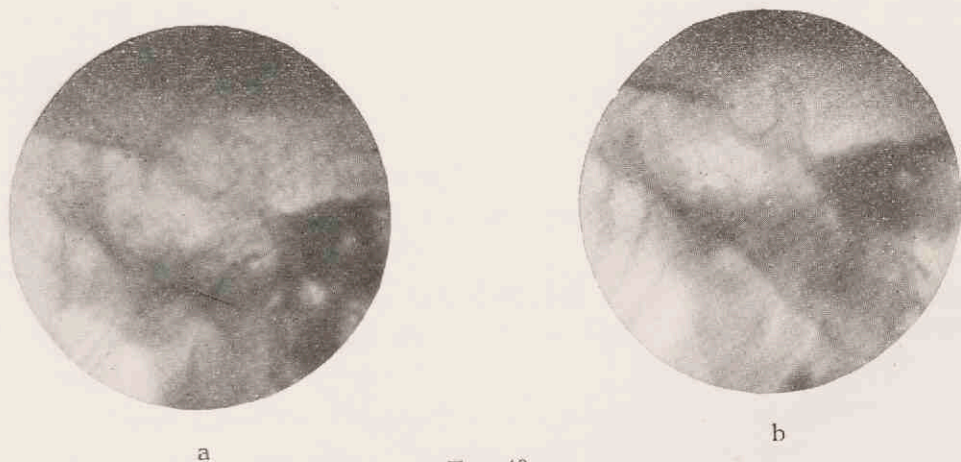


Fig. 48.

a. Gewoon röntgenogram van de sella turcica (sterke pneumatisatie van het os temporale).

b. Weinig vervaagd röntgenogram van hetzelfde geval.

DEEL II.

SUBTRACTIE.

HOOFDSTUK I.

BEGINSEL.

Wat de tweede differentiatiemethode betreft, zal ik mij hiër tot een korte beschrijving beperken. De tijd, gedurende welke wij de methode toepasten, is nog te kort om een volledig oordeel over de klinische toepassingsmogelijkheden te hebben. Wel kan ik reeds enkele voorbeelden geven, waarbij we de methode met succes hebben aangewend.

Het beginsel kan het gemakkelijkst met behulp van een eenvoudig voorbeeld duidelijk gemaakt worden. Stel, men maakt eerst een röntgenphoto van een doosje, waarin naast elkaar verschillende metalen cijfers liggen (fig. 49a). Neemt men er nu één cijfer (het cijfer twee) uit, terwijl de andere cijfers op hun plaats blijven, en maakt men daarna weer een photo onder overigens dezelfde omstandigheden (fig. 49b), dan zullen de twee röntgenphoto's alleen daarin van elkaar verschillen, dat het cijfer (twee) op de eene photo wèl voorkomt, en op de andere niet.

Maakt men nu van de tweede photo een diapositief (fig. 49c), dan zal men dit bij gunstige zwartingssterkte zoo op de tweede photo kunnen leggen, dat men voor de lichtkast een gelijkmatige zwarting te zien krijgt. Legt men het echter op de eerste photo, dan zal men een afzonderlijk beeld van het cijfer twee zien. Men zal dus ook een afzonderlijk beeld van de twee krijgen, wanneer men van op elkaar gelegd röntgenogram en diapositief een afdruk maakt (fig. 49d).

Aangezien men dus als het ware het verschil van twee röntgenphoto's in beeld brengt, zal ik de methode met den naam „subtractie” aanduiden.

Het bovenbeschreven voorbeeld is zeer eenvoudig gekozen. Alle cijfers liggen naast elkaar, zoodat men slechts met twee zwartings-

graden te doen heeft, en wel of wit of zwart. Geheel anders wordt het echter, wanneer de cijfers niet naast elkaar liggen, maar elkaar gedeeltelijk bedekken. Om dan door subtractie een cijfer geheel afzonderlijk te krijgen, moet men ervoor zorgen, dat op iedere plaats

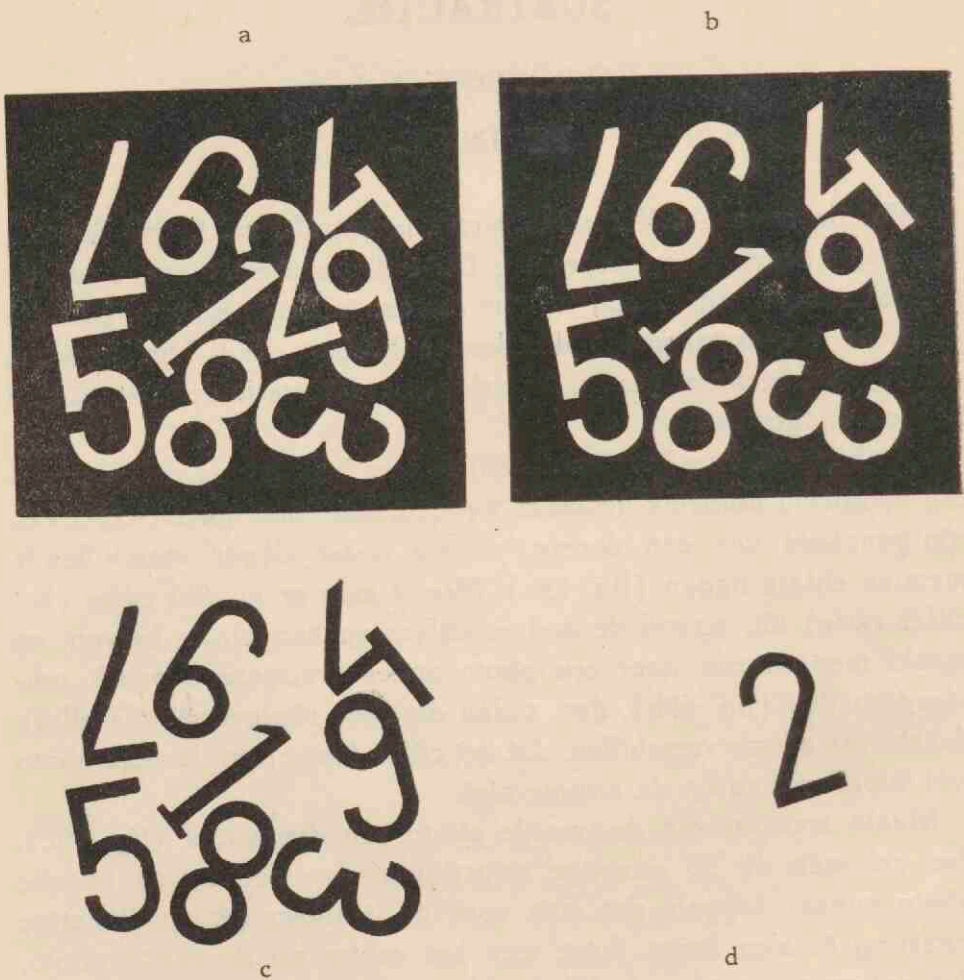


Fig. 49a. Röntgenogram van naast elkaar liggende metalen cijfers.

Fig. 49b. Röntgenogram als in fig. 49a, gemaakt, nadat het cijfer twee weggenomen is.

Fig. 49c. Diapositief van het röntgenogram uit fig. 49b.

Fig. 49d. Afdruk van het röntgenogram uit fig. 49a, na bedekking met het diapositief uit fig. 49c.

van de film, de zwarting omgekeerd evenredig is met de dikte van de absorbeerende laag, die door de röntgenstralen in het object

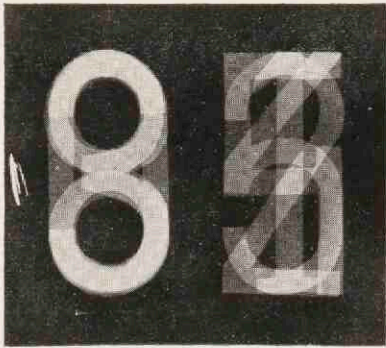


Fig. 50a. Röntgenogram van op elkaar liggende metalen cijfers.

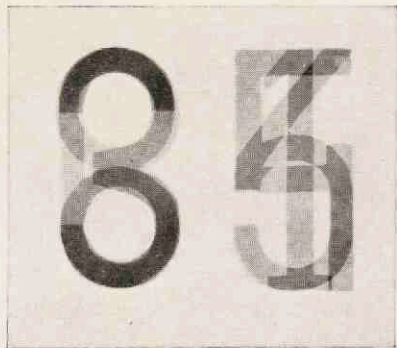


Fig. 50b. Diapositief van een röntgenogram, dat gemaakt is, nadat de cijfers 9 en 2 weggenomen zijn.

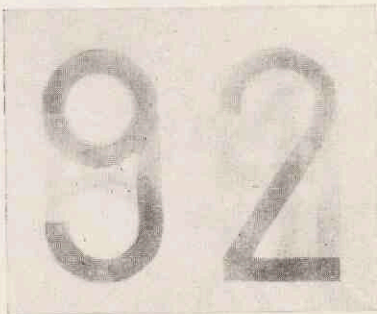


Fig. 50c. Afdruk van het röntgenogram uit fig. 50a, na bedekking met het diapositief uit fig. 50b.

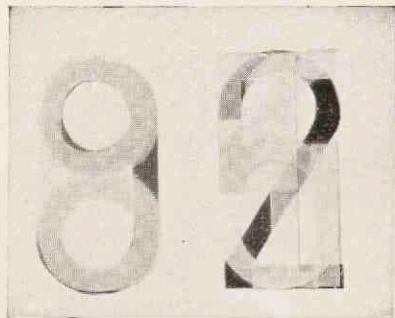


Fig. 50d. Overeenkomstige afdruk van röntgenogrammen, die met een te heterogeen stralenmengsel gemaakt zijn.

doorlopen is. 1) Is dit niet het geval, dan wordt men gehinderd door onjuiste zwartingsverschillen, die de andere cijfers geven. Hoewel men aan bovengenoemde voorwaarde nooit geheel kan voldoen, is het toch wel mogelijk er tamelijk dicht bij te komen, namelijk door een vrij homogeen stralenmengsel te gebruiken en te zorgen, dat men buiten het gebied van de te geringe zwartingen blijft. Het resultaat, dat men dan krijgt, is te zien uit de figuren 50a, 50b en 50c.

Figuur 50a stelt een röntgenphoto voor van de cijfers 3, 6, 8 en 9 aan den eenen kant, en de cijfers 1, 2, 4 en 5 aan den anderen kant; Figuur 50b het diapositief van een röntgenphoto, die gemaakt is, nadat de cijfers 9 en 2 weggenomen zijn. In figuur 50c ziet men het resultaat, dat men krijgt door de eerste photo en het diapositief op elkaar te leggen en dan af te drukken.

We hebben hier een hard, vrij homogeen, stralenmengsel gebruikt, terwijl we in het gebied van de vrij sterke zwartingen bleven. Figuur 50d stelt het resultaat voor, dat men krijgt, wanneer aan deze voorwaarden niet voldaan wordt.

1) Het object is hier, wat de absorptiecoëfficiënt betreft, homogeen gedacht. Ieder niet homogeen object kan men hiertoe herleiden.

HOOFDSTUK II.

TECHNISCHE UITVOERING.

A. Het maken der röntgenogrammen.

a. *De eischen, die men aan de röntgenogrammen moet stellen.*

Reeds uit het bovenstaande is gebleken, dat aan bepaalde technische voorwaarden moet worden voldaan, wil men inderdaad een mooi afzonderlijk beeld van het gewenschte deel van het object krijgen.

Deze voorwaarden zijn de volgende:

- 1°. De zwarting van het röntgenbeeld moet op iedere plaats omgekeerd evenredig zijn met de dikte van de absorbeerende laag, wanneer men zich het object, wat den absorptie-coëfficiënt betreft, homogeen denkt.
- 2°. De som van de zwarting van het diapositief en van het röntgenbeeld, waarvan het gemaakt is, moet voor iedere plaats van het beeld dezelfde waarde bezitten.

De tweede voorwaarde is zonder meer duidelijk.

Aan de eerste voorwaarde zal nooit geheel voldaan kunnen worden. Het is namelijk bekend, dat in een graphische voorstelling de verhouding tusschen zwarting en de dikte van de absorbeerende laag, meestal aangegeven moet worden door een gebogen lijn, en niet door een rechte.

We hebben van verschillende factoren den invloed op de verhouding tusschen de zwarting en de dikte van de absorbeerende laag nagegaan. Hierbij bleek het van belang te zijn, dat het stralengemengsel voldoende gefiltreerd wordt, (zoodat alleen de harde stralen de film bereiken), en dat men blijft buiten het gebied van de zeer geringe zwartingen. We hebben deze proeven niet op zoo ruime schaal genomen, als dit door andere auteurs reeds gedaan is. Ik zal daarom de resultaten van mijn proefnemingen hier niet alle vermelden, doch wil liever naar elders verwijzen. Uitgebreide gege-

vens omtrent de invloed van verschillende factoren vindt men o.a. in het proefschrift van Bronkhorst.

Om den lezer een en ander duidelijk te maken, zijn in fig. 51a twee van de door ons gevonden curven aangegeven. We gingen na, welke zwartingen ontstonden onder het metalen trapje (bestaande uit zinklamellen van 0.1 m.m. dikte), dat schematisch in

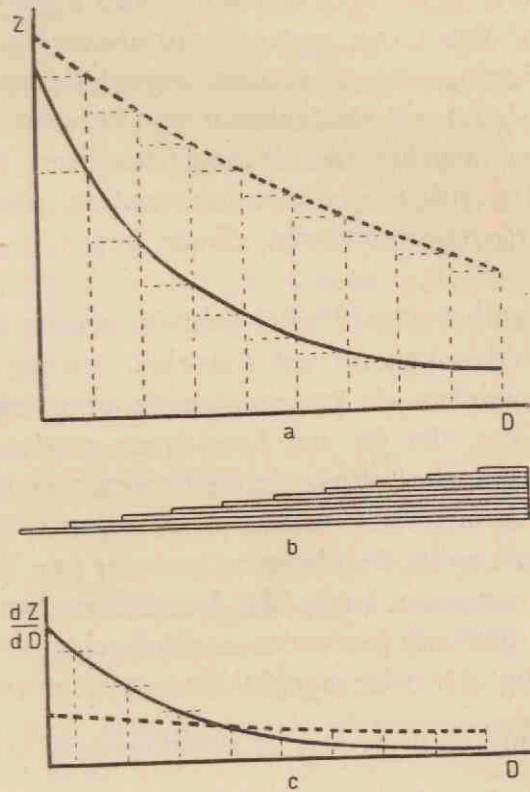


Fig. 51.

fig. 51b afgebeeld is. Daarboven is in fig. 51a de verhouding tusschen de zwarting (op de ordinaat) en de dikte van de absorbeerende laag (op de abscis) aangegeven. De verschillende zwartingen zijn in de figuur met opzet juist boven de verschillende trappen geteekend. De curven zijn verkregen bij dezelfde hoogspanning (± 100 K.V. max.). Het stralenmengsel was bij de gestippelde curve meer homogeen (gefiltreerd door 1 m.m. Cu.), dan bij de getrokken curve (gefiltreerd door 1 m.m. Al.).

We zien, dat de zwartingscurve bij de heterogene straling een

veel sterker kromming vertoont. Dit komt, omdat de zachte stralen reeds bijna geheel in de dunste gedeelten van het object geabsorbeerd worden.

Het nadeel van een heterogeen stralenmengsel is nu uit de figuur gemakkelijk af te leiden. Bij de hier beschreven methode gaat het er namelijk om, de schaduwen van bepaalde onderdeelen af te zonderen van de overdekkende schaduwen van de omgeving. Stel nu, dat zich in het object een met contrastvloeistof gevuld bloedvat bevindt, dat men goed wil kunnen vervolgen en dat evenveel röntgenstralen absorbeert als één trede van het trapje in figuur 51b. Het contrast ten opzichte van de omgeving moet dan overal voldoende zijn. Met andere woorden: het contrast, dat de opeenvolgende trappen ten opzichte van elkaar geven, moet ook overal voldoende zijn.

Dit nu is alleen het geval bij het gebruik van het meer homogene stralenmengsel. Men kan dit ook duidelijk zien uit fig. 51c, waar de contrasten tusschen de opeenvolgende zwartingen zijn weergegeven. Men ziet, dat bij een heterogeen stralenmengsel in de dikste gedeelten van het object de contrasten zeer gering zijn. Dit beteekent dus, dat men daar, waar een met contrastvloeistof gevuld bloedvat langs een sterk absorbeerend gedeelte van het object loopt, bijna geen contrast meer krijgt. Bij de subtractie zou men dus op die plaats bijna niets van het vat te zien krijgen.

De curve in fig. 51c stelt eigenlijk het quotient van de differentiaal van zwarting en dikte van de absorbeerende laag $\left(\frac{dZ}{dD}\right)$ voor, als functie van de dikte van de absorbeerende laag (D). Dit quotient moet bij de subtractie voor alle gedeelten van het object een voldoende hooge waarde bezitten.

Dergelijke curven als in figuur 51c zijn gemakkelijk uit de curven van Bronkhorst af te leiden. Bronkhorst geeft het contrast aan ten opzichte van een bepaalde minimum-zwarting. Zet men uit deze curven het verschil tusschen de opeenvolgende trappen naast elkaar af, dan krijgt men onmiddellijk curven, die analoog aan fig. 51c zijn.

b. Het maken der opnamen; fixatie van den patiënt.

In het bovenstaande zijn reeds eenige technische voorwaarden onder oogen gezien, waarmee men bij het maken der opnamen

rekening moet houden. We hebben gezien, dat het stralenmengsel, dat de film bereikt, niet te heterogeen mag zijn, m.a.w., dat het niet te veel zachte stralen mag bevatten. Bij objecten, waarin zeer weinig absorbeerende gedeelten voorkomen, moet men daarom een filter gebruiken, dat de zachte stralen grootendeels absorbeert. Dikwijls zal echter reeds in het object zelf voldoende geabsorbeerd worden, zoodat geen sterke voorfiltering noodig is.

Bij het maken van de twee röntgenogrammen is het natuurlijk noodzakelijk, dat beide opnamen gemaakt worden met buis, film en patiënt nauwkeurig in denzelfden stand, omdat anders de beelden elkaar later niet nauwkeurig zouden bedekken. Het is daarom noodig, dat de patiënt goed gefixeerd wordt.

De methode, die we voor de fixatie toepassen, maakt het niet alleen gemakkelijk, om den patiënt gedurende het geheele onderzoek het hoofd precies in denzelfden stand te laten houden, maar stelt ons ook in staat, het hoofd van den patiënt telkens weer in denzelfden stand terug te brengen, ook wanneer de tweede opname eerst later wordt gemaakt.

We gebruiken daartoe een eenvoudig instrumentje. Het bestaat uit een hoefijzervormig metalen plaatje, dat de vorm van de tandenrij heeft, en dat aan een stang bevestigd kan worden. Dit metalen plaatje wordt aan weerszijden belegd met „Kerr”, dat is een stof, die de tandartsen gebruiken, om afdrukken van het gebit te maken. Wordt deze stof verwarmd tot ongeveer 55° C (wat eenvoudig kan gebeuren door haar even onder de warmwaterkraan te houden), dan is zij plastisch; na afkoelen is zij weer onmiddellijk hard. Om te zorgen, dat de stof goed aan het metalen plaatje gehecht kan worden, zijn in het plaatje eenige gaten geboord. Maakt men het plaatje van te voren even warm, dan smelt de stof op het aanraakingsvlak en blijft daardoor goed vast zitten. We gaan nu als volgt te werk.

Het metalen plaatje, aan weerszijden bekleed met Kerr, wordt warm gemaakt. Daarna laten we den patiënt erin bijten, zoodat er afdrukken van bovenste en onderste tandenrij in gevormd worden. Dan wordt het plaatje weer afgekoeld.

Bij het opstellen van den patiënt, wordt hem nu dit „gebit” weer in den mond gegeven en vervolgens wordt dit stevig vastgemaakt aan het statief, waaraan ook de röntgenbuis en de cassettenhouder

vast verbonden zijn. Het is nu mogelijk, den patiënt met het hoofd geruimen tijd in denzelfden stand te laten blijven.

Zoals gezegd, kan men den patiënt ook voor eenigen tijd van het statief weg laten gaan en hem later toch weer in denzelfden stand brengen, door hem weer in de afdrukken van zijn eigen gebit te laten bijten.

We hebben het ook zóó gedaan, dat we het hulp-apparaatje vastschroefden aan een stang van isoleerend materiaal, die dan op een bepaalde manier ten opzichte van de röntgenbuis gericht werd. We konden dan dit geheele hulpapparaat tusschen de twee opnamen opbergen. Het was dan mogelijk, om het statief tusschentijds voor andere opnamen te gebruiken.

Deze manier, om het hoofd van den patiënt gedurende de opname te fixeeren, bleek ook zeer geschikt te zijn om bij de planigraphie toegepast te worden. Vooral voor patiënten met lichte stoornissen van het bewustzijn is deze methode van groot voordeel. Er wordt veel minder van de psychische functie van den patiënt geëischt voor het bijten in een afdruk van het gebit, dan voor het bewust stilhouden van het hoofd.

B. Het maken van de diapositieven.

a. *De eischen, die men aan het diapositief moet stellen.*

In hoofdstuk I is reeds gezegd, dat als ideale eisch gesteld kan worden, dat de som van de zwartingen van het diapositief en van het röntgenbeeld, waarvan het gemaakt is, voor iedere plaats van het beeld dezelfde waarde moet bezitten.

Nu behoeft men in dit verband onder „het beeld” alleen dat gedeelte van het röntgenogram te verstaan, waar het op aankomt. Stel bijvoorbeeld, men heeft een röntgenphoto van den schedel voor zich. Nu zal in het gebied van den hersenschedel de zwarting over het algemeen gering zijn en niet verder gaan dan bijv. tot 2. (Dit beteekent dus, dat $1/10^2$ van de opvallende lichtstralen doorgelaten wordt). In het gebied van den aangezichtsschedel zal de zwarting maximaal misschien 3 zijn en buiten het beeld van den schedel bijvoorbeeld 4.5. (De bovengenoemde waarden beantwoorden ongeveer aan de werkelijkheid. Bij metingen aan een gewoon

röntgenogram van den schedel vond ik als maximumzwarting in de verschillende gebieden resp. 1.7, 2.7 en 4.3).

Zou men nu een diapositief zoo maken, dat de som van de zwartingen overal gelijk was, dan zou men voor deze som minstens 4.5 moeten krijgen. Het geheel zou dan volkomen ondoorzichtig zijn en men zou alleen bij het maken van afdrukken met lange belichting nog iets te zien kunnen krijgen.

Gaat het alleen om den hersenschedel, dan is het mogelijk om een diapositief te gebruiken, dat alleen de geringe zwartingen (tot 2 bijvoorbeeld) nauwkeurig aanvult, zoodat de totale zwarting van alle gedeelten van het beeld van den hersenschedel, wanneer negatief en diapositief op elkaar liggen, weinig meer dan 2 is.

De zwarting in het gebied van den hersenschedel blijft dan wat achter bij die in het gebied van den aangezichtsschedel en blijft nog sterker achter bij de zwarting rondom het geheele beeld. Dit levert echter geen enkel bezwaar op.

We hebben hier als theoretisch-idealen eisch aangenomen, dat de zwartingen van het diapositief die van het origineele röntgenogram in het gebied, waar het om gaat, geheel moeten aanvullen. Dit is echter niet altijd noodzakelijk en zelfs niet altijd gewenscht. Dikwijls zal het de voorkeur verdienen, dat het diapositief wat „achterblijft”. Men zal dan naast de gedeelten van het object, die men door subtractie afzonderlijk wil afbeelden, ook nog iets van het overige beeld waarnemen en zich dus hieraan kunnen oriënteren.

Het omgekeerde, namelijk, dat de zwartingsverschillen in het diapositief grooter zijn dan in het oorspronkelijke röntgenogram, bleek ons zeer hinderlijk te zijn. Dit moet in ieder geval vermeden worden.

b. Het directe omkeeringsproces.

Wil men een diapositief krijgen, dat nauwkeurig het omgekeerde is van het oorspronkelijke röntgenbeeld, dan kan men het beste zoo te werk gaan, dat men het bij het ontwikkelen onmiddellijk omkeert en wel op de volgende manier. Men ontwikkelt eerst gewoon, lost dan het vrije zilver op (dus het zwarte gedeelte van het beeld) en belicht dan de overgebleven zilververbinding. Na ont-

wikkelen en fixeeren krijgt men dan een beeld, dat zooals van zelf spreekt, volkomen aan bovengenoemden eisch voldoet.

We hebben oorspronkelijk deze methode toegepast en wel volgens de techniek, zooals die door E. Forster beschreven is.

Bij het maken van de opname wordt lang belicht, en wel 30 tot 50 procent langer dan normaal. Daarna wordt ook vrij lang ontwikkeld in gewone Metolhydrochinon-ontwikkelaar. Na het ontwikkelen wordt 5 minuten in stroomend water gespoeld. Dan wordt het vrije (ontwikkelde) zilver opgelost in een zuur bichromaatbad. Dit bad wordt als volgt samengesteld: Op 1 liter water neemt men 50 gram Kaliumbichromaat; nadat dit opgelost is, voegt men langzaam 100 c.c. zuiver geconcentreerd zwavelzuur toe. Dit mengsel moet men voor het gebruik 10 maal verdunnen. Het oplossen van het zilver duurt ongeveer 8 tot 10 minuten.

Vervolgens wordt 5 minuten gespoeld in stroomend water, daarna gaat de film 5 minuten in een kaliummetabisulfietbad van 2%, waarna weer 5 minuten gespoeld wordt. Aan het laatste waschwater worden eenige c.c. ammoniak toegevoegd.

Nu wordt de film weer belicht met röntgenstralen (Forster geeft aan 600 m.A. sec. en 40 K.V. eff. op 80 c.m. afstand). Wij kozen de belichtingsenergie nog grooter door den focusafstand 55 c.m. te nemen.

Vervolgens wordt weer op de gewone manier ontwikkeld en gefixeerd, waarna het omgekeerde beeld klaar is.

Zooals reeds gezegd, is het niet noodzakelijk, dat de som van de zwartingen op alle plaatsen van het oorspronkelijke röntgenogram en het diapositief dezelfde is. Bovendien krijgt men bij het volgen van de hier beschreven techniek een totale zwarting, die gelijk is aan de maximale zwarting, die de film (bij maximale belichting) kan krijgen. We kunnen in dit geval het resultaat nooit voor de lichtkast bekijken; er moeten dus altijd afdrucken gemaakt worden.

Daarbij komt nog, dat het bovenbeschreven omkeeringsproces zeer ingewikkeld is en bij kleine foutjes gemakkelijk mislukt.

Om al deze redenen maken we thans de diapositieven altijd door een afdruk te maken op photographisch materiaal (plaat of film).

b. Het afdrukken op photographisch materiaal.

Bij het afdrukken op photographisch materiaal, film of plaat, moeten dus de zwartingen in de gebieden waar het op aankomt, elkaar aanvullen. Of het te gebruiken materiaal hiertoe geschikt is en welken belichtingstijd men voor het maken van den afdruk moet kiezen, kunnen we eenvoudig nagaan, bijvoorbeeld door toetsing aan een wig van grauw glas. Deze wig heeft een regelmatig toenemende zwarting van nul aan het eene einde, tot een vrij willekeurig maximum aan het andere einde.

Maakt men van deze wig een afdruk op het te onderzoeken materiaal en legt men dezen afdruk weer op de wig, dan kan men onmiddellijk zien of de zwartingen elkaar, in het gebied waar het op aankomt, voldoende nauwkeurig aanvullen. (Het is soms gemakkelijk voor het oog, om in plaats van een wig een model te nemen, waarbij de zwartingen trapsgewijs opklimmen.)

Men kan deze zwartingsverhoudingen ook zeer gemakkelijk graphisch vastleggen met de densograaf van Goldberg. In dit instrument meet men de zwartingen van een film na, door vergelijking met een wig van grauw glas. Verschuift men de wig, dan verplaatst de registreerende stift zich in een bepaalde richting. Verschuift men de film, dan verplaatst het papier, waarop geregistreerd wordt, zich in een richting, loodrecht op de vorige. Men kan nu telkens, wanneer men juist heeft ingesteld, het gevonden punt registreeren door even op een knop te drukken. Zoo ontstaat dus onmiddellijk een graphische voorstelling van het zwartingsverloop in de na te meten film.

Door nu van de wig zelf een afdruk te maken en dezen afdruk op de bovenbeschreven wijze na te meten, krijgen we onmiddellijk een graphische voorstelling van de verhouding tusschen de zwarting van wig en diapositief. In het ideale geval is dit een rechte lijn, die een hoek van 45° met de horizontale maakt. In de praktijk moet deze hoek van 45° ten naaste bij gevormd worden in het zwartingsgebied waar het op aan komt. Het blijkt, dat aan dezen eisch het best voldaan wordt door de zachtwerkende film- en plaatsoorten uit den handel.

Het is, zooals gezegd, niet noodzakelijk, ja zelfs niet altijd gewenscht, dat het diapositief het oorspronkelijke röntgenogram ge-

heel aanvult. De zwartingsverschillen mogen in het diapositief wat kleiner zijn, dan in het oorspronkelijke röntgenogram. Het omgekeerde mag nooit voorkomen.

Voor het maken van de diapositieven moet men natuurlijk film-materiaal gebruiken, dat tijdens de bewerking niet krimpt.

Het bleek ons niet onverschillig te zijn, welke van de twee röntgenogrammen men kiest voor het vervaardigen van het diapositief. Men moet er namelijk voor zorgen, dat het „verschilbeeld” als een lichtere partij te midden van het overige zichtbaar wordt.

HOOFDSTUK III.

PRACTISCHE TOEPASSINGEN.

A. Contrastvulling.

a. *Arteriographie.*

Wat de arteriographie betreft, hebben we voorloopig alleen proeven op anatomisch materiaal genomen.

Allereerst wordt bijvoorbeeld de arteria carotis (communis of interna) blootgelegd, onderbonden en doorsneden, waarna een canule in het distale einde wordt ingebracht. Men legt nu het hoofd in den vereischten stand, en maakt de röntgenphoto, welke moet dienen ter vervaardiging van het diapositieffilter. Vervolgens wordt de contrastvloeistof in de arteriën gespoten. Daarna wordt weer een photo gemaakt. Legt men nu het diapositief van de eerste photo op de tweede, dan springt het beeld van de arteriën met hun vertakkingen sterk naar voren, doordat het bijna geheel geïsoleerd zichtbaar wordt.

Bij een deel van deze proeven hebben we getracht, de circulatie der contrastvloeistof bij den levende na te bootsen. Wederom werden vóór en na het inspuiten van de contrastvloeistof de gebruikelijke photo's gemaakt. Hierna werd nu nog een serie röntgenogrammen gemaakt. Vóór het maken van elk van deze opnamen werd telkens een bepaalde hoeveelheid van een niet-contrastgevende vloeistof door dezelfde canule ingespoten. Op de verkregen photo's zag men dus de contrastvloeistof eerst in de arteriën, daarna meer in het capillaire- en tenslotte in het veneuze stelsel.

Als bijzonderheid merkten we hierbij op, dat soms door vaten, die buiten het beenige schedeldak verliepen, een directe, vrij wijde verbinding werd gevormd tusschen het arterieele en veneuze stelsel. Er bleken hier namelijk vaten te bestaan, die zich snel vulden, en waaruit de contrastvloeistof reeds zeer spoedig weer in het veneuze stelsel was afgestroomd.

De resultaten, die men bij de arteriographie kan verkrijgen zijn te zien uit de figuren 52a en 52b. In fig. 52a ziet men een gedeelte

van een gewoon arteriogram van den schedel en in fig. 52b het resultaat van de subtractie, zooals dit door afdrukken verkregen wordt.

Dat men met behulp van de subtractie ook de contrastvloeistof in het capillaire stelsel kan aantonen, volgt uit de figuren 53a en 53b. Hier was de contrastvloeistof ingespoten in de linker arteria carotis communis. Het was dus te verwachten, dat voornamelijk de capillairen van de linker helft der hersenen zich met contrastvloeistof gevuld zouden hebben. Uit het gewone röntgenogram (fig. 53a) is dit moeilijk te zien. Zeer duidelijk wordt het echter na subtractie (zie fig. 53b). Misschien zouden we hier dus een middel kunnen hebben, om bepaalde bloedrijke gedeelten van andere te onderscheiden.

b. Myelographie en encephalographie.

Als andere toepassing kan de myelographie genoemd worden.

We kregen bij den levenden mensch reeds vrij goede resultaten bij het gebruik van verdunde thorotrast.

Goede resultaten zijn waarschijnlijk ook wel te verkrijgen bij myelographie door middel van lucht. Deze methode is reeds door verschillende auteurs geprobeerd. Alwens, Bingel, Dandy, Eskuchen, Jacobaeus, Josephson, Weigeldt, Wiederoe. Mede omdat men over het algemeen moeite had, om de lucht röntgenographisch aan te toonen, is deze methode weer vrijwel algemeen verlaten.

Met behulp van de subtractie blijkt het echter mogelijk te zijn, kleine hoeveelheden lucht in het wervelkanaal of in de schedelholte zichtbaar te maken. Bij een patiënte, waarbij een cervicale tumor vermoed werd, en waarbij de proef van Queckenstedt twijfelachtige resultaten opleverde, bleek het mogelijk te zijn, om door subtractie röntgenographisch aan te toonen, dat 1 c.c. lucht lumbaal ingebracht, inderdaad in de schedelholte was aangekomen. De lucht bevond zich in de achterste schedelgroeve. Het is hierbij noodig, om het hoofd van den patiënt tusschen de twee opnamen goed te fixeeren. We gebruikten daartoe het hulpparaatje, dat in hoofdstuk II, A, b beschreven is.

B. Andere toepassingen.

De toepassingsmogelijkheden zijn niet tot het bovenstaande be-

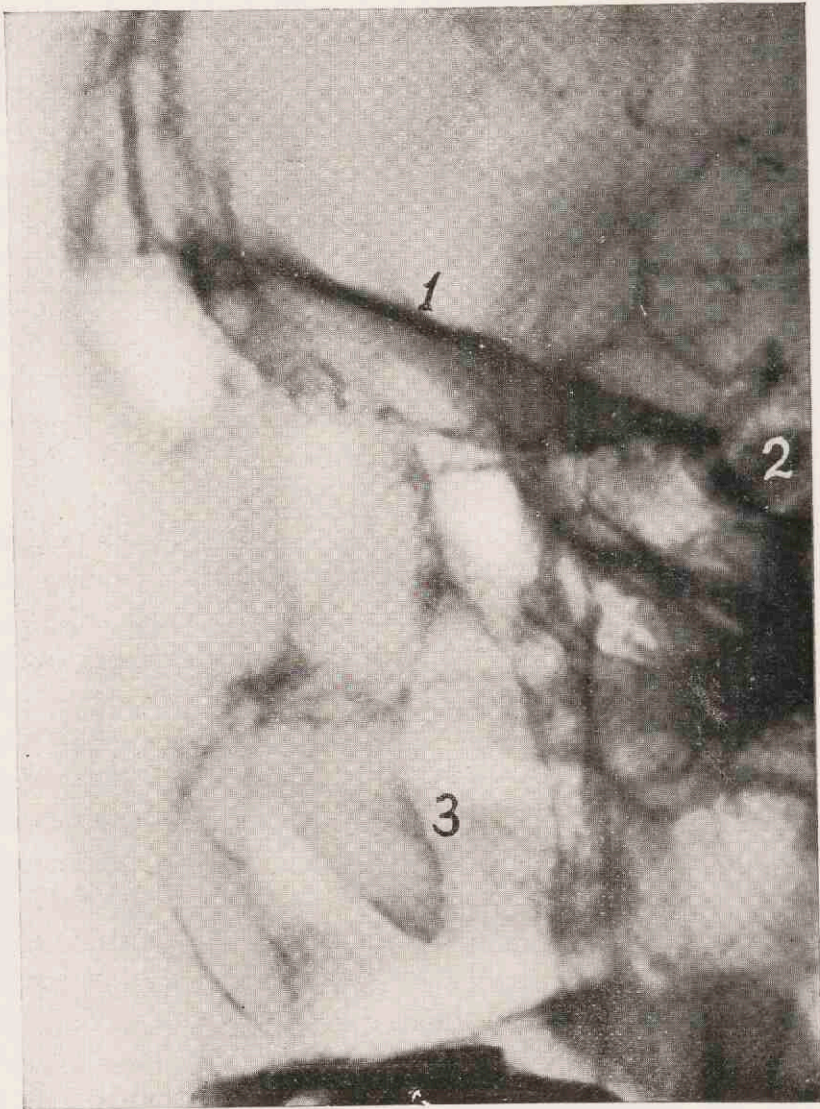
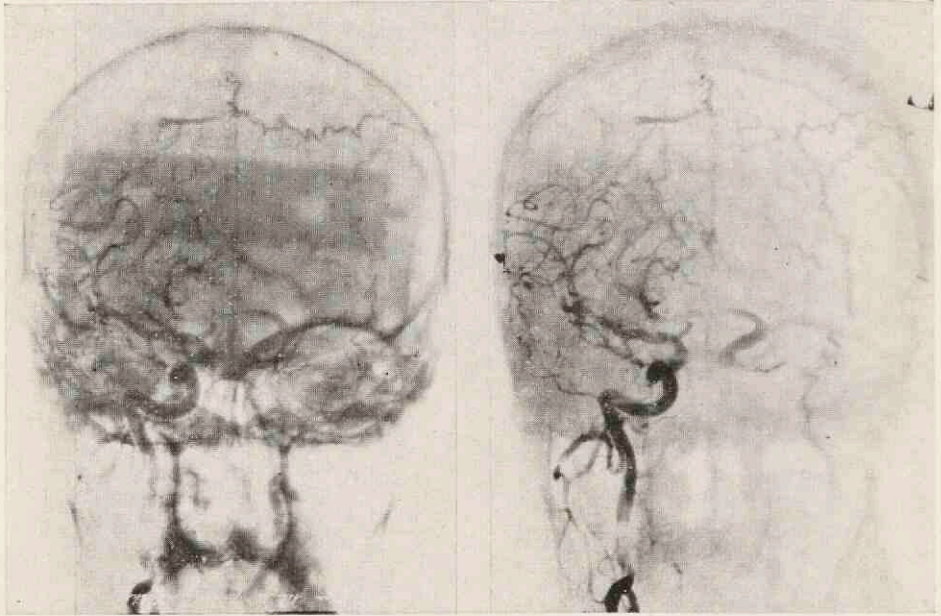


Fig. 52a. Gedeelte van een arteriogram van den schedel
1. Orbitaaldak. 2. Sella turcica. 3. Kaakholte.



Fig. 52b. Afdruk van het arteriogram uit fig. 52a, na bedekking met een diapositief van een röntgenogram, dat gemaakt was, voordat de arteriae zich met contrastvloeistof gevuld hadden.



a

b

Fig. 53a. Gewoon arteriogram van den schedel (a.p.), na inspuiting van thorotrast in de linker arteria carotis communis.

Fig. 53b. Het resultaat van subtractie, men ziet de contrastvulling van het capillaire gebied.

perkt. Men kan overal, waar verschil bestaat tusschen twee na elkaar gemaakte röntgenogrammen, dit verschil met behulp van de bovenbeschreven werkwijze afzonderlijk zichtbaar maken. Het verschil behoeft dus niet veroorzaakt te zijn door een opzettelijk ingebracht contrastlichaam. Zoo kan men bijvoorbeeld veranderingen, ontstaan door ontsteking of operatie, met behulp van de subtractiemethode zeer fraai aantonen. Natuurlijk moet het hiertoe mogelijk zijn, de beide photo's, vóór en na de verandering, nauwkeurig bij denzelfden stand van het object, en ook overigens onder dezelfde verhoudingen, te vervaardigen. Hoe dit voor den schedel kan gebeuren, is in hoofdstuk II, A, b uiteengezet.

Behalve door veranderingen aan het object, kan men ook verschil tusschen de twee röntgenogrammen daardoor krijgen, dat het object bij het maken van de eene photo heelemaal stil gelegen heeft, terwijl een bepaald onderdeel gedurende het maken van de tweede opname bewogen heeft. Op de tweede photo zal dan slechts een vervaagd beeld van dit bewegende onderdeel voorkomen. Maakt men nu van deze tweede photo een diapositief, dan zal men door subtractie een afzonderlijk beeld van het genoemde onderdeel krijgen.

Aangezien men met behulp van de subtractie alle verschillen tusschen twee röntgenogrammen zichtbaar kan maken, is de methode ook geschikt om bewegingen aan te toonen. Het bleek ons bijvoorbeeld, dat, wanneer men met korten tusschentijd twee röntgenogrammen van den buik maakt, alleen de contouren van die schaduwen zichtbaar worden, die zich tusschen het maken van de twee opnamen verplaatst hebben.

Voorloopig hebben we onze proefnemingen met de subtractiemethode nog beperkt tot eenige gebieden der neuroröntgenologie. De praktische bruikbaarheid op de andere gebieden der röntgenologie zal eerst in de toekomst kunnen blijken.

SAMENVATTING.

In het bovenstaande zijn twee röntgenographische methoden beschreven, die eenzelfde doel nastreven, namelijk het afzonderlijk zichtbaar maken van een gedeelte van het object.

Dit resultaat wordt echter op verschillende manieren bereikt. Terwijl bij de eene methode afzonderlijk wordt afgebeeld hetgeen in (eventueel ook in de omgeving van) een bepaald vlak gelegen is, krijgt men bij de andere methode een afzonderlijk beeld van datgene, wat één oogenblik wel en een ander oogenblik niet tot het beeldvormend object behoort.

Bij de eerste methode worden buis en plaat gedurende de opname zoodanig bewogen, dat de projectie van dat eene vlak steeds op dezelfde plaats van de plaat blijft, terwijl de projecties van de overige gedeelten van het object telkens weer op een andere plaats van de röntgenplaat vallen. Dit eene vlak wordt dus scherp afgebeeld, terwijl men van al het overige een vervaagd beeld krijgt.

Men kan met deze methode (planigraphie) twee geheel verschillende resultaten verkrijgen. Kiest men namelijk de bewegingsuitslag van het focus groot, dan krijgt men slechts één vlak, het „instelvlak” afgebeeld. Gaat het er echter om, bepaalde gedeelten van het object door vervaging minder storend te maken, dan moet men de bewegingsuitslag gering nemen.

De resultaten van deze laatste werkwijze staan dicht bij die der gewone röntgenographie. Een en ander is daarom gemakkelijker te overzien en te begrijpen. Om deze reden is de andere werkwijze (de planigraphie in engeren zin) uitvoeriger besproken en met meerdere voorbeelden toegelicht.

Bij de in het tweede deel beschreven methode worden van het object twee röntgenphoto's gemaakt, en wel een vóór en een na dat daarin iets veranderd is. Door de eene photo met het diapositief

van de andere te bedekken, wordt het verschil (bijvoorbeeld een ingebrachte contrastvloei-stof) afzonderlijk zichtbaar gemaakt.

Deze methode (substractie) wordt door ons nog slechts korten tijd toegepast. Toch rechtvaardigen de door ons verkregen resultaten de verwachting, dat zij in de toekomst, bij verschillende onderzoeken, met succes zal kunnen worden aangewend.

RÉSUMÉ.

Dans cette thèse nous décrivons deux méthodes visant à un même but radiographique, notamment de produire l'image séparée d'une partie de l'objet.

Cependant on atteint à ce résultat par des manières très différentes. Tandis que par une de ces méthodes on représente séparément ce qui se trouve dans un plan spécial (éventuellement aussi ce qu'il y a dans l'entourage de ce plan), on obtient par l'autre méthode une image séparée de ce qui fait partie ou non, à des moments différents, de l'objet produisant l'image.

Avec la première méthode l'ampoule et la pellicule subissent pendant tout le temps de l'exposition un mouvement coordonné de telle façon que les projections de ce plan atteignent toujours la pellicule au même endroit, tandis que les projections des autres parties de l'objet changent constamment leurs endroits de rencontre avec la pellicule. De ce plan seul, le plan de mise au point, on obtient donc une image nette, tandis que de tout le reste l'image est diffuse. L'ampoule et la pellicule subissent tout le temps un mouvement inverse dans des plans parallèles au plan de mise au point.

Par cette méthode (planigraphie) on peut obtenir deux résultats essentiellement différents; on peut prendre une grande étendue du mouvement du focus et alors on n'obtient que l'image d'un seul plan, le plan de mise au point. S'il s'agit toutefois de rendre par diffusion certaines parties de l'objet moins gênantes, il faut réduire l'étendue du mouvement. Les résultats de ce dernier procédé se rapprochent davantage de la radiographie ordinaire. C'est pourquoi il est plus facile de comprendre ce procédé et d'en avoir une vue générale. Pour cette raison le premier procédé est traité plus en détails et éclairci par plusieurs exemples.

Avec la méthode décrite dans la deuxième partie de cette thèse, on fait de l'objet deux radiogrammes à savoir un avant qu'un changement se soit produit et l'autre après ce changement. En couvrant un de ces radiogrammes de la diapositive de l'autre, la différence (p.e. le liquide contrastant) est rendue visible séparément.

ZUSAMMENFASSUNG.

Es werden zwei röntgenographische Methoden beschrieben, welche einem gemeinsamen Zweck nachstreben, nämlich einen bestimmten Teil des Objektes einzeln abzubilden.

Dieses Resultat wird jedoch in zwei von einander ganz verschiedenen Weisen erreicht. Die eine Methode ermöglicht, eine bestimmte Ebene (und eventuell auch die unmittelbare Umgebung dieser Ebene) einzeln abzubilden. Bei der anderen Methode erhält man ein Einzelbild jener Teile des Objektes, die in einem bestimmten Augenblick schon, und in einem anderen Augenblick nicht, dem schattengebenden Objekte angehören.

Bei der ersten Methode lässt man Röhre und Film während der Exposition gegensätzliche Bewegungen ausführen und zwar so, dass die Projektion einer Ebene immer auf derselben Stelle des Films fällt, während alle anderen Teile des Objektes ständig ihren Projektionsort auf dem Film wechseln. Man bekommt also ein scharfes Bild jener bestimmten Ebene, während alles Andere ein verwischtes Bild erzeugt.

Mittelst diesem Verfahren kann man zwei von einander ganz verschiedene Resultate erhalten. Erstens kann man Röhre und Film eine ausgiebige Bewegung ausführen lassen. Es wird alsdann nur eine Ebene (Schnittebene) scharf abgebildet.

Wenn es sich dahingegen nur darum handelt, bestimmte Teile des Objektes zu verwischen und dadurch weniger störend abzubilden, so soll die Bewegung nur ganz geringfügig gewählt werden. In dieser Weise werden verschiedene Objektteile (z. B. das Os petrosum) noch als Ganzes abgebildet.

Die Resultate dieser letzten Arbeitsweise sind denjenigen der gewöhnlichen Röntgenographie ganz ähnlich. Es wurde deshalb die andere Arbeitsweise (die Planigraphie im engeren Sinne) ausführlicher besprochen und an Hand mehrerer Beispiele erklärt.

Bei der zweiten Methode werden nach einander zwei analoge

Röntgenogramme angefertigt und zwar in der Weise, dass das erste vor, das zweite nach Abänderung am Objekte gemacht wird. Wenn man das erste Röntgenbild mit dem Diapositiv des zweiten Bildes überdeckt, so wird die Differenz (z. B. Kontrastflüssigkeit) als separates Bild sichtbar.

SUMMARY.

In this thesis two radiographic methods are described, by which to obtain an isolated image of a part of the object. While one method gives an isolated image of what lies on a certain plane (or incidentally near that plane), the other one gives an isolated image of that, which one moment does-, and the other moment does not belong tot the image-forming object.

On the former method during the exposure tube and plate are moved in such a way, that the projection of that one plane keeps on the same spot of the plate (and thus becomes clear), whilst the projections of the other parts of the object are moving over the plate (and thus become blurred).

By applying this method, two quite different results can be obtained. By moving the tube extensively, only one plane is imaged sharply. If however, it is the question to make certain parts of the object less obtrusive by blurring them, the tube only has to be moved very little. The results of this latter working-method are more like those of the usual roentgenography and therefore all this is easier to be understood. For this reason the other method (planigraphy in a narrower sense) was treated at a greater length and illustrated with more examples.

On the method described in the second part of this thesis, two roentgenograms are taken of the object and that one before and one after something has been changed in the object.

By covering one roentgenogram with the diapositive of the other one, the difference (for instance a contrast-liquid) is shown separately.

LITERATUUR.

- ABRAMOWITSCH, D. und H. WINKLER, Messungen im Stereoencephalogram. Zschr. f. d. ges. Neur. und Psych. 1930, Bd. 127, Blz. 454.
- BAILEY, P., Intracranial tumors. Londen 1933.
- BARTELINK, D. L., Over „Röntgencoupes“ (Vergaderingsverslag) Ned. Tijdschr. v. G. 1932. Bd. 76, Blz. 420.
- , Röntgencoupes, Ned. Tijdschr. v. G. 1932. Bd. 76, Blz. 2790.
- , Röntgenschnitte, Fortschr. Röntgenstr. 1933, Bd. 47.
- , Nouveau procédé radiographique de mise en évidence d'une région osseuse déterminée, (Vergaderingsverslag), Journ. Belge de Rad., 1933.
- BINGEL, A., Zur Technik der intralumbalen Lufteinblasung, insbesondere zum Zwecke der Encephalographie. D. m. W. 1921, Bd. 47, Blz. 1492.
- , Intralumbale Lufteinblasung zur Höhendidiagnose intraduraler extramedullärer Prozesse und zur Differentialdiagnose gegenüber intramedullären Prozessen. D. Zschr. f. Nerv. 1921, Bd. 72, Blz. 359.
- , Neben- und Nachwirkungen bei Gaseinblasungen in den Lumbalkanal. D. Zschr. f. Nerv. 1922, Bd. 75, Blz. 230.
- BORN, G., Die Plattenmodelliermethode. Arch. f. mikr. Anat. 1883.
- , Noch einmal die Plattenmodelliermethode. Zschr. f. w. Mikr. 1888.
- BOUWERS, A., Physica en Techniek der Röntgenstralen. Kluwer, Deventer (1927).
- , Over het meten der intensiteit van röntgenstralen. Proefschrift, 1924.
- BRONKHORST, W., De contrasten in het röntgenbeeld. Proefschrift, 1926.
- , Kontrast und Schärfe im Röntgenbild. Thieme, Leipzig, 1927.
- CALDAS, J. P., Artériographies en série avec l'Appareil Radio-Carousel. Journ. de Rad. 1934, Bd. 18.
- CHATELIN, CH., La dysostose craniofaciale héréditaire. Thèse de Paris, 1914.
- CORNING, H. K., Lehrbuch der topographischen Anatomie. Bergmann, München.

- COSSA, P., Essai sur la ventriculographie par l'air. Legrand, Paris, 1928.
- CROUZON, O. Dysostose craniofaciale héréditaire. Pr. med. 1912.
- , Études sur les maladies familiales nerveuses et dystrophiques Masson et Cie., 1929.
- DANDY, W. E., Röntgenography of the brain after injection of air into the spinal canal. Ann. of surg. 1919, Bd. 70, Blz. 397.
- , The diagnosis and localisation of spinal cord tumors. Ann. of surg. 1925, Bd. 81, Blz. 223.
- DRÜNER, L., Die Messung des Röntgenbildes. In: Levy-Dorn Handbuch d. ges. med. Anw. d. Elektr. Bd. 3.
- ESKUCHEN, K., Die Diagnose des spinalen Subarachnoidalblocks. Kl. W. 1924. Bd. 3, Blz. 2227 en 1925, Bd. 4, Blz. 870.
- FORSTER, E., Verfahren zur Herstellung direkter Röntgen-Positive. Röntgenpraxis, Bd. 4, Blz. 230.
- GOLDHAMER, K., Normale Anatomie des Kopfes im Röntgenbild. Thieme, Leipzig, 1930.
- GRANGER, A., A Radiological study of the para-nasal sinuses and mastoids. (Lea and Febiger, Philadelphia, 1932).
- , New device and technique for making radiographs of the mastoids. Radiology 1925, Bd. 5.
- , New position for making roentgenograms of the mastoids. Journ. Amer. med. Assoc., 1927, Bd. 88.
- GRASHEY, R., Atlas typischer Röntgenbilder vom normalen Menschen. Lehman, München, 1928.
- HASSELWANDER, A., Beiträge zur Methodik der Röntgenographie. II. Die Stereoröntgenogrammetrie. Fortschr. Röntgenstr. 1916, Bd. 24, Blz. 345.
- HIS W., Der mikrophotographische Apparat der Leipziger Anatomie. Festschr. f. A. Kölliker.
- JACOB, O., zie TESTUT.
- JACOBI, W., zie LÖHR.
- JACOBOEUS, H. C. and F. NORD. Air and lipiodol as contrastagens for roentgendiagnosis within the central nervous system. Acta radiol. 1924, Bd. 3, Blz. 367.
- JACOBOEUS, H. C., On insufflation of air into the spinal canal for diagnostic purposes in cases of tumors in the spinal canal. Acta med. Scand. 1921, Bd. 55, Blz. 555.
- JOSEFSON, A., Über Verschluss des Rückenmarkkanales durch

- Lufteinblasungen in den Spinalkanal festgestellt und über ein neues Absperrungssymptom. M. m. W. 1922, Bd. 69, Blz. 555.
- JÜNGLING, O. und H. PEIPER, Ventrikulographie und Myelographie in der Diagnostik des Zentralnervensystems. Erg. d. Med. Str. Bd. II, 1, Leipzig, 1926.
- JURIS, K., zie SPIEGLER.
- KÖHLER, A., Grenzen des Normalen und Anfänge des Pathologischen im Röntgenbilde. Thieme, Leipzig, 1928.
- KÖHNLE, H., Objektive Stereoskopie an Röntgenbildern. Palm u. Enke. Erlangen 1930.
- LAPIN, M. L., Eine neue Methode für die Anfertigung durchsichtiger plastischer Rekonstruktionen. Zschr. f. w. Mikr. 1927, Bd. 44, Blz. 134.
- LEBEDKIN, S., Die rationelle Technik der Herstellung von plastischen Rekonstruktionen und die Zelluloidmodelle. Zschr. f. w. Mikr. 1930, Bd. 47, Blz. 294.
- LEGRAS, A. M., Ziekte van Crouzon (Dysostosis craniofacialis), Ned. Tijdschr. v. G., 1933, Bd. 77, Blz. 4630.
- LÖHR, W. und W. JACOBI, Die kombinierte Enzephal-Arteriographie. Thieme, Leipzig, 1933.
- MARIE, T. en H. RIBAUT, Stéréoscopie de précision appliquée à la radiographie. Arch. de Physiol. 1897. Blz. 686.
- MAYER, E. G., Otologische Röntgendiagnostik. Springer, Wien, 1930.
- MONIZ, E., Diagnostic des tumeurs cérébrales et épreuve de l'encéphalographie artérielle. Masson et Cie., Paris.
- , Physio-Röntgenologie des Blutkreislaufs im Gehirn, in den Meningen und in den übrigen Geweben des Kopfes. Fortschr. Röntgenstr. 1933, Bd. 48, Blz. 398.
- NORD, F., zie JACOBOEUS.
- PEIPER, H., zie O. JÜNGLING.
- PELLISSIER, G., Radiographie de face de la colonne cervicale dans son ensemble. Technique nouvelle. Bull. de la Soc. de Rad. méd. de France. 1931, Blz. 361.
- PETER, K., Die Methoden der Rekonstruktion. Fischer, Jena, 1906.
- PLAATS, G. J. VAN DER, Over de zoogenaamde planigraphie met röntgenstralen. Ned. Tijdschr. v. Geneesk. 1932, Bd. 76, Blz. 1081.
- RIBAUT, H., zie MARIE.

- RUTTIN, E., Darstellung des Attik-Antrums im Röntgenbild durch Jodepinfüllung. *Acta Oto-Laryng.* 1928. Bd. 12, Blz. 198.
- SANTOS, R. DOS, L'artériographie en série. *Journ. de Rad.* 1933. Bd. 27, Blz. 473.
- SCHÜLLER, A. Die Schädelbasis im Röntgenbild, Gräfe und Sillern, Hamburg, 1905.
- , Röntgendiagnostik der Erkrankungen des Kopfes. Hölder, Wien, 1912.
- SILLEVIS SMITT, W. G. en B. G. ZIEDESSES DES PLANTES, Craniofaciale dysostosen. *Psych. Neur. Bladen.* 1932. Bd. 36, Blz. 637.
- , —, Dysostoses cranio-faciales. *Revue Neur.* 1933, Bd. 40, Blz. 543.
- SPALTEHOLZ, W., Handatlas der Anatomie des Menschen. Hirzel, Leipzig.
- SPIEGLER, G. und K. JURIS. Ein neues Kopierverfahren zur Herstellung ideal harmonischer Kopien nach kontrastreichen Negativen. *Fortschr. Röntgenstr.* 1930, Bd. 42, Blz. 509.
- , —, Ein neues Verfahren zur Herstellung ausgeglichener Kopien nach besonders harten Originalaufnahmen. *Photogr. Korresp.* Bd. 67.
- STENVERS, H. W., Röntgenologie des Felsenbeines und des bitemporalen Schädelbildes. Springer, Berlin, 1928.
- TESTUT, L. et O. JACOB, *Traité d'anatomie topographique.*
- THIEL, R., Röntgendiagnostik des Schädels bei Erkrankungen des Auges und seiner Nachbarorgane. Springer, Berlin, 1932.
- TRENDELENBURG, W., Stereoskopische Raummessung an Röntgenaufnahmen. Springer, Berlin, 1917.
- VALLEBONA, A., Una modalità di tecnica per la dissociazione radiografica delle ombre applicata allo studio del cranio. *La Rad. Medica* 1930, Bd. 17.
- , Radiography with great enlargement (microradiography) and a technical method for the radiographic dissociation of the shadow. *Radiology*, 1931, Bd. 17.
- , Una modalità di tecnica per la dissociazione radiografica delle ombre. *Liguria Med.* 1930.
- , A proposito di un nuovo metodo radiografico chiamato „Planigrafia“. *La Rad. Medica*, 1932, Bd. 19.
- , Über die Methoden zur Aufnahme von Röntgenbildern, die

- eine Zerlegung der Schatten ermöglichen. Fortschr. Röntgenstr. 1933.
- WAARDENBURG, P. J., Over oog- en oogkasafwijkingen bij de Acrocephalosyndactylie (ziektebeeld van Apert), de dysostosis craniofacialis (ziektebeeld van Crouzon) en den torenschedel. Maandschr. v. Kinderg. 1934, Bd. 3, Blz. 196.
- WEIGELDT, W., Die Bedeutung der Lufteinblasung für Hirn und Rückenmarksdiagnostik. D. Zschr. f. Nerv. 1923, Bd. 77, Blz. 165.
- WIDEROE, S., Über die diagnostische Bedeutung der intraspinalen Luftinjektionen bei Rückenmarksleiden, besonders bei Geschwülsten. Zbl. f. Chir. 1921, 48, Blz. 394.
- WINKLER, H., zie ABRAMOWITSCH.
- ZIEDSES DES PLANTES, B. G., Een bijzondere methode voor het maken van röntgenphoto's van schedel en wervelkolom. Ned. Tijdschr. v. G. 1931, Bd. 75, Blz. 5218.
- , Methode tot het verkrijgen van Röntgenbeelden waarvan de scherpte zich tot één vlak beperkt. (Vergaderingsverslag). Ned. Tijdschr. v. G. 1932, Bd. 76, Blz. 424.
- , Eine neue Methode zur Differenzierung in der Röntgenographie (Planigraphie). Acta Radiol. 1932, Bd. 13, Blz. 182.
- , Eenige nadere toelichtingen tot de planigraphische methode in de röntgenologie. Ned. Tijdschr. v. G. 1932, Bd. 76, Blz. 2796.
- , Een nieuwe differentiatiemethode in de röntgenologie. (Vergaderingsverslag). Ned. Tijdschr. v. G. 1932, Bd. 76, Blz. 3691.
- , Planigraphie. Fortschr. Röntgenstr. 1933, Bd. 47, Blz. 408.
- , Röntgenographische Darstellung von Schnittbildern am Lebenden. (Vergaderingsverslag). W. kl. W. 1933, Bd. 46, blz. 927.
- , Planigraphie. Une méthode permettant en radiographie d'obtenir une image nette de la section d'un objet à un plan bien déterminé. Journ. de Rad. 1934, Bd. 18.
- , Een methode om bepaalde onderdelen van het röntgenologisch te onderzoeken voorwerp afzonderlijk in beeld te brengen. Ned. Tijdschr. v. G. 1934, Bd. 78, Blz. 762.
- , zie SILLEVIS SMITT.

STELLINGEN.

I.

Voor de bestudeering van de topographische anatomie van het hoofd is het röntgenonderzoek een onmisbaar hulpmiddel.

II.

Bij jaloerschheidswaan (de exogene psychosen uitgezonderd), moet de prognose meestal ongunstig gesteld worden.

III.

De bepaling van de „Chronaxie” is van groot practisch belang, doch berust op onvoldoende theoretische gronden.

IV.

Indien na een letsel van de wervelkolom zich een tot enkele wervels beperkte spondylosis deformans ontwikkelt, bij overigens intacte wervellichamen, ligt daaraan een traumatische verandering van de tussenwervelschijf ten grondslag.

V.

Voor het aantoonen van afwijkingen aan den dens epistrophei zijn röntgenopnamen, gemaakt tijdens draaien van het hoofd, een belangrijk hulpmiddel.

VI.

Bij het röntgenologisch onderzoek van patiënten met plaatselijke afwijkingen aan het schedeldak verzuime men niet opnamen met tangentialen stralengang te maken.

VII.

Van de drie aan het geboorteobject gebonden factoren — „spanning, ongelijkmatige buigbaarheid en excentrische stand van de voorgaande pool” — welke de Snoo aanneemt ter verklaring van den inwendigen spildraai, is de laatste factor van overwegend belang. K. de Snoo, Leerboek der Verloskunde.

VIII.

Bij congenitale lues van zuigelingen verdient behandeling met stovarsol per os vaak de voorkeur boven andere behandelingsmethoden.

IX.

De Gordontest is een belangrijke aanwinst voor de diagnose Maligne Granuloom.

M. H. Gordon in: Rose research on lymphadenoma, (Simpkin Marshall, Londen).

X.

Bij het vraagstuk omtrent het ontstaan van de stuwingspapil moeten men rekening houden met stoornissen van de physiologische afstrooming van weefselvloeistof langs den nervus opticus.

XI.

Voor het stellen van de prognose bij otogene meningitis is het onderzoek naar de bactericiditeit van den liquor cerebrospinalis een belangrijk hulpmiddel. Hesse, Z. f. Hals-, Nasen- u. Ohrenk. Bd. 33, Blz. 105.

XII.

De beoordeeling van de lichamelijke geschiktheid der werkloozen voor de werkverschaffingen geschiede door geneeskundige ambtenaren.

