

OPERATIEVE BEHANDELING VAN IDIOPATHISCHE SCOLIOSE BIJ HET OPGROEIEND KIND VOLGENS DE METHODE VAN HARRINGTON

(Treatment of idiopathic scoliosis during adolescence by
Harrington rod fusion)

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DE GRAAD VAN DOCTOR IN DE GENEESKUNDE
AAN DE ERASMUS UNIVERSITEIT TE ROTTERDAM
OP GEZAG VAN DE RECTOR MAGNIFICUS PROF. DR. M.W. VAN HOF
EN VOLGENS BESLUIT VAN HET COLLEGE VAN DEKANEN.
DE OPENBARE VERDEDIGING ZAL PLAATSVINDEN OP
WOENSDAG 29 mei 1985 TE 14.00 UUR

door

BERNARD ERNST EDUARD MARIE JOZEF VERAART
Geboren te Kerkrade

1985
ICG Printing Dordrecht

PROMOTOR : Prof. Dr. B. van Linge

OVERIGE LEDEN : Prof. Dr. R. Braakman
: Prof. Dr. W. Erdmann
: Prof. Dr. A. Versprille

Ter herinnering aan mijn ouders

Aan Hanna en
Gabrielle
Caroline
Brigit
Annette
Marijn

Inhoud

VOORWOORD.	1
HOOFDSTUK 1	
INLEIDING EN DOELSTELLING	3
HOOFDSTUK 2	
DE STRUCTURELE SCOLIOSE	5
HOOFDSTUK 3	
DE IDIOPATHISCHE SCOLIOSE	7
3.1. Oorzaak.	7
3.2. Genetisch onderzoek	7
3.3. Localisatie van de verkrumming	8
3.4. Tijdstip van ontstaan	10
3.5. Progressie van de scoliose tijdens de groei.	11
3.6. Progressie na de groei	15
3.7. Nog eens: de oorzaak	17
3.8. De theorie van de lordoscoliose	17
3.9. Het verstoorde evenwicht	19
3.10. Samenvatting	20
HOOFDSTUK 4	
DE GEVOLGEN VAN EEN ONBEHANDELDE PROGRESSIEVE IDIOPATHISCHE SCOLIOSE IN DE VOLWASSEN LEVENSFASE	21
4.1. Inleiding	21
4.2. De studie van Nilsonne en Lundgren	21
4.3. De studie van Nachemson	22
4.4. De studies van Ponseti	23
4.5. Vergelijking van de studies	24
4.6. Samenvatting	26
HOOFDSTUK 5	
CONSERVATIEVE BEHANDELING	27
5.1. Criteria voor behandeling	27

VIII

5.2. Behandelingsvormen	27
5.3. Behandelingsresultaten	28
5.4. Beschouwingen	28
5.5. Samenvatting	29

HOOFDSTUK 6

DE OPERATIEVE BEHANDELING.	31
6.1. Indicatiestelling.	31
6.1.1. Op grond van longfunctie veranderingen	31
6.1.2. Op grond van de energiebalans.	32
6.1.3. Op grond van pijn	33
6.1.4. Op grond van de cosmetiek	37
6.1.5. Conclusies	38
6.2. De gunstige leeftijd	39
6.3. De operatiemethode volgens Harrington.	40
6.3.1. Inleiding	40
6.3.2. De bijdrage van Paul Harrington aan de operatieve scoliose behandeling	40
6.4. Biomechanische aspecten	45
6.4.1. Beschouwingen en literatuurgegevens	45
6.4.2. Samenvatting	49
6.5. Aanvullingen en modificaties van het Harrington instru- mentarium	50
6.6. Specifieke complicaties.	51
6.6.1. Falen van het instrumentarium.	51
6.6.2. Beschadiging van het centrale zenuwstelsel tengevolge van tractie c.q. distractie	52
6.6.3. Pneumo- c.q. haematothorax	53

HOOFDSTUK 7

DE OPERATIE.	55
7.1. De voorbereiding.	55
7.1.1. De opname.	55
7.1.2. Het röntgenonderzoek	55
7.1.3. Pre-operatieve correctie	56
7.1.4. Keuze van het spondylodesetraject	58
7.2. Anatomische factoren van belang bij de operatie	59
7.2.1. Inleiding	59
7.2.2. De arteriële bloedvoorziening van het ruggemerg	60
7.2.3. De arteriële bloedvoorziening van de wervelkolom.	61
7.2.4. De veneuze circulatie	61
7.2.5. De diameter van het wervelkanaal.	62
7.2.6. Ischaemie van het ruggemerg door distractie	63

7.3. Preventieve maatregelen	64
7.3.1. Voorkomen van bloedverlies	64
7.3.2. Bewaking van de functie van het ruggemerg	65
7.4. Operatietechniek.	66
7.5. Postoperatief beleid.	69
EIGEN ONDERZOEK	71
HOOFDSTUK 8	
DE OPERATIEVE BEHANDELING: RESULTATEN EN COMPLICATIES.	73
8.1. Inleiding	73
8.2. Nadere omschrijving.	74
8.3. Patientengegevens	75
8.4. De operatie resultaten	77
8.4.1. Rompdeviatie	77
8.4.2. Gibbushoogte	77
8.4.3. De correctie van de scoliosehoek	78
8.4.4. Bespreking	83
8.5. Literatuurgegevens en discussie aangaande de resultaten	86
8.5.1. Literatuurgegevens.	86
8.5.2. Interpretatie van de gegevens	90
8.6. Samenvatting	95
8.7. Complicaties.	96
8.7.1. Instrumentatieproblemen	97
8.7.2. Neurologische complicaties	97
8.7.3. Pneumothorax	98
8.7.4. Wondinfectie	98
8.7.5. Trombose en embolie.	99
8.7.6. Decubitus	99
8.7.7. Bloeding arteria glutea superior	100
8.7.8. Pseudarthrose	100
8.7.9. Complicaties tengevolge van schedeltractie	100
8.8. Literatuurgegevens en discussie aangaande de complicaties	101
8.8.1. Instrumentatieproblemen	101
8.8.2. Neurologische complicaties	103
8.8.3. Wondinfectie	104
8.8.4. Trombose en embolie.	104
8.8.5. Pseudarthrose	104
8.8.6. Samenvatting	105

HOOFDSTUK 9

NA-ONDERZOEK.	107
9.1. Inleiding	107
9.2. Beroep	107
9.3. Zwangerschap en partus	108
9.4. Sportbeoefening	108
9.5. Rugklachten.	108
9.6. Bespreking gegevens.	109

HOOFDSTUK 10

LONGFUNCTIE-ONDERZOEK.	111
10.1. Literatuuroverzicht	111
10.1.1. Inleiding	111
10.1.2. Het onderzoek van Bergofsky, Turino en Fishman	113
10.1.3. De groei van de long.	115
10.1.4. De normale longfunctie	116
10.1.5. Longfunctie-onderzoek bij scoliose patienten	116
10.1.6. De ventilatie en bloeddorstroming (perfusie).	119
10.1.7. Longfunctie-onderzoek met radioactief xenon	121
10.1.8. Longfunctie-veranderingen na operatieve behandeling.	122
10.1.9. Samenvatting	126
10.2. Eigen onderzoek	128
10.2.1. Inleiding	128
10.2.2. Spirometrische bepaling van de statische volumes	129
10.2.3. Methode van spirometrie.	129
10.2.4. Spirometrische bepaling van de dynamische volumes	130
10.2.5. Patientengegevens	130
10.2.6. Resultaten	131
10.2.7. Bespreking van de pre-operatief gevonden waarden van de statische volumes.	136
10.2.8. Conclusies naar aanleiding van de pre-operatief gevonden waarden van de statische volumes	138
10.2.9. Bespreking van de postoperatief gevonden waarden van de statische volumes.	139
10.2.10. Vergelijking van de gevonden absolute waarden voor en na de operatie.	141
10.2.11. Vergelijking van de genormeerde longvolumes voor en na de operatie.	141
10.2.12. Conclusies naar aanleiding van de postoperatief gevonden waarden van de statische volumes	153
10.2.13. Spirometrische bepaling van de dynamische volumes pre- en postoperatief	155
10.2.14. Beschouwing van de waarden gevonden bij pre- en post-	

operatieve bepaling van de dynamische volumes	155
10.3. Samenvatting en conclusies	157
HOOFDSTUK 11	
SAMENVATTING.	159
Summary.	165
BIJLAGE I	
Gegevens van “Scoliosis Research Society” over complicaties bij operatieve scoliose behandeling	171
BIJLAGE II	
Peroperatief bloedverlies.	179
LITERATUURLIJST.	181

Voorwoord

Vele jaren heb ik mij met bijzondere aandacht kunnen wijden aan de zorg voor patienten met scoliose. Aan het begin van deze periode staat professor San Giorgi. Onder zijn bezielende leiding en gesteund door zijn grote ervaring kon in 1966 het idee gerealiseerd worden om de behandeling van scoliose-patienten te concentreren en te specialiseren. Met veel dankbaarheid denk ik terug aan deze voortreffelijke leermeester. De behoefte, om de talrijke ervaringen sindsdien opgedaan, vast te leggen, bestond al langere tijd. De uiteindelijke stimulans tot de nu gerealiseerde kritische analyse gaf mijn promotor, professor Bert van Linge, die ik daarvoor zeer erkentelijk ben.

De vragen, die zich voordeden bij de behandeling van scoliose-patienten zijn zo veelsoortig, dat ik nauwelijks een discipline binnen het ziekenhuis ken, waarop ik geen beroep heb gedaan. In vele gevallen is dit uitgegroeid tot een intense samenwerking. Al degenen, die zoveel bereidheid toonden tot deze samenwerking, bedank ik gaarne. De dagelijkse zorg voor de scoliose-patienten ligt bij het scoliose-team waarvan verpleging, fysiotherapeuten en instrumentmakers deel uit maken. Graag en met veel dank vermeld ik hun toewijding, vaardigheid en hartelijke samenwerking.

Het bezig zijn met een eigen bijzonder aandachtsgebied, naast het voeren van een drukke praktijk, vraagt heel wat inschikkelijkheid en souplesse van de meest naaste collegae. Zowel Aad Koot met wie ik in Arnhem samenwerkte, als thans Jan van der Eijken en Chris Plasmans, hebben deze eigenschappen in grote mate, maar zijn daarnaast collegae die stimuleren door hun grote kundigheid en warme vriendschap. Hiervoor dank ik hen zeer hartelijk.

Het was Herman Beneken Kolmer die mij destijds als eerste wees op de longfunctie-stoornissen bij scoliose-patienten. Met hem zijn ook de eerste onderzoeken op dit gebied opgezet. Mijn verdere scholing in deze ontving ik van Piet Janssen die mede verantwoordelijk is voor de in dit proefschrift vermelde longfunctie onderzoeken. Beiden zeg ik dank voor hun inspiratie, didactische gaven en geduld.

Mijn secretaresse, Bernadette Nooij, heeft vanaf het begin altijd opgewekt de hulp en zorg gegeven nodig bij het realiseren van het manuscript. Voor deze steun ben ik haar zeer dankbaar.

Inleiding en doelstelling

De misvorming als gevolg van een ernstige scoliose is niet te maskeren; de kortademigheid, die er vaak mee gepaard gaat, evenmin.

Begrijpelijk, dat vanaf en zelfs nog vóór Hippocrates de bultenaar en zijn scoliose onderwerp zijn geweest van studie en poging tot behandeling. De geschiedenis met name van de orthopaedie en de scoliose-behandeling zijn zó met elkaar verweven, dat het embleem van de huidige orthopaedie verzinnebeeld wordt door een scoliose - afgebeeld als een krom gegroeide boom - die weer recht geleid wordt.

Alle pogingen ten spijt is eerst werkelijk vooruitgang bij de scoliose-behandeling geboekt sinds ongeveer 1950.

Tevoren had Hibbs (1911) de grondslag gelegd voor een betrouwbare dorsale verstijvingstechniek - spondylodese - later uitgewerkt door Risser (1935) en Moe (1972).

De explosie van het aantal publicaties over onderzoek naar en behandeling van scoliose sinds de vijftiger jaren is enorm. En zeker niet zonder resultaat. Vanaf de oprichting in 1966 heeft de Scoliosis Research Society (S.R.S.) een niet meer weg te denken invloed gehad op de kennis, die wij thans bezitten over de scoliose.

Inspiratie, coördinatie en samenwerking, een vooruitziende blik en een kritisch wetenschappelijke attitude kenmerken het werk van de S.R.S. Van vele vormen van scoliose is thans de oorzaak en het natuurlijk beloop bekend. De behandelingsresultaten zijn spectaculair verbeterd. Vroegtijdige herkenning en preventieve maatregelen wat betreft de ontwikkeling van de scoliose beginnen gemeengoed te worden. Door al deze feiten verandert het patroon van deze afwijking, in zijn klinische vorm althans, duidelijk ten goede. De opmerking van John Moe, oprichter van de S.R.S., gemaakt in 1978 "scoliosis is no longer Cinderella of orthopaedic surgery", is niet pathetisch maar nuchter en realistisch. Voorheen waren rachitis en poliomyelitis de voornaamste oorzaken van scoliose. Van alle scoliosen thans, is de idiopathische scoliose het meest voorkomend. Zoals de naam al suggereert, is hier de oorzaak nog niet bekend. Dit wil niet zeggen, dat niets bekend zou zijn over het natuurlijk beloop en de verschijningsvorm ervan; integendeel.

De enig zekere behandeling tot nu toe van de ernstige verkrommingen

ten gevolge van een idiopathische scoliose is gebaseerd op een operatieve verstijving van die verkromming. De ontwikkeling van het Harrington-instrumentarium (1962) verschafte de operateur voor het eerst de mogelijkheid om bij deze verstijvingsoperatie ook gebruik te maken van inwendige correctie en stabiliteit. Het onmiskenbare voordeel voor de patient is vooral gelegen in het feit dat zeer langdurige bedrust postoperatief niet meer nodig bleek en tevens de eindresultaten aanzienlijk beter werden.

In het volgende zal ingegaan worden op de idiopathische scoliose bij het opgroeiende kind met name de indicaties tot operatieve behandeling. In het bijzonder zal aandacht besteed worden aan de operatietechniek bestaande uit een dorsale spondylodese met gebruikmaking van het Harrington-instrumentarium of kortweg gezegd de "Harrington spondylodese". Verslag zal gedaan worden van de resultaten van deze techniek op korte en langere termijn aan de hand van gegevens verkregen bij ongeveer honderd zélf behandelde patienten. Aan de hand van spirometrisch longfunctie-onderzoek, verricht bij 46 patienten zowel voor als ná de operatie, zal de invloed van de idiopathische scoliose op de longfunctie besproken worden en zal worden nagegaan of er tengevolge van de operatie veranderingen optreden in die longfunctie.

De structurele scoliose

Definitie

Het woord scoliose is rechtstreeks overgenomen uit het Grieks en betekent in zijn oorspronkelijke versie bocht. Het gebruik ervan in de medische literatuur heeft aan dit woord de betekenis gegeven van:

zijdelingse bocht of verkromming van de wervelkolom.

In het volgende zal alleen gesproken worden over structurele scoliosen, dit in tegenstelling tot de niet structurele scoliosen die min of meer willekeurig ontstaan en ook te redresseren zijn.

Onder *structurele scoliose* wordt verstaan een zijdelingse verkromming van de wervelkolom met een gebrek aan normale flexibiliteit, meestal gepaard gaande met een rotatie van de betrokken wervels cq. torsie van dat wervelkolomgedeelte. Bij sommige scoliose-vormen met name die van congenitale origine, kan deze wervelrotatie ontbreken. Bij de idiopathische scoliose is steeds sprake van een abnormale zijdelingse verkromming én rotatie.

In klinische zin gesproken blijkt structurele scoliose een symptoom welke op basis van zeer verschillende oorzaken kan ontstaan.

Indeling

De momenteel gangbare indeling van de structurele scoliose is als volgt:

- 1) Idiopathische scoliose
- 2) Neuromusculaire scoliose
 - o.a. - bepaalde aandoeningen van centraal of perifeer motorisch neuron
b.v. cerebral palsy, poliomyelitis
 - neuromusculaire aandoeningen
b.v. meningo-myelocèle
 - spierziekten
b.v. arthrogryposis, spierdystrofie
- 3) Congenitale scoliose
- 4) Neurofibromatosis
- 5) Mesenchymale stoornissen
 - b.v. ziekte van Marfan, Ehlers-Danlos

- 6) Rheumatoïde arthritis
- 7) Posttraumatisch
 - fractuur, operatie, bestraling
- 8) Extraspinale contracturen
- 9) Osteochondrodystrofie-vormen
- 10) Botinfectie
- 11) Metabole stoornissen
 - rachitis, osteogenesis imperfecta
- 12) Tumoren
 - uitgaande van het wervelkolomskelet of van het ruggemerg en wortels

Structurele scoliosen, samenhangend met de afwijkingen genoemd onder 4 t/m 12 komen weinig voor. Dan volgt in frequentie van voorkomen de groep scoliosen bij neuromusculaire aandoeningen.

De idiopathische en de congenitale scoliosen zijn het grootst in aantal.

De frequentie waarin de diverse scoliosen thans voorkomen is onderzocht onder meer door Marchetti et al. (1968), Beals (1973) en Stagnara (1979). Hun bevindingen zijn nagenoeg gelijk en leiden tot de volgende benaderende verdeling:

- idiopathische scoliose	75 - 80%
congenitale scoliose	10 - 15%
alle overige structurele scoliosen tezamen	10%

De idiopathische scoliose

3.1. Oorzaak

Zoals gezegd is de oorzaak van deze scoliose niet bekend. De diagnose wordt per exclusionem gesteld d.w.z. géén der andere afwijkingen (zie "indeling" hoofdstuk 2) kan in verband gebracht worden met de gevonden scoliose.

Het aantal onderzoeken aangaande idiopathische scoliose is niettemin enorm. Daaronder zijn veel dierexperimentele studies; het probleem van deze studies ligt in het feit, dat de biomechanische verhoudingen in de wervelkolom van de mens en het dier - twee- tegenover viervoeter - essentieel verschillend zijn. Bij vele morfologische, microscopische en histochemische onderzoeken is nooit met zekerheid vastgesteld kunnen worden of eventuele gevonden afwijkingen oorzaak dan wel gevolg zijn van de opgetreden veranderingen. Zo b.v. de veranderingen in de vorm van de wervels bij een ernstige scoliose: de wervels vertonen een verwrongen aspect.

Niettemin zijn een aantal belangrijke kenmerken vastgesteld die geldig lijken voor de idiopathische scoliose. Allen zijn ze verkregen door patiëntenonderzoek. Deze kenmerken zullen thans in het kort beschreven worden.

3.2. Genetisch onderzoek

Het feit, dat idiopathische scoliose nogal eens familiair voorkomt, werd de aanzet tot het zoeken naar een genetische oorzaak voor de ziekte. De eerste duidelijke aanwijzing hiervoor gaf Wynne-Davies (1968), die de families van 180 patienten met een idiopathische scoliose onderzocht, en wel tot in de derde graad. James (1973) diepte dit onderzoek uit. De resultaten van deze onderzoeken zijn o.m. in de thesis van Cotrel (1974) samengevat: bij de idiopathische scoliose bestaat een sterke familieprevalentie, die in de eerste graad zelfs oploopt tot 18% en ver uitkomt boven de prevalentie in de algemene bevolking. Of er sprake is van dominante en/of sex gebonden overerving staat niet met zekerheid vast.

Mentale retardatie alsook epilepsie waren de afwijkingen die het meest

frequent werden vastgesteld bij patienten met een idiopathische scoliose (Wynne-Davies, 1968).

Plais (1977) onderzocht de families van 187 patienten en vond t.o.v. de algemene bevolking – zij schat daar de prevalentie 2 per 1000 –

de prevalentie bij 1e graads-verwanten: 50X verhoogd

bij 2e graads-verwanten: 10X verhoogd

bij 3e graads-verwanten: 12X verhoogd.

Onder meer deze gegevens maken het mogelijk thans adviezen te geven over de kans dat een kind scoliose zal krijgen (genetic counseling).

Nachemson (1983) geeft cijfers waaruit de verhoogde kans blijkt voor een kind als de afwijking ook voorkomt bij 1e en 2e graads-verwanten (uitgaande van een algemene prevalentie van 3 per 1000).

Idiopathische scoliose aanwezig bij:	kans voor kind verhoogd
moeder	10X
beide ouders	80X
zus	3X
moeder en zus	20X

Baraitser (1983) geeft cijfers voor de kans van voorkomen van idiopathische scoliose bij 1e en 2e graads-verwanten van iemand met een idiopathische scoliose van tenminste 20°.

	Scoliose komt voor bij	Kans
1e graads verwantschap	vader	dochter 8%
		zoon 2%
	moeder	dochter 7%
		zoon 2%
2e graads verwantschap	man	zus 6%
		broer 2%
	vrouw	zus 6%
		broer 1,8%

3.3. Localisatie van de verkromming

Iedere idiopathische scoliose is vanaf het moment van ontdekking goed te classificeren naar haar plaats in de wervelkolom; de verkromming kan enkel- of dubbelvoudig (meestal S-vormig genoemd) zijn. De localisatie van deze “primaire” bochten blijft tijdens de hele verdere ontwikkeling vrijwel onveranderd. Schulthess (1905) ontdekte dit. Ponseti en Friedman

(1950) verbonden er een prognostische waarde aan. Deze gegevens werden verder uitgewerkt door James (1967), Moe (1969) en Stagnara (1973) aan de hand van hun patiënten-materiaal:

enkelvoudige bocht	frequentie van voorkomen
thoracaal $T_{5/6} - T_{12}/L_1$	25%
thoracolumbaal $T_{8/9} - L_{2/3}$	19%
lumbaal $T_{11/12} - L_4$	25%
dubbelvoudige bocht	
dubbel thoracaal $T_1 - T_{5/6} - T_{12}/L_1$	6%
thoracaal-lumbaal $T_5 - T_{12}/L_1 - L_4$	25%
(zie fig. 3.1)	

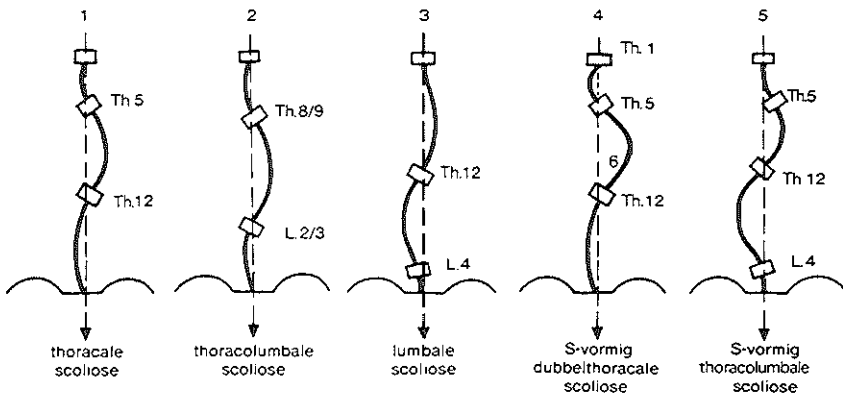


Fig. 3.1. Schematische weergave van de vijf vormen waaronder de idiopathische scoliose zich kan manifesteren.

De idiopathische scoliose strekt zich nooit uit tot in het cervicale deel van de wervelkolom.

Epidemiologisch onderzoek bij grote groepen schoolkinderen ("schoolscreening") tussen 10 en 16 jaar geeft een nader beeld over het voorkomen van de diverse typen. Daarbij blijkt dat deze verdeling anders ligt bij de geringe verkrommingen dan bij de forsere verkrommingen.

In de onderstaande tabel worden de resultaten van twee schoolonderzoeken ter illustratie vermeld.

	Rogala (1978)	Willner en Uden (1982)
Mate van verkromming	$\geq 10^\circ$	$\geq 20^\circ$
Type bocht:		
thoracaal		
(inclusief dubbelthor.)	30%	44%
thoracolumbaal	40%	32%
lumbaal	15%	12%
thoracaal-lumbaal	15%	12%
(dubbel)		

In de groep met de ernstiger scoliosen ($\geq 20^\circ$) valt de overheersende plaats van de thoracale bochten op. Deze lijken het meest geneigd toe te nemen.

3.4. Tijdstip van ontstaan

Het tijdstip waarop een idiopathische scoliose ontstaat ligt ergens tussen de geboorte en het einde van de skeletgroei. In navolging van James (1954) is het gebruik geworden de idiopathische scoliosen in te delen naar tijdstip van ontdekking.

1. infantiele scoliose, 0 - 4 jaar
2. juveniele scoliose, 4 jaar - begin puberteit
3. adolescente scoliose, begin puberteit - einde skeletgroei.

ad 1. Infantiele scoliose komt het minst voor. Onze landgenoot Harrenstein (1936) was de eerste die hierop wees. 80 - 90% van de infantiele scoliosen ontstaat in het eerste levensjaar en verdwijnt weer spontaan ("resolving") vaak na eerst nog enige toename te hebben vertoond. Stagnara (1973) onderscheidt deze scoliosen als een aparte groep: "scoliose de nourisson". De overige infantiele scoliosen verergeren in een hoog percentage aanzienlijk gedurende de verdere groei (progressie) (Metha, 1977).

ad 2. De juveniele vorm komt bij ca. 20% van de patienten met een idiopathische scoliose voor. De laatste 10 jaar is op vele plaatsen, vooral in de V.S., onderzoek verricht bij vaak zeer grote groepen schoolkinderen tussen het 10e en 16e levensjaar. Een deel van deze onderzoeken is transversaal, enkele longitudinaal van opzet.

Voor de juveniele vorm vond Brooks (1977) in een samenvattend artikel een scoliose prevalentie van 2 - 4%. De daarbij gehanteerde criteria waren:

- 1) er is een zichtbare torsie van de wervelkolom
- 2) op de röntgenfoto wordt een bocht gevonden van $> 5^\circ$.

Brooks (1977) alsook Rogala et al. (1978) vinden:

- bij 3% verdwijnt de scoliose spontaan (“resolving”)
- bij het merendeel blijft de scoliose onveranderd
- bij 7% toont de scoliose verergering in de verdere ontwikkeling
- de verhouding jongens/meisjes is 1 : 1,25; echter in de gevallen die verergeren 1 : 5
- de verergering tijdens de juveniele periode is matig, maar neemt duidelijk toe tijdens de puberteit.

N.B. Vaststelling van het begin van de puberteit gebeurt meestal volgens de criteria aangegeven door Tanner (1962): de groei van mammae cq. testikels; van oksel- en pubisbehaarung. Voor de groeisnelheidscurve van jongens en meisjes zie fig. 3.2.

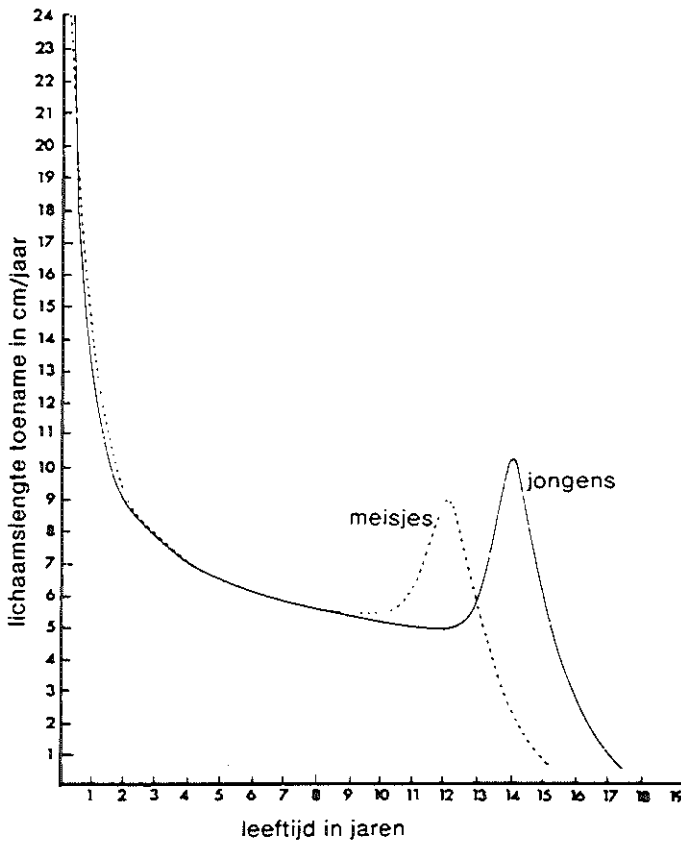


Fig. 3.2. Groeisnelheidscurve bij het opgroeiend kind. Tussen het 4e en 12e jaar is de groeisnelheid vrijwel constant. Dan volgt een sterke groeisput, de zogenaamde puberteitsgroeisput. Deze voltrekt zich bij meisjes duidelijk eerder dan bij jongens.

- ad 3. De adolescente scoliose vormt het merendeel van alle idiopathische scoliosen. In deze groep is geen sprake meer van spontaan verdwijnen. De scoliose ontdekt aan het begin van de puberteit kan nog aanzienlijk verergeren, ook nu weer overwegend bij meisjes. De scoliosen daarentegen die ontstaan aan het einde van de puberteitsgroeispuurt komen zelden tot waarden die de 50° te boven gaan.

De gegeven indeling heeft iets kunstmatigs omdat deze gebaseerd is op het ontdekken van de scoliose. Dat moment kan echter zeer verschillend zijn.

Op het scoliosespreekuur komen naast patienten met minieme verkrommingen ($< 10^\circ$) ook patienten die een aanzienlijke scoliose vertonen ($> 30^\circ$) welke nog maar net ontdekt blijkt.

Dit bezwaar vervalt weer als systematisch het schoolonderzoek jaarlijks vanaf het tiende jaar zou worden gerealiseerd.

Het bovenstaande geeft al een indicatie dat er een verband bestaat tussen verergering van een scoliose en de groeisnelheid.

3.5. Progressie van de scoliose tijdens de groei

Als scoliosen toenemen blijkt dit per individu sterk samen te hangen met de groeisnelheid van het lichaam. Duval-Beaupère (1971) heeft dit aan de hand van een longitudinale studie onderzocht. Uit metingen bij 53 gezonde meisjes kon ze een grafische weergave samenstellen die een beeld geeft van de normale groeisnelheid. Daarnaast noteerde ze in overeenkomstige jaren de ontwikkeling van de bocht bij 500 meisjes met een paralytische en 60 meisjes met een idiopathische scoliose. Zij deed daarbij twee belangrijke waarnemingen:

- 1) een scoliose van meer dan 30° is progressief van karakter en blijft dit tot het skelet is volgroeid.
- 2) een scoliose, die al voor de puberteitsgroeispuurt progressief is, toont tijdens deze groeispuurt een sterkere mate van progressie, ongeveer parallel met de toeneming van de mate van groeisnelheid. Deze mate van progressie blijft voortduren tot het einde van de skeletgroei, alhoewel de mate van groeisnelheid voordien alweer sterk is afgenomen (zie fig. 3.3).

Door het grote aantal paralytische scoliosen in het onderzoek van Duval-Beaupère, kon dit alleen maar als enigszins richtinggevend dienen voor de idiopathische scoliose.

Stagnara (1973) heeft gelijksoortig onderzoek gedaan voor uitsluitend idiopathische scoliosen en komt in principe tot dezelfde conclusie. Uit zijn grafiek (fig. 3.4) is de ontwikkeling af te lezen van resp. een progressieve infantiele, juveniele en adolescente thoracale scoliose.

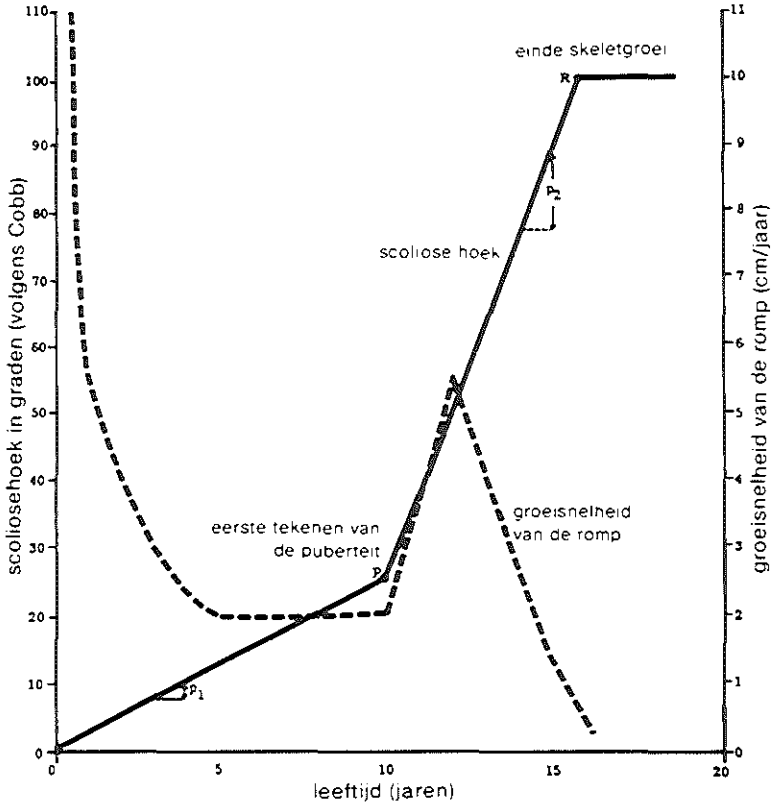


Fig. 3.3. Onderzoek Duval-Beaupère geschematiseerd weergegeven.

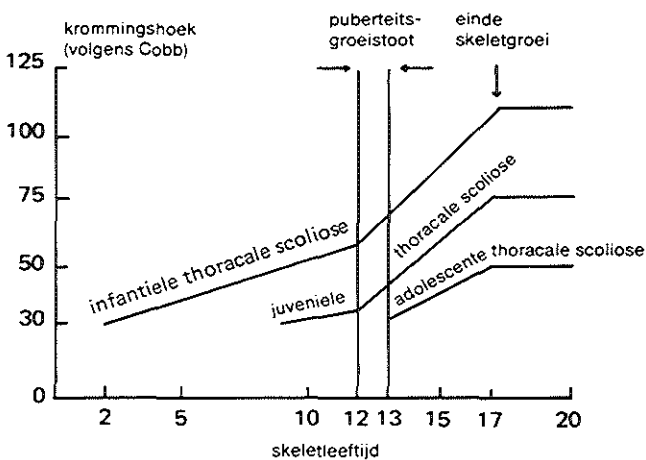


Fig. 3.4. Onderzoek van Stagnara naar de ontwikkeling van progressieve idiopathische scoliose tijdens de groeileeftijd.

Er blijken aanzienlijke verschillen in de inclinatie van de lijnen. Naarmate de inclinatie vóór het begin van de groeispuurt steiler is, neemt de mate van verergering tijdens de groeispuurt toe.

Clarisse (1974) onderzocht het spontane beloop van de idiopathische scoliose – kleiner dan 30° – bij het opgroeiende kind. De onderzochte groep bestond uit 110 patienten en de scoliosehoek lag tussen de 10° en 29° . Uiteindelijk werd bij 53% van de patienten progressie waargenomen. Bij uitsplitsing naar leeftijdsgroep (skeletleeftijd) en localisatie van de scoliose bleek, dat de grootste kans op progressie bestond bij kinderen, die nog aan de groeispuurt moesten beginnen. Hij geeft de volgende getallen:

Juvenile scoliose	percentage progressieve gevallen
Type: thoracaal	58%
thoracolumbaal	70%
lumbaal	29%
thoracaal-lumbaal	92%
Adolescente scoliose	
1) na menarche	15%
2) na einde groeispuurt	2%

- N.B.* 1. De menarche valt even voorbij de helft van de groeispuurt.
 2. Het enige juiste leeftijdscriterium in deze is de skeletleeftijd (Stagnara, 1979). Vrij algemeen wordt deze bepaald door vergelijking van de röntgenfoto van de linker hand met de afbeeldingen in de atlas van Greulich en Pyle (1959).

Het "report of the prevalence and natural history committee" uitgebracht in 1982 voor de S.R.S. door Nachemson, Lonstein en Weinstein verschaft nadere en belangwekkende gegevens.

Het rapport is gebaseerd op feiten verzameld in vele epidemiologische studies met als gezamenlijk eindpunt de skeletleeftijd van 16 jaar (ongeveer einde groei bij meisjes).

De gegevens zijn:

1. Prevalentie - op 16-jarige leeftijd

Bocht		$\sigma : \rho$
10° : 2 -3 %		1 : 2
20° : 0,3-0,5%		1 : 6
30° : 0,2-0,3%		1 : 10

2. Kans op progressie in % voor thoracale bochten bij meisjes

Graden:	Skeletleeftijd		
	10 - 12 jr	13 - 15 jr	16 - jr
≤ 19°	25	10	0
20°-29°	60	40	10
30°-59°	90	70	30
≥ 60°	100	90	70

- N.B.*
1. In deze tabel is progressie gedefinieerd als een toename van 5° of meer.
 2. Bij meisjes is het risico op progressie voor de thoracolumbale en voor de dubbele bochten vrijwel gelijk aan die voor de thoracale bochten. Voor lumbale bochten ligt dit risico op minder dan de helft.
 3. De risico's voor jongens zijn veel geringer, ongeveer 1/10.

3.6. Progressie na de groei

Weinstein et al. (1981, 1982) hebben een van de eerste studies gepubliceerd over het natuurlijke beloop op lange termijn van de idiopathische scoliose. Tussen 1932 en 1948 werden 358 patiënten met een idiopathische scoliose, die *niet* behandeld waren, onderzocht in de universiteit van Iowa City. Van deze groep konden 219 voor een na-onderzoek opgespoord worden; de gemiddelde follow-up bedroeg 39,3 jaar.

Bij vergelijking van de gegevens bleek dat de meeste bochten tijdens de volwassen levensperiode verder zijn toegenomen m.n. de thoracale bochten die ten tijde van het bereiken van de volwassenheid een bocht hadden tussen 50° en 80°. Meer gedetailleerde gegevens volgen hieronder:

Mate van verkrumming

Thoracale bocht	bij skeletrijpheid	bij follow-up
	30° - 50°	+ 10.2°
	50° - 75°	+ 29.4°
	75° - 100°	+ 12.6°
	> 100°	+ 10.3°
Thoracolumbale bocht	30° - 50°	+ 11.0°
	> 50°	+ 22.3°
Lumbale bocht	30° - 50°	+ 15.4°
	> 50°	+ 18.5°

De dubbele bochten volgen de ontwikkeling van de bochten waaruit ze zijn samengesteld, welke ontwikkeling hierboven is aangegeven.

Stagnara (1979) die ook over lange ervaring beschikt had enige tijd eerder aan de hand van zijn grote materiaal het volgende schema samengesteld:

Progressie gedurende de volwassenheid

	≤ 40°	40°-60°	60°-80°
Thoracaal	stabiel	+ 0,5°/jaar	+ 0,9°/jaar
Thoracolumbaal	stabiel	+ 0,5°/jaar	+ 1,0°/jaar subluxatie
Lumbaal	stabiel	ontwikkeling kyphose	ontwikkeling kyphose en subluxatie

De onderzoekresultaten lopen niet geheel parallel maar een duidelijke tendens is waarneembaar. Een scoliose boven de 50° bij het bereiken van de volwassenheid blijft toenemen. Daarentegen lijken de scoliosen, die op dat moment 40° bedragen, stabiel.

De progressie tijdens de volwassen periode is van heel andere aard en origine dan die tijdens de groeiperiode.

Tijdens het volwassen leven zal de toename van de bocht voornamelijk berusten op degeneratieve afwijkingen met name van de disci en mogelijk ook op geringe inzakkingen van skeletdelen die aan de concave zijde onder te grote druk komen en daar geleidelijk minder weerstandsvermogen

daartegen hebben. In die zin is het begrijpelijk, dat de zeer ernstige thoracale bochten niet zo'n spectaculaire progressie vertonen, waarschijnlijk omdat in deze gevallen bij het begin van de volwassenheid al nauwelijks meer sprake is van enige tussenwervelruimte. Soms kan dit zelfs leiden tot een vergroeiing van de wervels met elkaar.

3.7. Nog eens: de oorzaak

Op het door de Société Belge d'Orthopédie in 1967 georganiseerde congres, geheel gewijd aan de scoliose, werd een uitstekend rapport gepresenteerd door Bouillet en Vincent, vooral handelend over de pathogenese van de idiopathische scoliose. Dit rapport - volledig in zijn vermelding van al de onderzoeken verricht tot dat tijdstip - is, nadat de gegevens, voortgekomen uit de uitvoerige discussies erin waren verwerkt, uitgekomen als apart nummer van de Acta Orthopaedica Belgica (1967).

Hun conclusies die vandaag de dag nog gelden, ja zelfs steeds meer ondersteuning vinden, zijn de volgende:

- diverse oorzaken, al of niet samengaand, kunnen een idiopathische scoliose tengevolge hebben. Daarbij kan gedacht worden aan een groeistoornis van de wervelkolom - lokaal of tengevolge van gegeneraliseerde stoornissen (biochemisch) of - en dat lijkt het meest waarschijnlijk - een neurologische stoornis die het evenwicht van de wervelkolom verstoort.
- om te geraken tot een progressieve scoliose moeten de beginletsels irreversibel zijn.
- de groei heeft een verergerende invloed op de scoliose.

Uitgaande van deze conclusies zijn er sindsdien tot heden twee belangwekkende ontwikkelingen te melden.

3.8. De theorie van de lordoscoliose

Scoliose is geen verkromming in een vlak, het is een complexe driedimensionale deformiteit. Bij een scoliose draaien de wervellichamen naar de convexiteit van de bocht, de laminae en de processus spinosi (de dorsale structuren) wijzen naar de concave zijde (zie ook hoofdstuk over biomechanica).

Dit betekent dat de dorsale structuren een kortere baan beschrijven dan de ventrale en dat de verschillende wervellichamen zich aldus ten opzichte van elkaar in extensie of lordose moeten bevinden.

Reeds in 1866 schrijft Meijer "die normale Kyphose der Brustwirbelsäule ist mit dem Bestehen einer Skoliose unverträglich". Hij beschouwde de wervelkolom als bestaande uit twee afzonderlijke, nauw samenhangende

structuren met verschillende elasticiteitsmodulus. De wervellichamen zijn in zijn conceptie weinig comprimeerbaar, de wervelbogen veel meer. In de fysiologische verkrommingen van de wervelkolom – gelegen in het sagittale vlak – volgen de wervelbogen de wervellichamen en bevinden zij zich in de kyphotische kromming verder uiteen, in de lordotische kromming dichter bij elkaar. Werkt echter een lateraal gerichte comprimerende kracht in gelijke mate op beide structuren in, dan zullen de bogen elkaar gemakkelijker kunnen benaderen dan de wervellichamen. Hierdoor zullen de wervellichamen in extensie (lordose) geraken en zullen de processus spinosi elkaar naderen in de concaviteit.

Roaf (1966) alsook Deane en Duthie (1973) vergeleken de lengte gemeten langs de voorzijde van een preparaat van een scoliotische wervelkolom met die, gemeten langs de achterzijde. De lengte aan de voorzijde bleek duidelijk het langst.

Perdriolle en Vidal (1981) hebben met geavanceerde röntgentechnieken een totaal gederoteerde opname van de gehele wervelkolom – in het sagittale vlak – kunnen construeren. Hierbij bleek dat zowel voor enkelvoudige als dubbelvoudige scoliosen geldt, dat de wervelkolom in lordose is.

Sommerville (1952) veronderstelt dat de initiële deformiteit een structurele lordose is, die geen andere bewegingsvrijheid heeft dan rotatie. Een en ander zou veroorzaakt worden door groeistoornissen in de achterste structuren. Dit kon echter niet worden aangetoond.

De vurigste pleitbezorger is zonder twijfel Dickson (1984). Op grond van radiologische en biomechanische studies aan het cadaver en in de kliniek stelt hij dat de essentiële laesie een asymmetrie is in twee vlakken. Dat vele kinderen een onschuldige asymmetrie in het frontale vlak kunnen vertonen is algemeen bekend. Komt daar echter een asymmetrie in het sagittale vlak tijdens de groei “bovenop” dan ontstaat een progressieve idiopathische scoliose. Dickson meent te kunnen aantonen, dat aan de achterzijde van de wervels bij idiopathische scoliose een groeistoornis bestaat. Hij spreekt van irregulaire sluitplaten en beschouwt de afwijking als een pendant van de M. Scheuermann: daarbij zit de afwijking ventraal en leidt tot een versterkte kyphose.

De groeistoornissen die ten grondslag zouden liggen aan het optreden van de lordoscoliose (Sommerville 1952; Dickson 1984) zijn niet overtuigend aangetoond. Het belang van genoemde onderzoeken is echter, dat ze waarschijnlijk hebben gemaakt, dat de idiopathische scoliose een *lordoscoliose* is; zij geven daarbij een verklaring hoe vanuit een lordose dwangmatig een lordoscoliose moet ontstaan bij het opgroeiende individu.

3.9. *Het verstoorde evenwicht*

Op het jaarcongres van de S.R.S. in 1974 stelden Yamada et al. de mogelijke invloed van hersenstamafwijkingen op de ontwikkeling van scoliose ter discussie. Bij 14 patienten met ernstige progressieve idiopathische scoliose vonden zij congenitale oculomotore dysfuncties dan wel duidelijke stoornissen in de evenwichtsreflexen: laesies die zij localiseerden in de hersenstam. Gelijk gelocaliseerde letsels brachten zij stereotactisch aan bij jonge "bipedale" ratten. In bijna 50% van de proefdieren ontwikkelde zich een aanzienlijke scoliose. Zij postuleerden dat "disturbances of the postural reflex mechanisms, originating from the proprioceptive organs - the vestibule of the internal ear and the optic organs and ending at the centre of equilibrium function in the brain stem - are related to the displacement of the vertebrae".

De neurofysioloog Herman (1979; 1982) heeft deze gegevens voortvarend aangepakt en verder uitgediept. Om uit te sluiten, dat de stoornis in de visuele en vestibulaire centra secundair zou zijn aan een afwijkende houding, onderzocht hij een groep kinderen - 9 tot 14 jaar oud - met een duidelijke congenitale scoliose (9 stuks), met daarnaast twee vergelijkbare groepen kinderen

- a) met een idiopathische scoliose (26 stuks)
- b) zonder scoliose (26 stuks).

Hieruit bleek,

- een afwijking aan de wervelkolom geeft geen aanleiding to een verstoord evenwicht.
- alleen de patienten met een idiopathische scoliose tonen een duidelijk verstoord evenwicht c.q. hebben een vergrote "postural sway".

Deze laatste bevinding is inmiddels door de Japanse groep en de groep van Nachemson (1983) bevestigd.

Herman heeft verder aanwijzingen dat er een relatie bestaat tussen idiopathische scoliose en een gestoord verlopende vestibulo-oculaire reflex. Daarbij is deze dysfunctie niet gerelateerd aan het bestaan van een structurele wervelkolomafwijking.

Nog niet zeker is of deze hersenstamafwijking berust op een blijvend defect dan wel op een - mogelijk asymmetrische - groeiachterstand.

Deze gegevens gecombineerd met de bevindingen van Wynne-Davies (1968), dat mentale retardatie en epilepsie opvallend veel voorkomen bij idiopathische scoliose, brengen de mogelijkheid dat de oorzaak van de scoliose een neurologische is, naderbij.

3.10. *Samenvatting*

- De idiopathische scoliose ontstaat en ontwikkelt zich tijdens de groei-periode.
- De oorzaak is onbekend; er zijn aanwijzingen voor meerdere oorzake-lijke factoren zoals een genetische factor en een neurologische factor (stoornis in de hersenstam).
- De ontwikkeling van de idiopathische scoliose begint mogelijk met een lordose die bij verergering dwangmatig tot rotatie leidt.
- De idiopathische scoliose is in de meeste gevallen een lordoscoliose.
- De idiopathische scoliose manifesteert zich in een steeds terugkerend patroon van vormen.
- De prevalentie van de idiopathische scoliose van geringe aard (10°) bedraagt 3%.
Slechts bij 0,3% van de bevolking is sprake van een progressieve scoliose. Deze komt vooral thoracaal of thoraco-lumbaal gelocaliseerd en naar rechts convex gewend voor, overwegend bij meisjes.
- Groei heeft een duidelijke invloed op de progressie.
- Idiopathische scoliosen die ten tijde van het bereiken van de volwassenheid $\leq 40^\circ$ zijn, blijven stabiel. De bochten $\geq 50^\circ$ tonen ook nadien progressie vooral de thoracale bochten tussen de 50° en 80° .

De gevolgen van een onbehandelde progressieve idiopathische scoliose in de volwassen levensfase

4.1. Inleiding

- In het vorig hoofdstuk is reeds gesteld dat een idiopathische scoliose die aan het einde van de groei de 40° niet overschreden heeft, daarna niet verder zal verergeren. Dat deze verkrommingen - net zo min als tijdens de groei, - ook later geen last zullen geven - of ze nu thoracaal, thoracolumbaal of lumbaal gelocaliseerd zijn - daarover bestaat eenstemmigheid van mening.
- Dat de ernstige scoliosen hetzij cardiopulmonale problemen, hetzij rugklachten, hetzij een combinatie van beide kunnen geven - nog afgezien van de psychologische implicaties van de misvorming voor de patient - is eenieder, die in zijn werk bij herhaling met deze patienten wordt geconfronteerd wel duidelijk. Dit soort waarnemingen zijn in de literatuur bij herhaling te vinden, maar te casuïstisch van karakter om conclusies uit te trekken over het natuurlijke beloop van de onbehandelde scoliose.

In wezen zijn in de literatuur tot op heden slechts 3 studies verschenen die voldoende betrouwbare en wetenschappelijk verantwoorde informatie geven over het lot van de niet behandelde volwassen scoliosepatient. De informatie hieruit verkregen is belangwekkend.

4.2. De studie van Nilsonne en Lundgren

Nilsonne en Lundgren (1968) spoorden van de scoliosepatienten die tussen 1913 en 1918 in Götheborg werden gezien maar niet behandeld waren, vijftig jaar later de relevante gegevens op. De studie heeft zich trachten te beperken tot de idiopathische scoliosen door alle paralytische en congenitale scoliosen van de studie uit te sluiten, maar deze chifting heeft moeten plaatsvinden zonder dat de onderzoekers beschikten over röntgenfoto's.

Zo bleven 113 patienten over, 88 vrouwen en 25 mannen. Gegevens werden verkregen van 102 patienten, oftewel van ruim 90% der gevallen.

De gemiddelde leeftijd bij het eerste onderzoek was 15,9 jaar; het

follow-up onderzoek had in 1963 plaats, ongeveer dus 50 jaar later.

Van de 102 patiënten bleken 46 overleden en wel op een gemiddelde leeftijd van 46,6 jaar waarbij opviel, dat na het vijfenveertigste jaar de mortaliteit sterk toenam. De mortaliteit bleek 2X zo groot te zijn als in een statistisch vergelijkbare groep zonder scoliose; boven de leeftijd van 45 zelfs 3X zo groot. In 60% van de gevallen bleek de doodsoorzaak het direct gevolg van een long- of hartziekte. 16X werd specifiek vermeld: falen van het rechter hart.

Verder vonden de onderzoekers, dat:

- de fysieke werkcapaciteit verminderd was vooral in de ernstige gevallen.
- 76% van de vrouwen niet getrouwd was.
- van alle nog levende patiënten 90% rugklachten had, zich uitend in moeheid of pijn bij beweging. Velen droegen een corset.
- 30% een invaliditeitsuitkering genoot wegens rugproblemen.
- 47% van de nog levende patiënten zich gehandicapt voelde.

4.3. De studie van Nachemson

Tegelijk hiermede verscheen een tweede studie (Nachemson, 1968) die verslag uitbracht over 130 scoliosepatiënten gezien tussen 1927 en 1936. In deze studie werd geen selectie verricht naar diagnose. Ook hier had men geen beschikking over röntgenfoto's. De verdeling naar geslacht: 98 vrouwen en 32 mannen (75% : 25%). De gegevens van 117 patiënten werden verkregen (90%).

Hier een follow-up periode van ongeveer 40 jaar.

Van de 117 patiënten bleken 20 overleden, waarvan 16 met cardio-pulmonale problemen, waarschijnlijk ten gevolge van de scoliose. Ook hier bleek statistisch gezien de mortaliteitskans 2X hoger dan voor de gemiddelde Zweedse bevolking. Echter - i.t.t. de bevindingen van Nilsson en Lundgren - bleken slechts weinigen met een idiopathische scoliose overleden: vrijwel alle doden vielen in de groep "niet idiopathische scoliosen" (bv. congenitaal, neuromusculair, neurofibromatosis.)

Het onderzoek bij de 97 nog levende patiënten leverde op, dat

- van degenen die nog werkten (69) er 48 licht en 21 middelmatig fysiek belastend werk deden;
- regelmatig weerkerende rugpijn bestond bij 39 patiënten (40% en dat 24 patiënten (25%) regelmatig een corset droegen;
- 24 patiënten een invaliditeitsuitkering kregen vanwege hun scoliose, 4 om andere redenen (gemiddelde leeftijd begin uitkering: 36 jaar);
- 15 patiënten ernstige hart- en/of longklachten hadden.

4.4. De studies van Ponseti

Ponseti heeft de onbehandelde adolescente idiopathische scoliosepatiënten gezien tussen 1932 en 1948 in de Universiteitskliniek van Iowa City, vele jaren later opnieuw onderzocht. Daarover rapporteerde hij eerst in 1969 (Collis en Ponseti, 1969) en opnieuw in 1981 (Weinstein, Zavala en Ponseti, 1981). Het laatste verslag is het meest gedetailleerd en boogt op de langste follow-up periode te weten 39,3 jaar (31 - 51 jaar).

Van de totaal 358 patiënten konden in 219 gevallen gegevens worden verkregen: 61%. Van deze 219 vielen 5 patiënten af omdat ze inmiddels geopereerd waren. Van de resterende 214 patiënten bleken 33 dood, 20 weigerden gegevens te verschaffen, 85 berichtten via invullen van een vragenformulier en 76 kwamen voor onderzoek.

Van alle patiënten (358) stonden representatieve röntgenfoto's ter beschikking. In 120 gevallen kon beschikt worden over recente röntgenfoto's (toegezonden 44; gemaakt tijdens na-onderzoek 76).

Het sterftecijfer (33 van de 219) komt uit op 15% - hetwelk overeenkomt met de statistisch berekende sterftekans voor een vergelijkbare groep in de bevolking zonder scoliose (17%).

De gemiddelde leeftijd bij overlijden bedroeg 49,3 jaar. In 24 gevallen (73%) kon men beschikken over hetzij obductiegegevens hetzij overlijdensverklaringen. Slechts 1X werd "cor pulmonale tengevolge van scoliose" als doodsoorzaak vermeld.

Over hun studies van de röntgenfoto's waaruit duidelijk een progressie blijkt op volwassen leeftijd voor bochten $> 50^\circ$ á 60° aan het einde van de groei, is reeds melding gemaakt. Wat betreft rugklachten geven de onderzoekers zeer gedetailleerd verslag: (161 patiënten - 100 controles). Om enige indruk te geven van de ernst der scoliosen ten tijde van het na-onderzoek zal tevens een tabel worden gegeven van localisatie en grootte ervan bij 120 patiënten.

Patientengegevens (N = 120)

Thoracale scoliose	59X	92,4° (20° - 156°)
Thoracaal-lumbale scoliose	42X	67,3° (30° - 109°)
		61,2° (25° - 103°)
Thoracolumbale scoliose	19X	72,0° (45° - 145°)
Lumbale scoliose	41X	36,4° (15° - 68°)

Incidentie rugklachten

	Scoliose-groep N = 161	Controle-groep N = 100
Nooit rugklachten	33 (20%)	14 (14%)
Zelden rugklachten	30 (19%)	25 (25%)
Soms rugklachten (enkele dagen per jaar)	38 (24%)	36 (36%)
Herhaaldelijk rugklachten (enkele dagen per maand)	32 (20%)	19 (19%)
Dagelijks	28 (17%)	6 (6%)

Zij vinden dus niet meer rugklachten dan in de gemiddelde bevolking. Rugklachten bleken niet gecorreleerd aan het voorkomen van spondylarthrotische veranderingen of de ernst van de verkromming.

Uitvoerig longfunctie-onderzoek (76 patienten) toonde tenslotte een significante correlatie tussen éénerzijds vermindering van de vitale capaciteit, maximale één seconde waarde bij uitademing en de PaO_2 , en anderzijds de toename van de thoracale verkromming. Sterke vermindering van de longfunctie deed zich onder de 100° niet voor; het steeds weer terugkerend patroon was dat van een restrictieve longfunctie.

Van de 161 patienten waren alle, op vier na, werkzaam. Deze vier genoten een uitkering wegens hartinfarct (2X) en longafwijkingen (2X). Van de 157 werkenden voelde zich slechts 12% beperkt in werk en/of recreatie tengevolge van de fysieke handicap.

98% van de patienten bleek getrouwd.

4.5. Vergelijking van de studies

1. De bevindingen aangaande de verhoogde sterftkans lijken tegenstrijdig. Enerzijds Ponseti die géén verhoging en Nachemson die een lichte verhoging vindt voor de patient met een ernstige idiopathische scoliose; anderzijds Nilsonne en Lundgren die een 2X verhoogde sterftkans vinden.

Hierbij 2 opmerkingen

- 1) Nilsonne geeft verslag van een na-onderzoek na 50 jaar; Nachemson en Ponseti na 40 jaar. Uit het onderzoek van Nilsonne en Lundgren (1968) alsook uit dat van Bergofsky (1959) blijkt dat de fatale problemen tengevolge van cardiopulmonale afwijkingen zich het frequentst aandienen na het 45^e - 50^e jaar.
- 2) Buitendien is het zeker, dat naarmate de thoracale verkromming toe-

neemt de spirometrisch bepaalde longfuncties ten ongunste veranderen en samen met een bemoeilijkte, meer arbeid vragende ademhaling, in de ernstige gevallen op den duur leiden tot hypoventilatie, vergrote longvaatweerstand pulmonale hypertensie en tenslotte cor pulmonale (Bergofsky et al. 1959; Fishman, 1965).

Het is zeker dat de ernstige thoracale scoliose ($> 90^\circ$) vervroegd tot (partiële) invaliditeit leidt en een verhoogde kans op overlijden heeft zeker boven de 50 jaar.

Aangaande de rugklachten tengevolge van een scoliose - vooral natuurlijk de meer lumbaal gelegen verkrommingen - is de tegenspraak veel groter.

Het onderzoek van Ponseti ontkent een samenhang tussen scoliose en rugpijn maar bestudering van zijn materiaal toont dat de gemiddelde lumbale verkromming bepaald mild is ($36,4^\circ$). Nachemson (1979), de onderzoeken van hemzelf en Nilsonne en Lundgren nog eens toelichtend, stelt, dat in geen van beide onderzoeken ernstige lage rugpijn als een hoofdklacht werd gevonden en dat - in overeenstemming met Ponseti - geen correlatie werd gevonden tussen de ernst van de verkromming en de mate van lage rugklachten. Buitendien wijst hij erop, dat in epidemiologische studies over prevalentie van rugpijn in Zweden verricht door Horal (1969) en Hult (1954) geen overpresentatie van scoliose wordt gevonden.

Daar tegenover staan de practici als Hall (1977), Kostuik (1979) en Stagnara (1969), die vanuit hun grote ervaring melden vaak geconfronteerd te worden met patienten, die een ernstige lumbale scoliose en ernstige lage rugpijn hebben. Volgens Nachemson (1979) is deze combinatie zeker geen regel. Hij adviseert om deze rugklachten op gelijke wijze te behandelen als ernstige rugklachten bij patienten zónder scoliose n.l. vrijwel altijd conservatief. Reden tot operatie op volwassen leeftijd acht hij eigenlijk alleen aanwezig als er een stenotische component in het spel is. Hij acht "prophylactische chirurgie" bij de opgroeiende patient met een lumbale bocht $\leq 60^\circ$ om rugpijn later te voorkomen, niet gerechtvaardigd.

Het meest venijnige commentaar tegen deze stellingen, vooral zoals geponeerd door Ponseti, komt uit de groep rond Moe (1978) die beschikt over een enorme ervaring en uitstekende documentatie.

Na allereerst op de betrekkelijkheid van de studie van Ponseti te hebben gewezen vanwege zijn lage score bij het na-onderzoek - max. 61% - vervolgen zij "we have considerable reservations about the implications of the Iowa study, because we have seen a large number of patients previously "nontreated" at Iowa City. Most of these patients have come to us with severe curvatures, severely disabling back pain, dyspnea and a multitude of other problems".

Ongetwijfeld zullen er patienten zijn met ondraaglijke rugpijnen tengevolge van een ernstige lumbale scoliose. Een vaste correlatie is tot op heden echter niet aangetoond, zeker niet tegen de achtergrond van de frequentie van lage rugklachten in de doorsnee-bevolking.

4.6. Samenvatting

- 1) Scoliosen met een verkromming van meer dan 50° tonen tijdens de volwassen levensperiode progressie, vooral de thoracale tussen 50° en 80° .
- 2) Een thoracale scoliose met een verkromming van meer dan 40° heeft een ongunstige invloed op de longfunctie. (Weinstein et al., 1981). Boven de 90° worden de longafwijkingen invaliderend en is de kans op overlijden verhoogd, zeker bij volwassenen.
- 3) Een vaste correlatie tussen ernstige lage rugpijn en een ernstige lumbale scoliose bestaat niet (is niet aangetoond); wel een incidenteel samengaan.

Conservatieve behandeling

5.1. Criteria voor behandeling

Het moge duidelijk zijn dat alleen progressieve scoliosen voor behandeling in aanmerking komen.

Algemeen wordt aangenomen, dat een scoliose van 30° of meer bij een kind, dat nog voor, of aan het begin van zijn groeispurt staat, als progressief moet worden aangemerkt en als zodanig behandeld.

Moeilijker is dit te voorspellen bij scoliosen kleiner dan 30° .

Door de S.R.S. zijn de volgende criteria aangegeven voor de groep van juveniele en adolescente idiopathische scoliosen:

Er is sprake van een progressie:

1. Een bocht van 30° of meer is progressief, wanneer het kind nog volop in de groei is.
2. Een bocht van 25° - 29° bij een kind, op zijn minst nog volop in de groei, toont een progressief karakter indien bij een hernieuwd onderzoek, tenminste 4 maanden later, een toename van 4° of meer wordt vastgesteld.
3. Een bocht van 20° - 25° bij een kind, op zijn minst nog volop in de groei, toont een progressief karakter, indien bij twee opeenvolgende onderzoeken, - steeds met een tussenpoos van tenminste 4 maanden verricht - iedere keer een toename van 4° of meer wordt vastgesteld.

5.2. Behandelingsvormen

De gangbare en bewezen effectieve behandeling van deze progressieve scoliosen - althans indien niet groter dan 45° - geschiedt met behulp van een speciaal orthopaedisch corset (Steenart, 1971; Veraart, 1981).

De eersten die met succes aangaven, hoe de vorm van het corset én het behandelingsschema moet zijn, waren Blount en Schmidt (1954: 1958). Het door hen ontworpen corset kreeg de al spoedig algemeen aanvaarde naam "Milwaukeebrace".

In de loop der jaren zijn vele varianten van deze brace in omloop geraakt. De bekendste hiervan zijn het "corset Lyonnais" (Stagnara, 1973) en de "Boston brace" (Watts en Hall, 1977).

De indicaties voor brace-therapie zijn:

- de scoliose moet progressief zijn
- de wervelkolom mag niet volgroeid zijn
- de verkromming mag niet te stug zijn
- de verkromming moet liggen tussen de 25° en 45°
- de brace-therapie moet volgehouden worden tot het progressieve be-
loop ten einde is, dus tot het einde van de skeletgroei,
- gerichte oefentherapie vormt een essentieel onderdeel van de brace-
therapie.

De wijze waarop de brace werkt is gebaseerd op het driepuntsprincipe, terwijl met name de "Boston-brace" ook derotatie van de scoliose nastreeft.

5.3. Behandelings-resultaten

Uit studies met een lange follow-up (Blount en Moe, 1973; Blount en Melencamp, 1977) blijkt dat een juist toegepaste brace-therapie in een meerderheid der gevallen verdere progressie voorkomt, of anders gezegd: de verkromming is na beëindiging van de behandeling ongeveer even groot als aan het begin ervan.

Moe en Kettleson (1970) geven op, dat bij 23 van de 169 patienten, ondanks de brace-therapie, progressie bleef voortduren, zodat tot operatie moest worden besloten. Bij Keiser en Schuffleberger (1976) was dit aantal 6 van de 123.

Bij Matzen (1983) in 85 gevallen $10\times$ ($9\times$ als de beginbocht boven de 35° lag).

Schüller en Veraart (1983) moesten tot operatie besluiten in 9 van de 163 gevallen.

5.4. Beschouwingen

Ofschoon genoemde onderzoeken niet in alle onderdelen met elkaar vergelijkbaar zijn - met name waren de criteria voor progressieve scoliose, zoals boven aangegeven, niet altijd gelijklopend - mag voorzichtig gesteld worden, dat bij tijdig diagnostiseren en behandelen van een progressieve scoliose de kans op mislukken ervan c.q. noodzakelijke operatieve therapie ligt tussen 10 en 15%.

De thoracale en thoracolumbale scoliosen vormen absoluut en relatief de grootste groep onder de "mislukkingen". De meer lumbaal gelegen bochten reageren het beste op de brace-therapie, zeker sinds de invoering van de Boston-brace (Slot, 1982).

Een vroegtijdige herkenning van een scoliose kan het beste gebeuren via systematisch schoolonderzoek (schoolscreening) in de leeftijdsgroepen tussen de 10 en 14 jaar (Slot, 1982). Hoe effectief een goed georganiseerd schoolonderzoek werkt wordt zeer duidelijk aangetoond door Torrell et al. (1981). Hun onderzoek in het gebied rond Göteborg met een stabiel inwonersaantal van 1,5 miljoen mensen toont het resultaat van een systematisch programma voor vroege herkenning en behandeling van idiopathische scoliose. Het programma startte in 1968. Na een aanvankelijke toename blijkt sinds 1973 het aantal noodzakelijke operaties te dalen (van 29 naar 11) terwijl de incidentie van het aantal scoliosen met een verkromming van 20° of meer al die jaren constant is gebleven.

Voor het zeer kleine aantal progressieve infantiele scoliosen zijn bovengenoemde behandelingsvoorstellen en resultaten niet zonder meer toepasbaar.

Ook in deze groep zal zo mogelijk brace-behandeling worden toegepast. De verkrommingen zijn echter vaak zo stug - röntgenologisch vindt dit zijn weerspiegeling in vroegtijdige wigvormige afplatting van de wervels gelegen rond de apex van de verkromming - dat een brace hier nauwelijks effectief is.

Metha (1979), die een zeer grote ervaring met juist dit soort patientjes heeft, deelde in 1979 mee, dat zij de beste resultaten bereikte als ze vroegtijdig startte met rigoreuze correctie d.m.v. gipsredressiecorsetten.

Niettemin ontkomt het overgrote deel van de patienten met een infantiele scoliose niet aan operatie, meestal reeds rond het 10e jaar.

5.5. *Samenvatting*

- Systematisch schoolonderzoek leidt tot vroegtijdige ontdekking van de idiopathische scoliose.
- Tijdig begonnen conservatieve behandeling - oefenen plus brace - bij de progressieve juveniele en adolescente scoliosen leidt in een hoog percentage - ongeveer 75 à 80% - tot een stoppen van de progressie. Hierdoor zal het aantal nu nog noodzakelijke operaties zeker kunnen dalen.
- De progressieve infantiele groep heeft een zeer eigen karakteristiek gekenmerkt door vroegtijdige werveldeformatie en stugheid van de verkromming. Alleen rigoreuze gipsredressie kan dit proces enigermate afremmen. Operatie - vaak al vroegtijdig vanaf 10e jaar - is het lot van de meeste patienten uit deze groep.

De operatieve behandeling

6.1. Indicatiestelling

6.1.1. Op grond van longfunctie-veranderingen

De ongunstige invloed die de thoracaal gelocaliseerde structurele scoliose op de longfunctie c.q. de hartlongfunctie heeft, is goed gedocumenteerd (Lindh, 1977). De vervorming van de thorax, die hand in hand gaat met de verkromming van de thoracale wervelkolom, leidt al in een vroeg stadium tot vermindering van de statische longvolumes. Meerdere onderzoekers vonden een vrijwel lineair verband tussen de ernst van de verkromming en de vermindering van de vitale capaciteit (Mankin, 1964; Westgate, 1967; Prime, 1965; Lindh en Bjure, 1975). Daarnaast bleek uit eigen studie, dat binnen de verminderde totale longcapaciteit het residuaal volume percentueel een te groot volume inneemt en dat er een duidelijke correlatie bestaat tussen de toeneming van de scoliosehoek - te beginnen bij 40° - en de percentuele stijging van het residu ten opzichte van de totale capaciteit (Veraart en Beneken Kolmer, 1969). Deze veranderingen alsmede het feit, dat naarmate de thoraxmisvorming erger is, de ademhaling meer energie kost (Fishman, 1965) zouden bij toename van de verkromming leiden tot hypoventilatie (Bergofsky, 1959). Als met het ouder worden de ernstige verkromming nog verder verergert en de stugheid van de thorax en het longweefsel toeneemt wordt een proces in gang gezet dat uiteindelijk leidt tot ernstige hartlongfunctie-stoornissen. Dit proces is uitvoerig beschreven door Bergofsky et al. (1959) in hun klassiek geworden publicatie over de "cardiorespiratory failure". De realiteit hiervan werd bevestigd in de eerder genoemde lange-termijn studies van Nilsonne en Lundgren (1968) en Nachemson (1968). Uit de studie van Ponseti is bekend, dat de niet behandelde thoracale scoliose, die bij het bereiken van de volwassen leeftijd de 50° overschrijdt, een goede kans loopt verder toe te nemen tot 80° à 90° . En dan raakt de inmiddels ouder geworden patient in de gevarenozône van de cardiopulmonale problemen.

Onze behandeling zal erop gericht moeten zijn, dat tegen het einde van de groei de scoliose zeker niet de 50° haalt. Eerder is al gezegd, dat de conservatieve therapie, althans de brace-therapie, slechts effectief is bij bochten kleiner dan 40° à 45° . Wordt deze grens overschreden, terwijl

de patient nog staat vóór of aan het begin van zijn puberteitsgroeistoot, dan is daarmee de indicatie tot operatie gegeven.

Met opzet wordt gezegd "in de puberteit" omdat niet zonder meer iedere thoracale scoliose van meer dan 45° bij het opgroeiende kind direct geopereerd moet worden met name niet onder de leeftijd van 10 à 12 jaar.

6.1.2. *Op grond van de energiebalans*

In 1969 deden Veraart en Beneken Kolmer een onderzoek naar het zuurstofverbruik bij scoliosepatienten. Dit onderzoek werd verricht naar aanleiding van een klinische indruk, dat vooral bij volwassen patienten na een geslaagde spondylodese een verbetering van hun algemene conditie en welbevinden intrad. Zij veronderstelden, dat door stabilisatie en equilibratie van de wervelkolom de patient minder energie ging verbruiken bij staan en lopen. Het energieverbruik van deze patienten werd onderzocht zowel in liggende als zittende houding. Vergeleken met normale proefpersonen werden geen duidelijke afwijkingen gevonden in het energieverbruik.

Van Bobbert (1960) waren waarnemingen bekend omtrent de energie, die normale proefpersonen verbruiken als zij onder geconditioneerde omstandigheden lopen (op de tredmolen). Een analoog onderzoek werd verricht bij 10 scoliosepatienten. De oorzaak van de scoliose, de ernst van de verkromming, de localisatie van de verkromming en de mate van rompdeviatie waren bij deze 10 patienten niet gelijk. Allereerst bleek, dat bij verschillende loopsnelheden en bij verschillende belasting, de zuurstofopneming bij alle scoliosepatienten veel hoger lag dan verwacht mocht worden. Bovendien bleek de zuurstofconsumptie groter te zijn, naarmate de wervelkolom verder deviëerde (correlatie coëfficiënt van 0,9).

Geconcludeerd werd dat een scoliosepatient bij lopen meer zuurstof gebruikt, dan vergelijkbare normale personen en dat dit zuurstofgebruik verder toeneemt, naarmate de wervelkolom verder uit het lood staat.

Voor patienten met een ernstige thoracale scoliose is dit extra ongunstig. Zij hebben een verminderde totale longcapaciteit met een percentueel verhoogd residuaal volume. Op grond hiervan is hun zuurstofopname (~ energie) al minder en van deze verminderde beschikbare hoeveelheid wordt een onevenredig groot deel verbruikt om te kunnen lopen. Zo houdt een patient met een ernstige scoliose, vooral als deze een thoracale component heeft en aanleiding geeft tot desequilibratie, minder energie over voor andere arbeid (San Giorgi et al. 1966). In 1971 berichtte Veraart over 15 volwassen patienten met een ernstige scoliose (105° - 160°) - overwegend idiopathisch van origine en thoracaal of thoracolumbaal gelocaliseerd - en een gemiddelde rompdesequilibratie

van 5 cm. De leeftijdspreiding was van 27 - 50 jaar. Al deze patiënten hadden geleidelijk aan hun werk moeten staken en klaagden over dyspnoe. Via operatie werd een goede stabilisatie en equilibratie van de wervelkolom bereikt bij 13 van hen. 11 voelden zich subjectief duidelijk beter; allen konden hun werk hervatten zonder klachten.

Margareta Lindh (1977) heeft dit onderzoek herhaald bij 28 patiënten waarvan 24 met een idiopathische scoliose. Zij gebruikte een controlegroep van 27 gezonde personen, vergelijkbaar in leeftijd, geslacht, lengte en gewicht. Zij kon bevestigen, dat scoliosepatiënten een hoger zuurstofverbruik hadden per kg lichaamsgewicht tijdens lopen. Zij vond verder, dat bemoeilijkte ademhaling een factor was, die tot deze situatie bijdroeg, maar dat ook een verstoord evenwicht extra energie eiste om in balans te blijven. Na operatie was voor hetzelfde werk minder energie nodig. Daarbij had zij de indruk, dat ook een verbeterde ventilatie bijdroeg aan deze daling van de energiebehoefte.

Uit deze studies mag geconcludeerd worden dat bij de scoliosepatient

- een verstoord evenwicht c.q. desequilibratie van de romp
- en/of een ineenzakken van de scoliose (telescoperen)

oorzaken zijn van een onevenredig hoge energie behoefte/verbruik tijdens het lopen.

- Het zijn a) de ernstige thoracale scoliosen waarbij geen tegenbocht lumbaal wordt gevormd
 b) de thoracolumbale bochten
 c) de lumbale bochten

die aanleiding geven tot desequilibratie van de romp. Daarnaast hebben vooral de thoracolumbale bochten de neiging om in elkaar te zakken (telescoperen). Het is goed voorstelbaar dat bij een goed geslaagde stabilisatie niet alleen de desequilibratie wordt opgeheven, maar ook de samengedrukte buik meer ruimte krijgt. Dit nu geeft weer de mogelijkheid tot beter functioneren van het diafragma in samenwerking met de buikspieren.

6.1.3. *Op grond van pijn*

Het zijn vooral de degeneratieve afwijkingen zoals discopathiën en spondylarthrosen, die vaak gezien worden bij de lumbale scoliose, welke onherroepelijk tot pijn moeten leiden. Dit is de stelling van de "practici", waarover reeds gesproken werd in hoofdstuk 4. Maar we hebben toen op grond van de beschikbare gegevens moeten concluderen, dat een vaste correlatie tussen ernstige lage rugpijn en ernstige lumbale scoliose niet bestaat, althans niet is aangetoond. Van der Eijken (1973) zegt bij een van zijn indicatiestellingen tot operatie, dat een spondylodese niet zal helpen als de rugpijn al bestaat.

Vooraf de laatste jaren staat het feit, of verstijving van de lumbale

wervelkolom al of niet leidt tot rugpijn, in het middelpunt van de belangstelling. In het hier volgende overzicht zijn de voornaamste feiten uit de meest relevante publicaties samengevoegd. Ter vergelijking worden ook nog eens de overeenkomstige gegevens van de drie onderzoeken - behandeld in hoofdstuk 4 - erbij gegeven (tabel 6.1.).

Voor zover een gradering staat aangegeven bij de rugklachten wijst deze terug op een in deze veel gebruikte indeling:

Graad I	nooit klachten
Graad II	zeer weinig (1-5X tijdens het leven)
Graad III	soms (enige dagen per jaar)
Graad IV	frequent (enkele dagen per maand)
Graad V	dagelijks

Bij graad IV en V is de pijn heviger van karakter en kan aanleiding geven tot invaliditeit in mindere of meerdere mate.

Allereerst blijkt, dat de getallen, die in de diverse publicaties worden opgegeven omtrent het voorkomen van lage rugklachten in de doorsnee bevolking, zeer wisselend zijn. Pas als alleen de rugpijn met graad IV en V eruit gelicht worden, komt men tot vrijwel gelijke getallen namelijk ongeveer 25% van de doorsnee bevolking.

In de commentaren bij genoemde publicaties komen eerst duidelijk de verschillen naar voren:

- Moskovitz (1980) vindt minder lage rugpijn dan te verwachten was. Voorzover hij deze pijn vindt, is er geen correlatie met de lengte van het spondylodesetraject en evenmin met het meest caudale niveau van de spondylodese. Aan het einde schrijft hij, dat al zijn - na-onderzochte (!) - patienten psychosociaal gezien gezond, stabiel, actief en werkzaam zijn.
- van Grouw et al. (1976) vinden ook geen toename van lage rugpijn. Zij vermelden dat 87% van hun patienten actief sport bedrijven.
- Ginsburg et al. (1979) zijn exact nagegaan tot hoever het spondylodese-traject reikte bij de door hen onderzochte patienten. Dit bleek tot

L_1	: 64X
L_2	: 26X
L_3	: 17X
L_4	: 36X
L_5	: 4X

Lage rugpijn stak in de totale groep niet significant boven het gemiddelde

Tabel 6.1. Lage rugklachten bij patient met een (idiopathische) scoliose – onderzoek op lange termijn

	Auteur	Totaal aantal pat.	Aantal pat. na-onderzoek	Diagnose	Behandeling	Follow-up	Percentage rugklachten	Percentage rugklachten controlegroep (graad 4 en 5)
I Onbehandelde groepen	Nachemson (1968)		130	gemengd	---	38 jr	37%	
	Nilsonne (1968)	113	50	idiop.	---	50 jr	90%	
	Weinstein/ Ponseti (1981)	358	219	idiop.	---	40 jr	vnl. graad 3 + 4 37% graad 4 + 5	25%
II Operatief behandelde groepen	Moskovitz (1980)	110	61	gemengd	spondylodese	26 jr	15%	
	van Grouw (1976)	64	51	idiop.	Harrington	9 jr	28%	
	Ginsburg (1979)	221	147	idiop.	spondylodese (50% Harr.)	13 jr	28%	23%
	Cochran (1983)	100	95	idiop.	Harrington	9 jr	43%	22%
	Daussange (1983)	330	137	idiop.	spondylodese	9 jr	30%	
	Michel (1983)		93	idiop.	Harrington	16,5 jr	25%	
					spondylodese			

in de populatie uit (23% - 28%), maar was voor de spondylodese reikend tot L₄ en L₅ veel hoger: 45%.

Zij concludeerden:

- a) de ernst van de pijn neemt toe naarmate de spondylodese verder caudaal reikt;
 - b) er is geen verschil tussen een spondylodese met of zonder Harrington;
 - c) hoe langer de follow-up termijn, hoe heviger de pijn.
- Daussange (1983) vindt geen correlatie tussen lage rugpijn en het optreden van verlies aan lendenlordose ten gevolge van de spondylodese; en evenmin met het niveau tot waar de spondylodese reikt. Naar aanleiding van zijn bevindingen oordeelt hij, met Ponseti, dat bij het stellen van een operatie-indicatie voor een lumbale scoliose preventie van pijn niet als factor mag meetellen.
 - Cochran en Nachemson (1983) zijn het meest uitgesproken in hun bevindingen en meningen.

Zij vinden

- steeds een significant verminderde lendenlordose
- bij 15 van de 24 patienten, bij wie de distale haak op L₄ of L₅ staat, het optreden van een retrolisthesis
- een zeer sterke correlatie tussen pijn en een laag lumbaal eindigend spondylodesetraject.

Hun cijfers:

einde spondylodese traject	aantal patienten	aantal patienten met pijn	in percentage
L ₁	16	4	25%
L ₂	30	9	30%
L ₃	23	9	39%
L ₄	13	10	77%
L ₅	11	11	100%!

- als gehele groep functioneren hun patienten goed en zij tonen in hun activiteiten (sport, werk) geen verschil met de gemiddelde populatie.
- Nachemson (1983) komt later nog terug op zijn studie en schrijft de hevige en zeer frequente pijn bij laag doorlopende spondylodese ten dele toe aan sterk veranderde biomechanische verhoudingen laag lumbaal: niet alleen ontbreekt de normale lordose (verend element), maar bovendien wordt door de distractie een sterk comprimerende kracht op de nog resterende niet verstijfde discus (disci) uitgeoefend. Hij ontraadt om lumbale bochten te verstijven.
- Michel (1983) meldt een schijnbaar volkomen tegengesteld resultaat

van onderzoek. Hij vindt geen correlatie tussen rugpijn en spondylodese c.q. einde spondylodesetraject. Hem viel op - en hij heeft dat ook nagemeten - dat de oorspronkelijke lordose geleidelijk aan helemaal terugkomt in het nog resterende mobiele deel van de wervelkolom: de "vrije" wervels veranderen van vorm (adapteren) door een wigvorm aan te nemen, waarbij de voorzijde van het wervellichaam duidelijk hoger is dan de achterzijde.

N.B. Mogelijk zijn de patienten van Michel bij operatie gemiddeld jonger en weet het groeiend skelet zich op deze wijze aan te passen aan de nieuwe biomechanische verhoudingen.

- Edgar (1982) vergeleek 100 patienten met een onbehandelde scoliose met 100 patienten die wegens een scoliose geopereerd waren. Hij vond, dat
 - bij de niet behandelde patienten alle bochten significant toenemen;
 - bij de dubbel structurele verkrommingen waarvan alleen de thoracale component verstijfd was de lumbale bocht duidelijk minder toenam dan te verwachten was!
 - bij spondylodesen reikend tot L₃ en L₄, significant meer rugpijn voorkwam dan bij spondylodesen die hoger eindigen.
- Uit de mededeling van Steenaert (1981) én de daarop volgende discussie blijkt, dat een spondylodese bij een idiopathische scoliose die reikt tot het sacrum, voor de patient vaak desatreuze gevolgen heeft.

Onze eigen opvatting is van den beginne geweest om zoveel mogelijk de lumbale wervelkolom bij het opgroeiend kind niet te verstijven en onze stelregel "nooit lager dan L₄ verstijven" hebben we slechts tweemaal niet gevolgd.

Samenvatting

Ofschoon de recente onderzoekingen zeker niet eenduidig zijn, mag gesteld worden, dat enerzijds blijkt, dat de geopereerde patienten als groep sociaal goed ingebed blijven, maar dat anderzijds de spondylodese die tot laag lumbaal doorlopen in een hoog percentage aanleiding geven tot hevige en vaak progressieve pijn. Verstijvingen tot het sacrum zijn absoluut af te raden.

6.1.4. Op grond van de cosmetiek

Een ernstige scoliose ontsiert en deformeert iemands uiterlijk aanzienlijk. Toch komt het niet of hoogst zelden voor, dat een patient om deze reden om operatieve behandeling vraagt zonder dat een van de hiervoor genoemde criteria in het geding is.

Patienten met een ernstige thoracale gibbus zijn voor het leven mis-maakt en getekend. Een ieder die met enige regelmaat deze mensen ont-moet, weet wat een - vaak verborgen - leed zij met zich meedragen.

6.1.5. *Conclusies*

- a) Als een thoracale of thoracolumbale scoliose in de puberteit, ondanks adequate conservatieve therapie, de grens overschrijdt van rond de 45° , bestaat er een indicatie tot operatie.
- b) Spondylodese van een lumbale scoliose blijft een riskante zaak, aange-zien de spondylodese tot laag lumbaal moet reiken met alle kans op lage rugklachten nadien. Gelukkig neigen de lumbale scoliosen minder tot progressie dan de overige scoliosevormen, terwijl anderzijds de progressieve lumbale scoliose het best van alle vormen reageert op conservatieve therapie.

Indien desondanks de verkromming doorgaat tot boven de 60° lijkt een operatieve indicatie gegeven. In deze gevallen is waarschijnlijk een ventrale derotatiespondylodese volgens Zielke te verkiezen boven de dorsale Harrington spondylodese. Bij de spondylodese volgens Zielke kan men namelijk vrijwel steeds volstaan met een korter te verstijven traject dan bij de Harrington methode.

- c) De moeilijkste indicatiestelling leveren de dubbel thoracaal-lumbale scoliosen op. Het probleem is tweeledig: ten eerste wordt bij operatie vrijwel de hele thoracolumbale wervelkolom verstijfd en ten tweede zal dit ongetwijfeld een enorme belasting vormen voor de een of twee nog vrij gelaten bewegingssegmenten laag lumbaal. Aangezien de boch-ten bij dit type scoliose practisch even groot zijn blijft de wervelkolom goed in balans; ook cosmetisch is deze scoliose minder opvallend dan de scoliosen met één verkromming. De problemen komen eerst als de verkrommingen de 50° overschrijden met name wat betreft de thora-cale component. In 1966 suggereerde Stagnara al om alleen de thora-cale component - tijdig (zie a) - te verstijven, met tegelijkertijd voort-zetten van de conservatieve behandeling van de lumbale bocht, tot het einde van de groei. In dit verband is de bevinding van Edgar (1982) - bij een retrospectief onderzoek - dat bij fusie en correctie van de thoracale component de lumbale component ook blijvend verbetert, interessant. De algemene mening heden ten dage is, dat een operatieve behandeling gerechtvaardigd is als de beide verkrommingen 60° of meer bedragen bij het opgroeiend kind. In deze gevallen is ook geen heil meer te verwachten van conservatieve maatregelen (Nachemson, 1979).
- d) Indien overgegaan moet worden tot fusie van het lumbale traject moet voorkomen worden dat de fusie verder reikt dan tot L_4 (King et al. 1983; Cochran et al. 1983; Ginsburg et al. 1979). Door bijbuigen van de distractiestaven tracht men tegenwoordig het ongunstige biome-

chanische effect van het verloren gaan van de lendenlordose, weer te niet te doen. Ervaringen daaromtrent zijn echter nog niet in publicaties vastgelegd. Overigens gelden ook hier de overwegingen zoals gegeven onder b.

- e) Voor verstijving tot het sacrum bij idiopathische scoliose bestaat geen indicatie (Mac-Ewen, 1981). Het percentage "lage rugpijnen" na zo'n operatie ligt zeer hoog. Dit is te verklaren uit het feit, dat de statiek ongunstig veranderd is - vrijwel alle patienten hangen met hun romp naar voren -. Alle bewegingen tussen bekken en romp moeten opgevangen worden in de sacro-iliacale gewrichten. Deze gewrichten, die vooral een schokbrekersfunctie hebben, zijn op deze taak niet berekend.
- f) Bij navolging van de hiervoor opgesomde overwegingen is de kans op blijvende en zichtbare mismaking van de patient gering. Voor het levensgeluk van de patient betekent dit waarschijnlijk zeer veel.

6.2. De gunstige leeftijd

Bij de formele indicatiestelling speelt de leeftijd een grote rol. In het algemeen zal slechts in zeer uitzonderlijke gevallen voor het 10e jaar (skeletleeftijd) een spondylodese worden verricht. Het gaat dan om conservatief niet te beheersen progressieve infantiele scoliösen. Tegenwoordig bestaat een tendens om in deze gevallen alleen een distractiestaaft te plaatsen en deze zonodig nog een of meer malen te verlengen alvorens er een spondylodese aan toe te voegen (Moe, 1978). In de tussenliggende periode moet de wervelkolom wel beschermd worden door een brace of gips-corset. De meest gebruikelijke operatieleeftijd ligt tussen het 13e en 16e jaar (skeletleeftijd) dus in de puberteit. Indien de verstijving eerder wordt verricht moet gerekend worden op een sterk achterblijven van de groei van de romp. Moe (1978) berekende een gemiddelde groei per wervellichaam per jaar van 0,07 cm. Aanvankelijk dacht men onder invloed van Risser (1968), dat de spondylodese-massa door zijn plastische eigenschappen mee zou groeien met de wervellichamen. Winter (1971) kon echter onomstotelijk aantonen dat dit niet het geval is.

N.B. Ofschoon beide standpunten onverenigbaar lijken is er mogelijk toch een verklaring voor deze diametrale opvattingen. De techniek van Risser bestond uit een uiterst zorgvuldige spondylodese volgens Hibbs *zonder* toevoeging van bottransplantaten. Zo bereikte hij in het geopereerde traject een ononderbroken botlaag, die kwantitatief vrijwel zeker minder is geweest, dan die verkregen bij de thans vigerende techniek waarbij juist in ruime mate autogene bottransplantaten worden toegevoegd.

Hefti en McMaster (1983) hebben onlangs aangetoond, dat wapening van de botmassa door middel van Harrington-instrumentarium zelfs verbuiging van de spondylodese bij het nog groeiende kind voorkomt (de spondylodese-massa is nog sterker!) ondanks de groeikracht van de wervellichamen. Ze hebben evenals Winter kunnen vaststellen dat deze hoogtegroei gaat ten koste van de tussenliggende disci. De stevige botmassa aan de achterzijde voorkomt zelfs, dat er door de groei aan de voorzijde (van de wervellichamen) een ongewenste lordose optreedt, maar deze botmassa voorkomt niét, dat de groeiende wervellichamen een uitweg naar opzij zoeken. Dit wordt teruggevonden in het feit dat de verkromming - gemeten volgens Cobb - in de groei-jaren nà het bereiken van de consolidatie toch nog enige graden toeneemt. Hetzelfde zou gelden voor de rotatie en de gibbushoogte.

6.3. De operatiemethode volgens Harrington

6.3.1. Inleiding

Na de tweede wereldoorlog is in snel toenemende mate de dorsale spondylodese in zwang gekomen als dé behandeling van conservatief onbeheersbare verkrommingen. Mannen als Cobb, Risser, Moe, James en Stagnara zijn hierbij de voortrekkers geweest. In de periode rond 1960 verschijnen vele publicaties over het resultaat van deze operatieve behandeling. Het aantal patiënten in de series waarover wordt bericht varieert tussen de 40 en 200.

Een goed overzicht over deze periode wordt gegeven door van der Eijken (1973) in zijn proefschrift. Hieruit blijkt, dat voor de idiopathische scoliose de operatieve behandeling in de meest kundige handen een blijvende correctie oplevert die ligt tussen de 10% en 50%. Hierbij 2 belangrijke aantekeningen: in alle series blijven de patiënten minimaal 10 maanden postoperatief in gips of corset waarvan ongeveer de helft van de tijd in bed (eerste 5 maanden). Verder blijkt het pseudarthrose percentage beangstigend hoog te liggen en wel tussen de 15% en 45%.

Begrijpelijk dat gezocht werd naar operatieve methoden, die een grotere stabiliteit zouden geven. Die zouden niet alleen het pseudarthrose percentage kunnen verlagen, maar ook de langdurige verplichte postoperatieve bedrustperiode kunnen bekorten.

6.3.2. De bijdrage van Paul Harrington aan de operatieve scoliose behandeling

De eerste ontwerpen voor een distractiestaaft - te gebruiken als inwendige correctie- en fixatiemiddel bij de operatieve scoliose behandeling - stammen van Marino-Zuco (1938) en Allan (1954). Veel aandacht trekken hun mededelingen niet. Dan verschijnt in de Journal of Bone and Joint

Surgery van Juni 1962 een uitvoerig artikel van Harrington getiteld: "Treatment of scoliosis".

Harrington, werkzaam in Houston, werd geconfronteerd met een zeer groot aantal slachtoffers van kinderverlamming. Velen van hen hadden een zogenaamde paralytische scoliose. Vanaf 1947 blijkt Harrington bezig te zijn geweest met het ontwerpen van een implantaat te gebruiken bij scoliose operaties: "it was thought that a metal device for correction of the scoliotic curve and for maintenance of the correction could be implanted". De eerste klinische toepassing verricht hij in 1949 (Harrington, 1973).

Tot 1960 worden 65 patienten geopereerd. De ervaring daarbij opgedaan brengt hem tot talloze verbeteringen van het instrumentarium en de operatietechniek. Volgens het dan bereikte protocol behandelt hij 68 patienten en hierover, alsook over zijn eerdere ervaringen bericht hij vervolgens uitvoerig.

In de eerste jaren brengt hij alleen een distractiestaaaf in zonder daar een spondylodese aan toe te voegen en zonder postoperatieve immobilisatie. De resultaten zijn zonder meer slecht. In vrijwel alle gevallen scheurt het bot waar de staaaf op afsteunt, door; metaalbreuk treedt vaak op. In de tweede groep wordt een staaaf van steviger materiaal gebruikt en tevens een spondylodese verricht. De resultaten blijven slecht. Tenslotte wordt naast distractie ook compressie gebruikt en wordt het geopereerde traject gedurende enige maanden postoperatief geïmmobiliseerd d.m.v. een gipskorset. Het dan gebruikte instrumentarium, vervaardigd van S-MO 18-8 roestvrij staal, bestaat allereerst uit een distractiestaaaf. Aan een uiteinde is de staaaf voorzien van nokken. De staaaf wordt tussen 2 haken, die in het craniale en caudale uiteinde van de verkromming verankerd worden, geplaatst en opgekrikt tot een flinke spanning is bereikt. De staaaf moet de hele bocht overspannen. Deze staaaf wordt aan de concave zijde van de verkromming aan de dorsale zijde van de wervelkolom geplaatst. Tegelijkertijd wordt aan de convexe zijde een enigszins buigbare spankabel c.q. compressiestaaaf aangebracht via een aantal haken, die deels craniaal, deels caudaal van de apex der verkromming verankerd zijn. Deze staaaf bezit een schroefdraad en met behulp van moeren, die tegen de verankeringshaken worden gedraaid, wordt compressie aangebracht.

Scoliosen geven vaak aanleiding tot een rompdeviatie. Deze is volgens Harrington te corrigeren als bij de instrumentatie van de scoliose de caudale haak van de distractiestaaaf valt binnen de "stabiele zône". Dit is de zône, waarvan de begrenzing gevormd wordt door de twee lijnen die verticaal kunnen worden opgericht vanaf de beide lumbosacrale intergewrichten.

Harrington beschrijft vervolgens – op grond van verrichte belastingproeven – op welke plaatsen aan de dorsale zijde van de wervelkolom de sterkste botstructuur verwacht mag worden. Deze plaatsen blijken de intergewrichten en de laminae (vooral lumbaal) te zijn. Verder waarschuwt hij voor het feit dat de totale kracht uitgeoefend op de wervelkolom en instrumentarium aanzienlijk toeneemt bij staan (zwaartekracht) en bij bewegen. De distractiehaken kunnen dan gemakkelijk zijdelings wegslijpen of door hun verankeringsplaats heenscheuren. Aan het plaatsen van het instrumentarium wordt een spondylodese volgens Hibbs toegevoegd (voornamelijk bestaand uit het aviveren van de processus spinosi en de laminae). Verder introduceert hij de “Harrington factor” als hulpmiddel bij de indicatie tot operatie. De formule om deze factor te berekenen luidt als volgt:

$$\frac{\text{verkromming bocht gemeten volgens Cobb}}{\text{aantal wervels van de bocht}}$$

De hiervoor noodzakelijke röntgenopname moet gemaakt worden terwijl de patient staat. Tot operatie wordt besloten als de H factor > 5 is. Natuurlijk moet de patient niet té jong zijn.

De tijd blijkt rijp voor het gebruik van inwendige osteosynthese bij operatieve scoliose behandeling, want al spoedig wordt in vele, dan net opkomende scoliosecentra, het Harrington instrumentarium enthousiast toegepast. In 1973 publiceren Harrington en zijn medewerker Dickson in 2 artikelen (Dickson en Harrington, 1973; Harrington en Dickson, 1973) de resultaten van hun werk.

Daaruit blijkt, dat ze bezig zijn gebleven hun techniek te vervolmaken. Niet wat betreft het instrumentarium: zij bereiken steeds een zeer bevredigende initiële correctie; en van metaalallergie is volgens hun ervaring geen sprake. Hun probleem is, hoe de eenmaal bereikte correctie niet verloren te laten gaan. Daartoe zetten zij hun ontwikkeling, al in 1962 begonnen, in volle gang voort. Alle aandacht wordt geconcentreerd op verbetering van de operatietechniek en het postoperatieve beleid. Hun ervaringen en resultaten tonen ze aan de hand van een na-onderzoek bij 4 groepen patienten. Deze groepen moesten aan de volgende criteria voldoen:

- follow-up van minstens 3 jaar
- uitsluitend idiopathische scoliosen
- grootte bocht tussen 30° en 90°
- leeftijd patient tussen 11 en 20 jaar.

De kenmerken van de afzonderlijke groepen zijn als volgt:

- Groep I: - De distale haak wordt niet meer in het intergewricht maar rond de laminae geplaatst.
 - Spondylodese-techniek volgens Hibbs.
 - Postoperatieve immobilisatie 2 maanden.
- Groep II: - Instrumentatie onveranderd.
 - Spondylodese volgens Hibbs maar tevens arthrodese van de intergewrichten en toevoegen van autogeen bottransplantaat.
 - 4½ maand postoperatief gips.
- Groep III:- Instrumentatie onveranderd.
 - Hibbs-techniek, arthrodese intergewrichten, toevoegen homogeen bottransplantaat.
 - 6 maanden postoperatief gips.
- Groep IV:- Instrumentatie onveranderd.
 Hibbs-techniek, arthrodese intergewrichten, extra spondylodese beiderzijds lateraal voor zover de spondylodese zich uitstrekt in het gebied tussen T₁₁ en sacrum; toevoegen autogeen cristabot.
 - 6 maanden postoperatief gips.

Resultaten:

	Aantal patienten	Uitgangswaarde scoliose	Scoliose p.o.	Correctie in %	Scoliose 3 jr. p.o.	Correctie in %
Groep I	28	62°	21°	66%	47°	24%
Groep II	46	67°	23°	65%	42°	37%
Groep III	144	58°	20°	65%	36°	38%
Groep IV	109	59°	21°	64%	29°	51%
Totaal	327					

In de volgende groep wordt behoudens het weglaten van compressie niets veranderd (echter geen follow-up van 3 jaar).

Groep V Deze groep omvat 53 patienten met een gemiddelde bocht van 60°: de bereikte initiële correctie bedraagt 53%, duidelijk minder dan in de eerste vier groepen, aldus Harrington.

De complicaties in de eerste vier groepen zijn:

falen instrumentatie	53X	:	16,2%
wondinfecties	7X	:	2,1%

pneumothorax, atelectase	8X	:	2,4%
pseudarthrose	15X	:	4,5%
1 patient overlijdt aan sepsis			

In het kort staat hier samengevat de snelle en duidelijke ontwikkeling die de operatieve scoliose-behandeling in de tijd tussen 1962 en 1970 doormaakte.

Algemeen werden de volgende punten essentieel geacht (Moe, 1969):

1. Een spondylodese van het gehele traject van de primaire structurele verkromming(en) met tevens een nauwkeurige arthrodese van de intergewrichten en toevoeging eraan van autogeen cristabot
2. Gebruik van het Harrington instrumentarium, althans zeker het distractiesysteem.
3. Voldoende lange postoperatieve immobilisatie - 8 tot 12 maanden p.o. - ter verkrijging van consolidatie en behouden van correctie.
4. Voldoende chirurgische vaardigheid en goede anesthesietechniek.

Dit laatste punt, omdat een Harrington spondylodese algemeen ervaren wordt als een grote, ingrijpende operatie, zeker bij patienten met cardio-respiratoire beperkingen.

De specifiek met de Harrington instrumentatie samenhangende problemen zijn vooral de neurologische complicaties (hierover spreekt Harrington niet) en het falen van de instrumentatie (breken van de staaf, losschieten van de haak etc.).

De conclusies van Harrington aan de hand van de door hem getoonde resultaten, waren:

1. Bij toepassing van distractie- én compressiesysteem wordt een vrij constante forse initiële correctie bereikt.
2. Arthrodese van de intergewrichten en toevoegen van autogeen cristabot is onmisbaar.
3. Vooral in het begin herhaaldelijk falen van de instrumentatie.

Daarnaast bleek hem dat de te bereiken initiële correctie niet voor iedere bocht gelijk is. De enkelvoudige thoracale en lumbale bocht bijvoorbeeld laten zich beter corrigeren dan het daarmee overeenkomstige deel uit een thoracaal-lumbale bocht.

6.4. Biomechanische aspecten

6.4.1. Beschouwingen en literatuurgegevens

Uit kinematische studies van de wervelkolom is bekend, dat een wervellichaam 3 assen heeft – een transversale, een verticale en een sagittale as – en dat het wervellichaam rond ieder van deze assen een rotatie- en een translatiebeweging kan maken. Een wervellichaam heeft dus 6 bewegingsmogelijkheden. Dit gegeven is van belang bij het vervaardigen van computersimulaties van de wervelkolom.

White (1969) toonde in een experimentele studie bij kadavers aan dat een zijwaartse buiging (beweging rond de sagittale as) in het cervicale en hoog thoracale deel van de wervelkolom steeds gepaard gaat met een rotatie rond de lengte-as, waarbij de voorkant van het wervellichaam steeds naar de *concaïteit* van de bocht draait. In het laag thoracale deel van de wervelkolom gaan deze beide bewegingen meestal samen. Deze aan elkaar gebonden bewegingen noemt men koppeling.

In tegenstelling tot de zojuist beschreven koppeling blijkt, dat bij de structurele scoliose in het algemeen en zeker bij de thoracaal gelocaliseerde, de zijdelingse verkromming gepaard gaat met een rotatie om de lengte-as, waarbij de voorkant van het wervellichaam draait naar de *convexiteit* van de zijdelingse bocht.

Van biomechanisch standpunt gezien is er bij een structurele scoliose sprake van een te sterke verkromming in een verkeerd vlak – de normale wervelkolom kent alleen duidelijke verkrommingen in het sagittale vlak – gepaard gaande met een axiale rotatie in de verkeerde richting.

Alhoewel reeds lang bekend was, dat een structurele scoliose een gefixeerde deformatie is, die zich niet in één vlak afspeelt maar in de ruimte (driedimensionaal), blijft juist de afwijking in het frontale vlak – de zijdelingse verkromming – het denken en handelen beheersen. Mogelijk zijn velen onbewust beïnvloed door de röntgenafbeelding van een scoliotische verkromming waarbij de verkromming geprojecteerd en afgebeeld wordt in het frontale vlak.

Tot op de huidige dag wordt de mate van verkromming vastgesteld door middel van metingen in deze projecties (dit geldt zowel voor de meetmethode volgens Cobb als voor die volgens Ferguson).

Krachten, nodig voor de correctie van een scoliose, worden vrijwel steeds in het frontale vlak aangegeven. Nog in 1968 noemen Marchetti et al. – in een zeer uitvoerige overzichtsstudie over scoliose – drie mogelijkheden om een scoliose te corrigeren:

- a) tractie c.q. distractie
- b) compressie
- c) driepuntscorrectie.

De werking van deze correctiekrachten vindt plaats in het frontale vlak. Daarbij onderstrepen de auteurs, dat een geringe zijdelingse verkromming het meest effectief gecorrigeerd wordt door driepuntscorrectie, een grotere verkromming ($> 50^\circ$) juist door tractie c.q. distractie. De berekeningen en mechanicatekeningen, die zij hiervoor als bewijs leveren, maken dit aanneemelijk.

Het door Harrington ter correctie van structurele scoliosen ontworpen en in 1962 gepresenteerde instrumentarium is in feite eveneens gebaseerd op het idee, dat het de verkromming in het frontale vlak is, die gecorrigeerd moet worden.

Hiermede is tegelijkertijd de beperking van deze techniek in de operationele scoliosechirurgie aangegeven. Theoretisch werken een combinatie van distractie aan de concave zijde en compressie aan de convexe zijde uitstekend bij de correctie van een verkromming in één vlak. Voor de compressiekrachten geldt dat ze alleen effectief zijn, als de rotatiecentra van de betrokken wervels tussen de concave zijde van de bocht en de compressie-staaf liggen (White en Panjabi, 1978). Vooral bij de ernstiger scoliosen wordt vaak een sterke rotatiecomponent aangetroffen. Juist in deze gevallen blijkt dat de aangebrachte compressiestaaf hetzij samenvalt met de rotatiecentra, dan wel, dat de rotatiecentra liggen tussen de compressie-staaf en de convexiteit van de bocht. In het eerste geval is het effect van de compressie nihil, in het tweede geval zelfs negatief. In de praktijk bleek dit al spoedig. Zodoende is de toepassing van de compressiestaaf geen gemeengoed geworden.

Een van de weinige publicaties ten gunste van het compressiesysteem is van de hand van Gaines et al. (1981). Zij melden - in tegenstelling tot vele anderen - een duidelijke correctie van de ribbengibbus na toepassing van het Harrington compressiesysteem (21 gevallen). Echte derotatie van de wervels kunnen ook zij echter niet aantonen. Hun observatie trachten zij te verklaren door veranderingen opgetreden in de costo-transversale gewrichten.

Daarentegen vindt het idee van Connock en Armstrong (1971) wel snel en wijdverbreid toepassing. Zij stellen voor - en ook hun beschouwingen beperken zich in wezen tot correctie van de zijdelingse verkromming in het frontale vlak - om de Harrington distractie te combineren met een instrument waardoor een driepuntskracht kan worden uitgeoefend (combined axial and transverse loading). White en Panjabi (1978) berekenen, dat de correctiekracht van de genoemde combinatie voor iedere zijdelingse verkromming gunstiger is dan van een der componenten afzonderlijk.

Het systeem van Harrington vond al spoedig zeer uitgebreid toepassing en natuurlijk verschenen er na enige tijd ook biomechanische studies gewijd aan dit onderwerp. Harrington als eerste onderkende, dat de zwakke punten in zijn systeem de twee verankeringsplaatsen van de distractiestaaf in het bot - de plaats van de distractiehaken - waren. In zijn studie adviseert hij alleen die plaatsen in de achterste structuur van de wervelkolom als verankeringsplaats te gebruiken, waar de botstructuur het sterkst is. Volgens zijn studie zijn dit proximaal de processus articulares inferiores en distaal de lumbale laminae. Hij geeft op, dat het bot op deze plaatsen een kracht kan weerstaan van 200 - 300 N. Waugh (1966) preciseert dit en noemt als kritische grens 370 N, althans bij jong volwassenen. Begrijpelijk is, dat deze grens zeer sterk zal wisselen met de leeftijd en de kwaliteit van de botstructuur van iedere patient afzonderlijk.

Waugh (1966) heeft ook als eerste precies de krachten gemeten die aangewend worden bij het aanbrengen van distractie tijdens de operatie. Hij deed dit met behulp van rekstrookjes, bevestigd aan o.a. de outtrigger en de distractiestaaf. De grootste stress-concentraties werden gemeten bij de proximale haak. Waugh adviseert om de op enig moment aangewende distractiekracht niet hoger op te voeren dan 300 N. Ook geeft hij in overweging om hetzij de haak groter en beter passend te maken, dan wel het benige afsteunpunt te versterken met methylnetracrylaat. Verder nam hij waar, dat de aangebrachte kracht geleidelijk verminderde, indien hij bij het stapsgewijs opkrikken van de staaf na iedere stap enige tijd wachtte. Dit verschijnsel is goed te verklaren uit de eigenschap van visco-elastisch materiaal, bekend onder de naam relaxatie (relaxatie is de afname in stress in een vervormde structuur, in de tijd gemeten, als de deformatie constant wordt gehouden).

Een grote distractiekracht, die net niet leidt tot uitschieten van de haak of breken van het bot kan toch een zodanige kracht op het bot blijven uitoefenen dat het bot ter plaatse erodeert (biologisch principe). Dit feit, dat al door Harrington werd geconstateerd, leidt natuurlijk tot vermindering van de in eerste instantie bereikte correctie van de zijdelings verkromming.

Nachemson en Elfström (1971) hebben de proeven van Waugh voortgezet en verfijnd. Zij ontwikkelden een systeem waarmee via draadloze telemetrie de axiale krachten worden gemeten die worden uitgeoefend op de Harrington distractiestaaf als deze wordt ingebracht. Hun metingen verrichtten zij bij 4 meisjes (12 - 16 jaar), die geopereerd werden wegens een idiopathische scoliose (scoliosehoek gemeten volgens Cobb tussen de 55° en 90°). Zij stelden vast, dat het fenomeen van de relaxatie zich ook na de operatie voortzet: binnen één uur na de operatie daalt de axiale kracht tot ongeveer 3/4 van de uitgangswaarde om zich na 10 dagen te stabiliseren op 1/3 van deze waarde. Een duidelijke toename van de axiale kracht

bleek op te treden bij (over)tillen en draaien van de patient, maar vooral als de patient hoestte of schokkende bewegingen maakte.

De kans op het uitscheuren van een haak behoorde dan tot de reële mogelijkheden. Verder bleek dat bij zitten en staan de axiale krachten groter zijn, dan bij liggen op de rug, en dat bij liggen op de zij de kracht het minst is als de patient ligt op de zij die overeenkomt met de concaviteit van de bocht. De auteurs adviseren een periode van minstens 10 dagen bedrust na de operatie. In deze periode mag men de patient alleen maar voorzichtig omrollen op de "concave zijde" en terug.

In de literatuur zijn de biomechanische studies die de scoliose als een werkelijke driedimensionale afwijking beschouwen, schaars. Een der eersten is die van White (1969; 1971). Bij studies aan het kadaver richtte hij zijn aandacht ook op het probleem van de rotatie. Zijn proeven tonen aan, dat de dorsale ligementen van de wervelkolom, met name de gewrichtskapsels en het ligamentum flavum een voornamelijk rol spelen bij de beperking van de rotatiemogelijkheid van de wervellichamen om hun lengte-as. Doorsnijding van deze structuren bij een structurele scoliose maakt zeer waarschijnlijk de weg vrij voor een ruime correctie van de abnormale rotatie. Daarbij moet de toe te passen correctiekracht natuurlijk wel een duidelijk moment maken ten opzichte van de lengte-as.

Van de hand van Schultz en Hirsch (1973; 1974) zijn twee belangrijke mechanische studies over behandelingsmethoden bij scoliose verschenen. In deze studies wordt gebruik gemaakt van computersimulaties van een zestal door scoliose verkromde wervelkolommen. De modellen zijn driedimensioneel. In de eerste studie (1973) verrichtten zij een mechanische analyse van de correctie van een idiopathische scoliose met behulp van het Harrington instrumentarium. Zij komen daarbij tot de volgende conclusies:

- 1) Bij distractie van een Harringtonstaaf vraagt iedere "verdere" distractiestap een grotere kracht, terwijl tegelijkertijd de daarmee bereikte correctie steeds kleiner wordt.
- 2) Pogingen, om de verankering van het distractiesysteem te verbeteren zodat grotere distractiekrachten kunnen worden toegepast zonder dat de haken uitbreken (uit het bot), zijn waarschijnlijk niet zinvol.
- 3) Van de Harrington procedure of iedere andere methode, die tracht te corrigeren door middel van longitudinale tractie alléén, mag niet verwacht worden, dat hierbij derotatie optreedt. Tractiekrachten leveren geen significante deroterende momenten.
- 4) Het lijkt weinig waarschijnlijk, dat er een andere methode kan worden ontwikkeld, die in korte tijd de abnormale rotatie van een scoliose zal kunnen corrigeren. Hiervoor zijn zeer grote derotatiekrachten (in de

orde van 1000 N) nodig, tenzij de torsiestijfheid van de bewegingssegmenten significant kan worden verminderd.

- 5) Er lijkt weinig interactie (koppeling) tussen derotatie en correctie van de zijdelingse bocht. Correctie van de ene factor zonder correctie van de andere factor is mogelijk.

In hun tweede publicatie (1974) staan de resultaten vermeld van de mechanische analyse van technieken, die een betere correctie van een idiopathische scoliose kunnen geven. Hierbij richtten zij zich begrijpelijkerwijs vooral op het probleem van de rotatie c.q. derotatie. Allereerst konden zij de bevindingen van White (1969) bevestigen, dat de gewrichtskapsels en het ligamentum flavum een derotatie tegenhouden. Daarnaast bleek hen, dat een vrijwel gelijke invloed uitgaat van de disci in het scoliosetraject. Wegnemen hetzij van de genoemde dorsale structuren, dan wel van de disci - geheel of gedeeltelijk - maakt de weg vrij voor werkelijke derotatie van een scoliose; er moet dan natuurlijk wel een correctiekracht worden toegepast die onder meer een moment maakt met de verticale as.

6.4.2. *Samenvatting*

- Een structurele scoliose is een vervorming van de wervelkolom in drie richtingen.
- Het door Harrington ontwikkelde instrumentarium ter correctie van een structurele scoliose is in feite alleen gericht op en geschikt voor correctie van de zijdelingse verkromming van de scoliose. Daarin ligt ook de beperking van dit systeem gegeven.
- Allereerst kan het compressiesysteem van Harrington niet erg effectief zijn, omdat door de rotatie in de scoliose de aan de convexe zijde gemonteerde compressiestaaf vrijwel samenvalt met de assen van rotatie, waar omheen de verkromming terug gebogen moet worden.
- Daarnaast is de distractiemogelijkheid aan duidelijke grenzen gebonden, omdat tijdens de distractie de weerstand progressief toeneemt. Iedere verdere distractie vraagt een grotere kracht en levert tegelijkertijd steeds minder rendement op.
- De zwakke plek in het systeem zijn de verankeringsplaatsen in het bot. Versteving van deze plaatsen heeft slechts betrekkelijke waarde.
- De mate van correctie van de zijdelingse verkromming, zou door het distractiesysteem te combineren met een dwarstractiesysteem, mogelijk gunstig beïnvloed kunnen worden.
- De axiale belasting van de distractiestaaf kan kort na de operatie zeer hoog oplopen bij onverwachte bewegingen van de patient. Eerst ongeveer 10 dagen na de operatie is dit gevaar zodanig verminderd, dat de patient veilig in een gipsorset of brace gemobiliseerd kan worden.

- Er is geen koppeling tussen de correctie van de zijdelingse verkromming en de correctie van de rotatie in een scoliose.
- Met het Harrington systeem wordt slechts een geringe derotatie bereikt.
- Om werkelijke derotatie te bereiken moeten eerst hetzij de disci worden ingesneden of verwijderd, dan wel enkele dorsale structuren, met name de gewrichtskapsels en het ligamentum flavum. Van de eerst genoemde mogelijkheid wordt gebruik gemaakt bij de operatietechnieken volgens Dwyer en Zielke.

6.5. Aanvullingen en modificaties van het Harrington instrumentarium

Door Harrington zelf zijn sinds de introductie van zijn systeem eigenlijk geen wijzigingen meer aangebracht.

Geleidelijk aan hebben diverse operateur modificaties van de distractiehaken – meestal onder eigen naam – op de markt gebracht. Al deze modificaties beogen een betere passing van de haak ten opzichte van de verankeringsplaats.

Er zijn sinds 1962 drie belangrijke ontwikkelingen aan het oorspronkelijke instrumentarium toegevoegd.

- 1) Allereerst de "outrigger". Dit is een instrument, waarmee de distractiehaken geleidelijk en tijdelijk uit elkaar geduwd kunnen worden (distractie). De outrigger is zo geconstrueerd, dat hij vrijwel geheel buiten het operatieterrein ligt en dus niet hindert bij het opereren. De outrigger wordt gedurende de operatie "steeds" weer op (verdere) spanning gebracht. Dat dit mogelijk is, berust op de eerder beschreven eigenschappen van het uit te rekken weefsel: creep en relaxatie.
- 2) Door Götze (1973) is een modificatie van het Harrington instrumentarium ontworpen, te gebruiken bij kinderen. Allereerst zijn de haken aangepast aan de andere anatomische verhoudingen bij de wervelkolom van het jongere kind (< 10 jaar). Buitendien is de zeer starre distractiestaaf vervangen door een iets buigzamere staaf voorzien van een schroefdraad. Via deze schroefdraad kan met behulp van een moer zeer geleidelijk gedistraheerd worden.
- 3) Er is gezocht naar mogelijkheden om de distractiestaaf meer steunpunten en fixatie ten opzichte van de wervelkolom te geven. Wenger et al. (1980) toonden aan de hand van belastingproeven bij kadavers van Holstein kalveren aan, dat de maximale axiale belasting van de distractiestaaf – ingebracht bij bot van stevige kwaliteit – beperkt is; in hun proeven lag dit op maximaal 930 N waarna de haak – meestal de proximale – uitscheurde. Werden er bewegingen gemaakt in voorachterwaartse of zijwaartse richting dan bleek de kwetsbaarheid nog groter. Het systeem bleek het minst bestand tegen rotatie.

Deze proeven wijzen er eens te meer op, hoe belangrijk de postoperatieve immobilisatie na een Harrington spondylodese is.

Het systeem blijkt veel stabielere te worden als de staaf niet alleen afsteunt op de eindwervels van de verkromming, maar liefst met zoveel mogelijk wervels is verbonden. In het door Luque (1982) ontworpen systeem worden twee staven aan weerszijde van de verkromming gelegd. Deze staven worden dwars met de wervels verbonden door ijzerdraden, die onder de wervelbogen één voor één worden doorgebracht en op spanning gebracht (laminar wiring). Dit systeem is bewezen stabielere (Wenger, 1982a; Wenger 1982b) en wordt tegenwoordig toegepast bij de operatieve behandeling van paralytische scoliose.

Bobechko (1982) ontwierp een Harrington distractiestaf met meerdere haken gefixeerd in even zoveel intergewrichten. Hij acht deze instrumentatie zo stabiel, dat hij deze variatie presenteerde onder de naam "instant-Harrington".

6.6. *Specifieke complicaties*

Uit het voorafgaande moge duidelijk geworden zijn dat bij de toepassing van het Harrington instrumentarium bij de operatieve correctie en stabilisatie van een scoliose met enkele specifieke complicaties rekening gehouden moet worden en wel:

- 1) het falen van het instrumentarium
- 2) beschadiging van het ruggemerg tengevolge van te sterke distractie

Door meerdere auteurs o.a. Goldstein (1969) is verder gewezen op

- 3) pneumo- c.q. haematothorax als mogelijke en specifieke complicatie.

6.6.1. *Falen van het instrumentarium*

De publicaties van Harrington (1973) en Harrington en Dickson (1973) maakten reeds duidelijk, dat de kans op mislukken van de Harrington-instrumentatie en daarmee het geheel of ten dele verloren gaan van de nagestreefde correctie van de scoliose c.q. het behouden van deze correctie totdat de spondylodesemassa is geconsolideerd, reëel aanwezig is. In de vier door hen vermelde groepen, in totaal 327 operaties, komt deze complicatie 53 X voor dit is 16,2%. Daarbij hebben zij niet opgegeven, hoe groot het correctieverlies in deze gevallen was. Uit hun ervaringen concludeerden zij, dat het percentage mislukkingen van de instrumentatie was te verminderen door toepassing van een goede spondylodese-techniek en voldoende lange immobilisatie postoperatief.

Maar ook indien aan deze voorwaarden is voldaan blijft het mislukken van de instrumentatie een reële mogelijkheid. Op de oorzaken daarvan is reeds ingegaan bij de biomechanische beschouwingen. Hierbij is gebleken,

dat met name de twee verankeringsplaatsen van de distractiestaaft de zwakke plekken zijn in het systeem. Bij te grote belasting ervan, hetzij door te grote distractiekracht tijdens de operatie, hetzij door te grote belasting tengevolge van ongewenste bewegingen in de postoperatieve fase, kunnen de haken uit hun verankeringsplaats losschieten of kan het bot van de verankeringsplaats doorscheuren. In een minderheid van de gevallen is er sprake van materiaalbreuk.

In alle gevallen gaat de aangewende distractiekracht geheel of ten dele verloren.

Anderzijds is door Nachemson en Elfström (1971) aangetoond, dat in de eerste 10 dagen postoperatief de distractiekracht daalt tot 1/3 van de oorspronkelijke waarde. Hierdoor vermindert de spanning tussen de distractiestaaft en de proximale haak. Dit kan zover gaan, dat de proximale haak zijn iets gekantelde stand verliest en loodrecht op de distractiestaaft komt te staan. In deze stand is er niet of nauwelijks meer verhaking tussen een van de nokken van de distractiestaaft en de proximale haak en kan de haak terugglijden over de staaft: de afstand tussen de twee verankeringsplaatsen wordt kleiner! Om dit terugglijden te voorkomen wordt na aanbrenge van de maximale distractie de staaft geborgd vlak "onder" de proximale haak b.v. door er een C-vormig ringetje omheen te klemmen. In de series gepubliceerd over de Harrington-spondylodese bij idiopathische scoliose in de tienerleeftijd worden percentages betreffende het mislukken van deze instrumentatie opgegeven variërend van 3,7% tot 18,1% (zie tabel 8.6.). In geen van deze publicaties wordt verder ingegaan op deze mislukkingen. Toch zal deze complicatie het eindresultaat vrijwel steeds ongunstig beïnvloeden.

Alleen in het jaarrapport van de "morbidity and mortality committee" van de S.R.S. over 1979 wordt erop gewezen, dat de instrumentatie vooral tekort schiet bij thoracolumbale en thoracaal-lumbale bochten (zie verder het aanhangsel "rapporten van de "morbidity and mortality committee" van de Scoliosis Research Society").

6.6.2. *Beschadiging van het centrale zenuwstelsel t.g.v. tractie c.q. distractie*

In 1975 werd het eerste "morbidity rapport van de S.R.S." officieel gepubliceerd in de Journal of Bone and Joint Surgery. Het werd uitgebracht door MacEwen et al. Hun opdracht was de frequentie en de oorzaak van neurologische complicaties na te gaan zoals deze zich voordoen bij met name de operatieve scoliose behandeling. Uit dit rapport komt zeer duidelijk naar voren, dat tractie c.q. distractie - vooral indien abrupt toegepast - kan leiden tot beschadiging van het zenuwstelsel.

a) in de fase van de pre-operatieve skelettractie vonden zij vooral stoornissen van bepaalde hersenzenuwen en met name VI, IX, X, XI en XII en laesies van de plexus brachialis. Bij opheffen van de tractie herstelden de stoornissen zich. Bij overmatige tractie aan schedel c.q. wervelkolom zal allereerst en vooral de halswervelkolom uitgerekt worden. Waarschijnlijk kan het erbinnen liggende centrale zenuwstelsel deze mate van verlenging niet verdragen en zullen met name de zenuwen c.q. de zenuwwortels op hun plaats van uittreden uit de cervicale wervelkolom onder tractie komen. Op deze wijze is een gestoorde functie van de hersenzenuwen IX t/m XII en van de plexus brachialis begrijpelijk. Niet hierdoor verklaard is een eventuele abducensparese.

Bij overmatige tractie bleek ook beschadiging van het ruggemerg mogelijk. Ook hier werkte opheffen van de tractie vrijwel steeds curatief.

b) Nog vaker vonden zij tekenen van ruggemergbeschadiging, hetzij als partiële hetzij als totale dwarslaesie, direct in aansluiting aan een Harrington-spondylodese; alleen indien de distractie direct werd opgeheven d.w.z. uiterlijk binnen 3 uur na aanbrengen ervan, bleek een redelijke kans op herstel mogelijk.

Het optreden van een ruggemergletsel tengevolge van peroperatief te sterke distractie zal, gezien de consequenties, vrijwel steeds moeten leiden tot verminderen van de distractie c.q. verwijderen van het distractiemateriaal. Dus ook deze complicatie zal het eindresultaat, onder andere voor wat betreft de correctie van de bocht, steeds ongunstig beïnvloeden. Vraag blijft of in de gepubliceerde series over resultaten na Harrington spondylodesen deze directe mislukkingen wel zijn meegeteld (tabel 8.4.).

6.6.3. *Pneumo- c.q. haematothorax*

Beschadiging van de pleura parietalis kan ontstaan indien de haken van het Harrington-systeem met name van het compressiegedeelte te ver naar lateraal worden geplaatst of de verankeringsplaatsen rond de processus transversari niet met de nodige voorzichtigheid worden vrijgeprepareerd. Een klein scheurtje in de pleura hoeft niet steeds manifest te zijn tijdens de operatie. Derhalve moet steeds aansluitend aan de operatie een thoraxfoto gemaakt worden. In de literatuur wordt bij herhaling op deze complicatie gewezen, alleen Goldstein (1969) geeft exacte cijfers: 2,8% (zie verder tabel 8.6.). Deze complicatie zal vrijwel nooit het eindresultaat van de aangebrachte correctie beïnvloeden.

N.B. De Scoliosis Research Society, opgericht in 1966, stelde in 1969 een zogenaamde "morbidity en mortality committee" in, met de

opdracht jaarlijks een "morbidity rapport" en een "mortality rapport" uit te brengen. Deze "committee" vraagt jaarlijks gegevens op bij de leden van de S.R.S. betreffende opgetreden complicaties bij de door hen verrichte scoliose- en kyfose-operaties. Meestal wordt ieder jaar bijzondere aandacht besteed aan een of meer speciale complicaties. Gezien de specifieke belangstelling en deskundigheid van de leden van de S.R.S. op het gebied van de scoliose behandeling en het grote aantal behandelingen c.q. operaties die zij tezamen jaarlijks verrichten is het begrijpelijk, dat genoemde rapporten een schat aan gegevens bevatten. Het overgrote deel van deze rapporten is nooit in de "officiële vakliteratuur" gepubliceerd. Daar het terrein, dat deze rapporten bestrijken, verder reikt dan het in deze studie gestelde onderwerp, zal hier niet verder op deze rapporten worden ingegaan. Voor de geïnteresseerde lezer zijn ze echter wel als aanhangsel aan deze studie toegevoegd.

De operatie

7.1. De voorbereiding

7.1.1. De opname

Nadat de indicatie tot operatie is gesteld, wordt de patient opgenomen in de kliniek. Ons is het van groot voordeel gebleken te kunnen beschikken over een tienerafdeling, waar steeds meerdere patienten tegelijk voor behandeling van hun scoliose verpleegd worden. Alle uitleg in de spreekkamer ten spijt, moet gezegd worden, dat de patient het best op de komende behandeling wordt voorbereid door zijn medepatienten en de vaste staf van de verpleging. Onze indruk is, dat de meeste patienten mede daardoor en door de ons inziens onmisbare begeleiding van de kinderpsycholoog de hele klinische behandeling positief ervaren en verwerken. Na de opname volgt in samenwerking met de kinderarts eerst het algemeen lichamelijk onderzoek en de noodzakelijke laboratorium-bepalingen. De functie van het zenuwstelsel wordt bij iedere patient vastgelegd door de neuroloog. De longfunctie en de gaswisseling worden bepaald. Alvorens te starten met de pre-operatieve correctie van de scoliose, wordt de mate van de verkromming en de kans op correctie ervan röntgenologisch onderzocht.

7.1.2. Het röntgenonderzoek

Onmisbaar zijn de opnamen van de gehele wervelkolom in voorachterwaartse en zijdelingse richting. Ze worden gemaakt met de patient in staande positie. Liggend worden aansluitend omkromfoto's ("bending-films") gemaakt zowel naar links als naar rechts. Het is de bedoeling bij deze foto's dat de patient zelf liggend zoveel mogelijk naar rechts c.q. naar links zijwaarts buigt.

Op deze foto's is af te lezen hoeveel correctie de diverse bochten in eerste instantie toelaten. In principe zijn het de compensatoire bochten, die op deze wijze geheel te corrigeren zijn. De ervaring heeft echter geleerd dat compensatoire bochten op den duur hun souplesse verliezen: ze krijgen een structurele component. Dit impliceert niet, dat ze dan ook betrokken moeten worden in het te verstijven traject. In principe moet alleen de primaire verkromming - het "zieke" gedeelte - verstijfd worden.

Indien men naast de omkromfoto's tevens beschikt over al eerder gemaakte opnamen van de scoliose, is het vaststellen van de primaire verkromming(en) in ervaren handen steeds mogelijk. Bij de ernstige scoliosen zegt een voorachterwaartse opname gemaakt onder tractie meer over de correctiemogelijkheid van de scoliose dan de omkromfoto's. Bij het toepassen van de methode van Harrington kan het spondylodese-traject het best bepaald worden op de foto, die vlak voor de operatie aan het einde van de pre-operatieve tractieperiode wordt vervaardigd. Bij de Harrington methode wordt namelijk ook in principe tractie c.q. distractie toegepast en de foto aan het einde van de pre-operatieve tractie periode geeft het best een inzicht in de mate en de uitgestrektheid van de primaire bocht(en).

7.1.3. Pre-operatieve correctie

Gedurende de na-oorlogse periode zijn een aantal methoden ontwikkeld om een scoliose pre-operatief te corrigeren. Overwegend waren dit de rompgipsen, die hetzij geleidelijk aan uitgerekt dan wel omgekromd konden worden. Het meest in zwang waren het "turnbuckle"-gips en het "localiser"-gips, beide ontworpen door Risser en het elongatiegips volgens Stagnara.

Als voldoende correctie bereikt leek - de hele procedure duurde meestal enkele maanden - werd de operatie verricht via een groot luik gemaakt aan de rugzijde van de patient. Deze correctiegipsen gaven vaak aanleiding tot decubitus. Buitendien waren deze grote gipsen tijdens de operatie hinderlijk voor de chirurg maar vooral voor de anaesthesist. Tijdens de operatie is de thorax niet direct en vrij te bereiken in noodgevallen zoals bijvoorbeeld bij acute cardiale problemen (Veraart 1971).

Met de introductie van het Harrington-systeem kreeg men voor het eerst een middel in de hand om de scoliose te corrigeren tijdens de operatie. Maar zonder enige voorafgaande correctie was de kans op overrekking niet denkbeeldig. Uit de correctiegipsen had men geleerd dat met behulp van uitwendige methoden aanzienlijke correcties bereikt konden worden.

De ontwikkeling van de Halo, een stalen ring die met minstens vier steunpunten tegen de schedel gefixeerd wordt (Nickel et al. 1968), gaf de mogelijkheid om via een stabiele fixatie direct de tractie op het skelet uit te oefenen. Het werd al spoedig de tractie-methode bij uitstek. Tegentractie wordt gegeven via skelettractie aan de femora of de tibiae (Halo-femorale c.q. Halo-tibiale tractie).

Stagnara (1971) ontwikkelde een elegante variant de zgn. "Halo-rolstoel"-tractie. Hierbij kan de patient zitten c.q. zich voortbewegen in een rolstoel. Aan de rolstoel zit een opbouw via welke een gedoseerde tractie kan worden uitgeoefend op de Halo.

Een nog sterkere tractie werd ontwikkeld door Dewald en Ray (1970). Via 2 grote pennen geboord door beide bekkenvleugels van voor naar

schuin achter verkrijgt men steunpunten voor een grote ring, welke vervolgens via 3 verticale staven verbonden kan worden aan de Halo. Wartels in deze stangen verschaffen de mogelijkheid tot distractie, zonodig met zeer grote kracht (Halo-bekkentractie). Na aanvankelijk veelvuldig gebruik o.a. bij patienten met een stugge Pottse gibbus (O'Brien et al. 1973) is deze methode duidelijk op zijn retour vanwege de vele gevaren.

Zo is te noemen:

- overrekking met mogelijke functiestoornis in sommige hersenzenuwen, de plexus brachialis of het ruggemerg
- uitscheuren van de bekkenkam
- infecties van de bekkenpennen en osteomyelitis
- fausse route met beschadiging van de darmen (Bauer 1979)
- Hodgson (1972) heeft verder gewezen op de enorme osteoporose die in het stamskelet - gelegen tussen de twee rigide met elkaar gefixeerde ringen - kan optreden.

Tenslotte is sinds enige jaren de Cotrel tractie in zwang geraakt. Bij deze tractie, die simpel via een kinband en een bekkenriem wordt uitgeoefend (statische tractie), bestaat door een ingenieuze verbinding van de twee tractie-uiteinden via katrollen tevens de mogelijkheid, dat patient zelf zijn wervelkolom tegen de weerstand uitrekt (dynamische tractie) (Cotrel, 1973).

White en Panjabi (1978) wijzen op het feit, dat de correctie die verkregen wordt bij continue tractie ten dele toe te schrijven is aan de visco-elastische eigenschappen van spieren, ligamenten en qot. Als een visco-elastisch materiaal wordt onderworpen aan een plots toegebrachte kracht vervormt het. Wordt vervolgens die kracht constant gehouden, dan gaat de vervorming van het materiaal verder; oftewel: er heeft een geleidelijke oprekking plaats van de weke delen (opheffen contracturen).

Nachemson en Nordwall (1977) onderzochten het effect van de preoperatieve Cotrel tractie. Een groep van 260 patienten, jonger dan 20 jaar, met een idiopathische scoliose tussen 40° en 90° werd behandeld met een Harrington-distractie en een spondylodese. Preoperatief kregen 90 van de 206 patienten Cotrel-tractie; 116 niet. Het bereikte resultaat post-operatief was in de twee groepen niet significant verschillend.

Hun conclusie is dat Cotrel tractie de resultaten van de behandeling van idiopathische scoliose van deze graad, in deze leeftijdsgroep, niet verbetert.

Edgar et al. (1982) verrichtten een prospectief onderzoek bij 167 patienten met een adolescente idiopathische scoliose met een gemiddelde verkrom-

ming van 65° . Zij vonden, dat de correctie bereikt met behulp van Cotrel tractie na drie weken niet significant verschilt van die bereikt na 48 uur.

Cotrel zelf heeft in een latere mededeling (Cotrel et al. 1980) gemeld, dat bij verkrommingen kleiner dan 70° - vrijwel allen waren idiopathische scoliosen - geen significant verschil was vast te stellen tussen de correctie bereikt op de eerste en de veertiende dag in Cotrel tractie. Dit gold wel bij bochten boven de 100° namelijk gemiddeld 14° . Hij voegt er terecht aan toe dat zijn methode ongevaarlijk is.

De algemene mening heden ten dage is, dat geleidelijk opgevoerde tractie grote waarde heeft in de pre-operatieve fase bij stugge en ernstige verkrommingen. De stugheid is vast te stellen aan de hand van bending- of tractiefoto's. Bij dit soort gevallen zal minimaal een tractieperiode van 2 weken nodig zijn. In de overige gevallen - de minder stugge gevallen - is een kortdurende Cotrel tractie van enkele dagen voldoende. In deze periode kan dan tevens intensieve fysiotherapie - vooral gericht op de ademtechniek - gegeven worden (Bjure et al. 1969). Zo is het tevens mogelijk de patient goed voor te bereiden op de operatie en de post-operatieve periode.

In onze eigen series zijn vrijwel alle patienten voorbehandeld met Halo-tractie. Als tegentraction is al spoedig de skelettractie aan de tibiae vervangen door kleefpleisterrekverbanden. Dit was goed mogelijk, omdat de tractie aan het hoofd nooit de 9 kg overschreed en de tractie aan ieder der benen nooit meer bedroeg dan 5 kg. Hiermede werd de kans op infectie via ingebrachte tibia-tractiedraden vermeden. In een later stadium d.w.z. na 1974 is de Halo-tibia-tractie 's nachts gegeven en gecombineerd met Halo-rolstoeltractie overdag.

Het was ook ons al spoedig duidelijk, dat met deze tractie - geleidelijk opgevoerd - na 7 tot 10 dagen geen verdere correctie kon worden bereikt. De foto na 1 week gemaakt, maakt het goed mogelijk om het juiste traject van verstijving vast te stellen. Gedurende de tractieperiode wordt dagelijks nagegaan of zich neurologisch tekenen van overrekking manifesteren.

7.1.4. Keuze van het spondylodesetraject

Bij operatie moet steeds het volledige traject van de verkromming verstijfd worden. Als niet het gehele traject verstijfd wordt, bestaat de kans, dat de verkromming in het niet verstijfde gedeelte verder toeneemt. Dit geeft vaak zeer lelijke en hoekige vervormingen van de wervelkolom en leidt meestal tot duidelijk desequilibratie van de romp.

Cobb (1948) heeft een thans algemeen gebruikte methode aangegeven om de verkromming uit te meten op een röntgenfoto gemaakt in voor-achterwaartse richting. Eerst moeten de eindwervels van de bocht bepaald

worden. Dit zijn de twee wervels, die proximaal resp. distaal het meest gekanteld staan. Lijnen getrokken langs de bovenste resp. de onderste stuitplaat van deze wervels kruisen elkaar en de hoek, die zij vormen is een maat voor de verkromming. Naderhand is gebleken, dat een verkromming zich verder kan uitstrekken dan volgens de methode van Cobb wordt aangegeven. In vrij veel gevallen blijkt de rotatie van de verkromming verder door te lopen dan de zijdelingse bocht. De spondylodese moet zich uitstrekken t/m de wervel, die "neutraal" is wat betreft de rotatie (Moe, 1958). Bij het uittekenen van het spondylodesetraject kan het zijn - vooral bij ernstige thoracale scoliosen - dat de onderste te verstijven wervel nog vrij sterk gekanteld staat t.o.v. de onderliggende wervel, terwijl het onderste steunpunt van de Harringtonstaaf teveel buiten de mediaanlijn komt te vallen.

In deze gevallen is het raadzaam de spondylodese uit te breiden naar distaal tot aan een meer horizontaal verlopende discus (Goldstein, 1966). Weliswaar gaat dit ten koste van enige bewegelijkheid van de lumbale wervelkolom (meestal compensatoire bocht). Van belang voor een goede consolidatie is echter, dat de Harringtonstaaf zoveel mogelijk in de axiale belastinglijn, liefst in de mediaanlijn, ligt.

7.2. Anatomische factoren van belang bij de operatie

7.2.1. Inleiding

Het grootste gevaar bij de Harrington-spondylodese is een beschadiging van het ruggemerg. Een letsel door een direct trauma is mogelijk. Frequenter echter zijn de letsels, die ontstaan door te sterke distractie met met name de partiële en totale dwarslaesie (MacEwen et al. 1975). Daarbij wordt gedacht, dat door overrekking de arteriële circulatie van het ruggemerg - zeker op bepaalde plaatsen - onderbroken wordt met als gevolg ischaemie ter plaatse. De arteriële voorziening van het ruggemerg blijkt een zeer speciale te zijn.

Een tweede risico is het grote bloedverlies gezien de relatief lange duur van de operatie - 3 à 4 uur - en het grote wondgebied. Een van de factoren, die hierbij een rol spelen is de overvulling van het veneuze systeem van de wervelkolom als de patient tijdens de operatie niet perfect "neergelegd" is op de operatietafel (Relton en Hall, 1963). De werking van dit veneuze systeem blijkt ook een zeer speciale te zijn.

Alvorens nu de operatietechniek zelf te beschrijven leek het nuttig eerst nader in te gaan op enkele punten aangaande de anatomie van het wervelkanaal en de arteriële en veneuze bloedvoorziening van wervelkolom en ruggemerg. Conclusies getrokken uit deze anatomische gegevens hebben

mede geleid tot maatregelen, die thans bij de operatie genomen worden ter voorkoming van ruggemergletsels én ter voorkoming van groot bloedverlies.

7.2.2. *De arteriële bloedvoorziening van het ruggemerg*

Naar aanleiding van een viertal dwarslaesies die Domisse (1974) moest vaststellen na een zogenaamde "circumferential osteotomy of the spine" in het midthoracale gebied, heeft hij een zeer uitgebreid onderzoek opgezet naar de bloedvoorziening van het ruggemerg en de anatomische verhoudingen in het wervelkanaal.

Dit gebeurde zowel dierexperimenteel als door middel van onderzoek aan kadavers. Nog in 1939 schreven Suh en Alexander, dat het merendeel van de publicaties sinds 1900 handelend over de circulatie van het ruggemerg onjuist dan wel onvolledig was. Ofschoon Domisse natuurlijk van de bevindingen van andere onderzoekers gebruik heeft gemaakt bij de opzet van zijn studie, is hij een van de eersten, die een goed overzicht geeft over de gehele arteriële circulatie in en rond het wervelkanaal.

Domisse's bevindingen zijn (1974; 1975):

- 1) De bloedvoorziening van het ruggemerg hangt geheel af van het functioneren van 3 longitudinale kanalen, één ventraal in de mediale sulcus gelegen, de twee anderen posterolateraal. Deze posterolaterale kanalen communiceren eigenlijk alleen op het niveau van de conus medullaris en op het niveau hoog cervicaal met de ventrale arterie.

De bloedvoorziening van het ruggemerg kan wisselen naar gelang de behoefte.

- 2) De drie bronnen van waaruit deze "kanalen" worden gevoed zijn:
 - a. proximaal de spinale arteriën die ontspringen uit de arteria vertebralis.
 - b. distaal takken uit de sacrale arteriën, die direct uitmonden in de verbindingsring tussen de voorste en achterste longitudinale kanalen ter hoogte van de conus medullaris.
 - c. de zgn. "medullary feeders". Dit zijn kleine arterietakken die vanuit het arteriële net aan de binnenzijde van het wervelkanaal door de ruggemeryliezen treden en uitmonden in een van de longitudinale ruggemergkanalen. Gemiddeld worden er langs het hele ruggemergtraject aan de ventrale zijde 8 van deze voedende arteriën gevonden terwijl ongeveer 12 "medullary feeders" uitmonden in de posterolaterale kanalen. De grootste van deze voedende arteriën is de arteria van Adamkiewicz. Deze ligt overwegend links met een voorkeur voor de niveaus tussen T₉ en T₁₁.

Cervicaal en lumbaal zijn - vergeleken met het thoracale gebied - de "feeder" arteriën talrijker en groter. In het thoracale gedeelte tussen vooral

T₄ en T₉ zijn de “feeder” arteriën gering in aantal en grootte; de bloedvoorziening van het hier gelegen deel van het ruggemerg zal dus mede afhankelijk zijn van de bloedtoevoer komend uit meer craniaal en caudaal gelegen gebieden via de 3 genoemde kanalen. Vandaar waarschijnlijk dat men vroeger gesproken heeft van een soort “waterscheiding” in de medullaire circulatie ter hoogte van T₄-T₅. Verder is gebleken dat er weinig anastomosen bestaan tussen de capillaire bedden die zich in het ruggemerg zélf vormen vanuit de drie kanalen. Uitval van één van deze kanalen leidt tot ischaemie van het corresponderend verzorgingsgebied in het ruggemerg.

Dommissie kon verder aantonen dat de kleine arterietakjes die vanuit het ventrale arteriële kanaal binnendringen in het ruggemerg het dunst en het minst talrijk zijn in het thoracale deel van de wervelkolom.

7.2.3. De arteriële bloedvoorziening van de wervelkolom

Ter hoogte van ieder wervelsegment zijn twee arteriën aanwezig die ontspringen uit een van de grote arteriën, in het thoracale en lumbale gebied zelfs direct ontspringend vanuit de aorta. Ze geven veel takken af naar de oppervlakte van de wervelkolom en naar de wervellichamen. Deze vaten vormen daar zeer uitgebreide netwerken met veel anastomosen ook tussen links en rechts. Naar het foramen intervertebrale loopt de ramus spinalis, die zich in het foramen verdeelt in een groot aantal takken (Dommissie spreekt van een “distribution point”). Deze vertakkingen lopen langs de binnenwand van het wervelkanaal en in de epidurale ruimte en anastomoseru ruimschoots met elkaar.

Zo ontstaan twee met elkaar verbonden grote arteriële cirkels in het lengteverloop van de wervelkolom en wel één meer aan de buitenkant van de wervelkolom en één binnenin het wervelkanaal. Vanuit dit geweldige vaatbed treden slechts enkele “feeder”-arteriën door de dura mater naar de drie longitudinale arteriële kanalen van het ruggemerg zelf.

Onderbinding van een of meer segmentale arteriën zal weinig invloed hebben op de bloedvoorziening van het ruggemerg, omdat het enorme arteriële netwerk, van waaruit de “feeder” arteriën ontspringen, gevoed worden door alle segmentale arteriën. Wat wel tot iedere prijs voorkomen moet worden is beschadiging van een of meer “feeder” arteriën en a fortiori van een van de arteriële kanalen zelf.

7.2.4. De veneuze circulatie

In tegenstelling tot vroegere opvattingen heeft Dommissie (1975) kunnen aantonen, dat het veneuze systeem - direct samenhangend met het ruggemerg - niet veel uitgebreider is dan het arteriële systeem. Voor de venen die uittreden uit het ruggemerg werkt de dura mater op de uittredeplaats

- althans fysiologisch gezien - als een klep welke terugvloed van het bloed voorkomt. Deze uittredende medullaire venen monden uit in de plexus van Batson. Dit is een enorme veneuze plexus reikend van het occiput tot sacrum en omvattend:

- a) een extradurale plexus
- b) de veneuze plexus van het wervelskelet
- c) een extravertebrale veneuze plexus.

De plexus van Batson staat in directe verbinding met het cava inferior en het cava superior systeem. De venen van de plexus van Batson bezitten géén kleppen. Niét gevuld zijn deze venen nauwelijks te herkennen; ze zijn zeer fragiel en gemakkelijk te beschadigen. Herlihy (1947) heeft een goede verklaring gegeven van de functies van deze enorme veneuze plexus.

Samenvattend zegt hij het volgende:

- a) de plexus van Batson is een opslagplaats voor bloed
- b) de plexus vangt terugvloed of overvloed van aangrenzende venen op!
- c) er heeft een ré-distributie van het toevloeiende bloed plaats
- d) ongelijke druk in de aangrenzende venen wordt op deze wijze snel geëgaliseerd
- e) het systeem zelf heeft "geen druk", maar absorbeert meer de te hoge druk uit de omgeving ("pressure-absorber")
- f) in het systeem is géén vaste stroomrichting. Dit maakt snelle aanpassing aan een plotse instroom van bloed mogelijk

Over het vermogen instromend bloed te absorberen schrijft hij letterlijk: "It reminds us of the invaders of China, who are absorbed until they themselves become Chinese". En even verder: "in and out of this plexus blood runs, not unlike the earliest conceptions of "ebb and flow"...".

Onder omstandigheden van verhoogde intra-abdominale druk draineert een groot deel van het veneuze bloed uit de onderste extremiteiten en het bekken op de plexus van Batson. Dit doet zich voor onder andere bij operaties in buikligging, tenzij daarbij de positie van de patient zo wordt gekozen, dat de buik helemaal "vrij" ligt.

Om deze redenen leggen sommigen bij het verrichten van een rugoperatie hun patient in zijligging (o.a. in de grote kliniek van Scaglietti in Florence).

7.2.5. De diameter van het wervelkanaal

In het gebied tussen T_4 en T_9 is de diameter van het wervelkanaal het kleinst (Dommissie, 1974; Louis, 1982).

Louis (1982) heeft verder een studie gemaakt naar, zoals hij het noemt, de dynamiek van het ruggemerg tezamen met de uittredende wortels en de omhullende vliezen.

Zoals bekend neemt de lengte van het wervelkanaal niet onaanzienlijk toe bij flexie. Deze veranderingen in lengte zijn natuurlijk het sterkst in het cervicale en in het lumbale gebied. Het bleek Louis, dat het ruggemerg zich niet alleen aan deze veranderingen aanpast door zich te strekken of zich op te vouwen, maar evenzeer door te schuiven en te glijden langs de wand van het wervelkanaal naar de meest mobiele segmenten - met name C₆ en C₇ - toe. De lengteveranderingen die bij flexie en extensie optreden zijn gering in het gedeelte tussen T₁ en T₁₀ (ongeveer 1 mm. per bewegingssegment).

Louis stelde vast, dat het ruggemerg ook weinig mogelijkheden toont tot schuiven en glijden in dit gebied met name ter hoogte van T₆ en T₇ (de top van de thoracale kyfose).

- In het thoracale deel tussen T₄ en T₉ is niet alleen de diameter van het wervelkanaal het geringst, maar hebben ruggemerg en omhullende vliezen ook de minste mogelijkheid om zich door glijden en schuiven aan te passen aan lengteveranderingen van het wervelkanaal.

Tenslotte is de vascularisatie van het ruggemerg via de "feeder" arteriën in dit gebied spaarzaam.

7.2.6. Ischaemie van het ruggemerg door distractie

Door pre-operatieve tractie zijn de contracturen van de weke delen grotendeels overwonnen en is de scoliose al ten dele gecorrigeerd. Tijdens de operatie zal over het algemeen getracht worden de benige belemmeringen voor verdere correctie van de scoliose op te heffen. Bij de Harrington-spondylodese zal dit voornamelijk bestaan uit het opheffen van de contactvlakken tussen de laminae in de zin van ruime verwijdering van intergewrichten (het ligamentum flavum worden normaliter intact gelaten).

Bij een spondylodese van een thoracale scoliose - minstens altijd reikend tot T₄/T₅ - ontstaat zo de situatie, dat het thoracale deel van de wervelkolom - gelegen in het spondylodesetraject - nu onder tractie zeker vele millimeters extra verlengd kan worden. Bij toepassen van abrupte en zeer snel opgevoerde verlenging via de Harringtondistractiestaaf ontstaat een situatie, waaraan het ruggemerg zich mogelijk onvoldoende snel kan aanpassen.

Zoals gezien heeft het ruggemerg plus zijn omhullende vliezen juist midthoracaal weinig mogelijkheid zich d.m.v. glijden en schuiven aan te passen aan lengteveranderingen. De "feeder" arteriën, overstekend van de binnenwand van het wervelkanaal naar het ruggemerg, raken uitgerekt.

Deze rek zal spoedig leiden tot spasme van het vat. Dit hoeft maar bij enkele vaten te gebeuren en de circulatie van het ruggemerg thoracal is geheel afhankelijk geworden van de bloedtoevoer vanuit cervicaal en lumbaal via de arteriële longitudinale kanalen.

Deze toevoer is bij lage arteriële bloeddruk waarschijnlijk ook marginaal.

De correctie van scoliose tijdens de operatie door distractie moet derhalve geleidelijk gebeuren en niet te sterk. Dit laatste heeft trouwens toch weinig effect op de correctie (zie 6.4.2.).

Verder moet ervoor gewaakt worden, dat de reeds kleine diameter van het wervelkanaal ter plaatse niet nog verder verminderd wordt door het aanbrengen van één of meer instrumentatie-haken binnen het wervelkanaal.

7.3. Preventieve maatregelen

7.3.1. Voorkomen van bloedverlies

Bij een zo uitgebreide wervelkolomoperatie als een Harringtonspondylo-dese zijn de twee belangrijkste factoren die het bloedverlies kunnen beperken:

- a) een perfecte ligging van de patient, zodanig dat er absoluut geen druk op de buik wordt uitgeoefend. Het veneuze bloed uit bekken en benen kan afvloeien via het cavale systeem en wordt niet gedwongen de omweg via de plexus van Batson te nemen.

Gebeurt dit niet, dan treedt stuwning op in de plexus van Batson. Dit geeft weer aanleiding tot een voortdurend en eigenlijk niet te stelpen bloeding in het operatiegebied. Het overzicht, zo nodig bij de operatie, gaat verloren met alle gevolgen vanden. (Zie ook bijlage II).

Om een goede ligging te verkrijgen zijn vele operatieframes ontworpen. In de scoliose-chirurgie is het frame, ontworpen door Relton en Hall (1963), het meest in zwang. Het bestaat uit vier t.o.v. elkaar verschuifbare steunen, waarvan twee steun geven aan de bekkenkammen en twee aan de thorax.

- b) een "anatomische operatietechniek".

Het is van groot belang, dat de processus spinosi benaderd worden via de smalle anatomische mediaanlijn, de zogenaamde linea alba. Door verandering van de anatomische verhoudingen bij scoliose ligt deze linea alba niet meer precies in het midden van de rug. De laminae moeten vervolgens voorzichtig subperiostaal ontdaan worden van de bedekkende weke delen. Deze moeten uiteindelijk zoveel mogelijk als een geheel terzijde geschoven worden.

- c) Als verder hulpmiddel bij de bestrijding van het bloedverlies wordt wel gebruik gemaakt van infiltratie van de weke delen met een adrenaline-oplossing.

De adrenaline moet zo min mogelijk direct in de bloedbaan komen, dit ter vermindering van een tachycardie.

- d) Een veel belangrijker hulpmiddel kan worden aangereikt door de anaesthesist en wel door een anaesthesie te geven met gecontroleerde

hypotensie. Het meest gebruikte middel om hypotensie te bewerkstelligen bij scoliose-operaties is nitroprusside.

Onder meer Malcolm-Smith en Mc Master (1983) berichtten hierover. Zij opereerden twee volkomen vergelijkbare groepen van 21 resp. 23 patienten met een idiopathische scoliose. Het operatie- en anaesthesie-protocol was in beide groepen identiek, behalve dat in de tweede groep geopereerd werd onder hypotensie. Het bloedverlies zowel tijdens als na de operatie was in de tweede groep significant lager.

Hun uitkomsten luiden:

totaal bloedverlies groep I 2544ml ± 1260ml
 " " groep II 1058ml ± 339ml

Het spondylodesetraject was gemiddeld 10,8 resp. 10,1 wervels. Het enige gevaar waar terdege op gelet moet worden is, dat ten tijde van de distractie – ongunstig voor de bloedvoorziening van het ruggemerg – de bloeddruk niet te laag mag zijn of nog beter eerst genormaliseerd wordt.

7.3.2. *Bewaking van de functie van het ruggemerg*

a) de "wake-up" test volgens Stagnara.

Bij een zorgvuldige operatietechniek mag een direct letsel van het ruggemerg eigenlijk niet voorkomen. Maar dat distractie van de verkromming ongunstig is voor de bloedvoorziening van het ruggemerg moge inmiddels duidelijk zijn. Dwarslaesies waren en behoren tot de meest gevreesde complicaties in de spinale chirurgie.

In 1973 introduceerden Vauzelle en Stagnara (1973) een methode om tijdens de operatie de functie van het ruggemerg te controleren.

Een methode die sindsdien snel naam heeft gemaakt en nu bekend is als de "wake-up" test. De methode berust erop, dat op een gewenst moment tijdens de operatie de anaesthesie zo wordt geregeld, dat de patient wakker gemaakt kan worden, terwijl de medicamenteuze pijnonderdrukking gehandhaafd blijft. De bedoeling is, dat in deze situatie de patient, op verzoek van de anaesthesist, eerst zijn handen beweegt. Indien dit geschiedt, is dit een teken dat de patient de commando's van de anaesthesist waarneemt. Daarna verzoekt de anaesthesist de patient zijn voeten te bewegen.

Bij intacte functie van de voetspieren mag aangenomen worden dat de ruggemergsfunctie – althans zeker het motorische deel ervan – intact is.

b) "Spinal-cord-monitoring"

Van electrofysiologische zijde zijn methoden ontwikkeld om te komen tot een continue registratie van de ruggemergsfunctie. Deze registratie berust op het feit, dat elektrische prikkels, distaal van het ope-

ratiegebied worden toegediend via grote perifere zenuwstammen of via het ruggemerg zelf. Hiermee worden zogenaamde SEP's ("Somato-Evoked-Potentials") opgewekt, die proximaal van het operatiegebied geregistreerd kunnen worden, hetzij epiduraal, hetzij via de schedel.

De discussie is nog gaande welke registratieplaats en registratiemethode de minste stoorsignalen geeft. Het lijkt, dat de epidurale SEP's in deze het meest betrouwbaar zijn (Jones et al., 1983).

Het grote voordeel van de "Spinal-cord-monitoring" is, dat een stoornis in de functie van het ruggemerg direct wordt geregistreerd en zo direct de oorzaak van deze stoornis kan worden opgezocht c.q. ongedaan gemaakt kan worden. De tijd, waarbinnen nog kans op herstel van een functiestoornis van het ruggemerg ten gevolge van ischaemie mogelijk is, blijkt zeer beperkt (MacEwen et al., 1975).

Momenteel is het grootste probleem bij de "Spinal-cord-monitoring" de interpretatie van de signalen en het scheiden van specifieke en aspecifieke (storende) signalen. Verwacht mag worden, dat deze technische problemen spoedig opgelost zullen zijn.

7.4. Operatie-techniek

Nadat de patient in narcose is gebracht zorgt de anaesthesist er eerst voor dat hij gedurende de gehele operatie geïnformeerd blijft over o.m. de circulatie van patient. Hij brengt hiertoe "lijnen" in waarmee o.m. continue de arteriële druk en de centrale veneuze druk geregistreerd kunnen worden. D.m.v. een blaascathether kan hij de urineproductie tijdens de operatie registreren. De patient wordt nu in buikligging op het frame van Relton en Hall (1963) gelegd. Bij het instellen van het frame wordt erop gelet, dat er geen druk op de buik komt; ook mogen de pelottes niet drukken op de vaatzenuwstrengen in de oksels en de liezen. Het hoofd wordt gesteund op een speciaal kussen, of, indien een Halo aan de schedel bevestigd is, via deze Haloring opgehangen aan een boog, geplaatst boven het hoofdeinde van de operatietafel. Het is van voordeel om de operatietafel in een lichte Trendelenburg-positie te brengen. De operateur dient zich persoonlijk van een perfecte ligging van de patient te vergewissen.

Daarna volgt markering van één der processus spinosi in het gekozen operatietraject d.m.v. inspuiten van methyleenblauw in deze processus spinosus, waarna de ligging van de naald wordt vastgelegd met behulp van een röntgenfoto.

Ter voorkoming van onnodig bloedverlies wordt het operatiegebied geïnfiltrerd met een oplossing van adrenaline in fysiologisch zout (verdunding van 1:200.000).

De huidincisie verloopt recht; daarna zijn, via de anatomische mediaanlijn - linea alba -, vrijwel zonder bloedverlies de toppen van de processus spinosi te bereiken.

Vanaf dit punt kan gemakkelijk een raspatorium ingebracht worden onder het periost. Dit kan nu samen met de eraan vasthechtende rugmusculatuur op deze wijze afgeschoven worden van laminae en processus transversari naar lateraal.

Vlakbij de basis van de processus transversari treden de rami posteriores van de arteriae intercostales resp. lumbales in de lange rugspieren. Deze arteriën kunnen bij voorzichtig werken gespaard blijven. Vervolgens worden de processus spinosi aan hun basis doorgeknipt, waarna gemakkelijk de nog tussen de laminae aanwezige weke delen verwijderd kunnen worden.

Daarna worden de plaatsen geprepareerd alwaar de haken van de distractiestaf c.q. de haken van de compressiestaf geplaatst zullen worden (tevorens gekozen plaatsen). De proximale distractiehaak moet *in* het intergewricht geplaatst worden; daarbij is het verstandig de meest distale uitbocht van de processus articularis inferior horizontaal af te beitelen: het intergewricht is op deze wijze goed toegankelijk voor de haak. Na plaatsing van de haak wordt de stabiliteit en stevigheid van zijn positionering getest. De distale haak van het distractiesysteem wordt rond de lamina van de gekozen wervel geplaatst na excisie van het ligamentum flavum.

De haken van de compressiestaf (meestal een onderdeel van de dwarstractie) worden aan de convexe zijde in het traject van de apex van de scoliose ingebracht rond de basis van de uitgekozen processus transversari. Met de "outrigger" worden de twee distractiehaaken uiteengedraaid tot bij het uitdraaien een duidelijke weerstand wordt gevoeld. Gebruik van extra op de distractiehaaken te plaatsen klemmen maakt het mogelijk om op een later moment de distractiestaf in zijn haken te plaatsen terwijl de outrigger nog *in situ* is.

Hierna wordt de wond volgeplakt met gazen en afgedekt. Via een tweede incisie schuin verlopend over de crista posterior wordt het buitenblad van de achterste bekkenkam subperiostaal vrijgelegd.

Hierbij moet erop gelet worden, dat men bij het afschuiven van het periost niet doorgaat tot dat het foramen ischiadicum bereikt wordt, omdat via dit foramen de arteria glutea superior naar proximaal uitreedt.

Bij beschadiging van deze arterie kunnen bloedingen optreden die vrijwel niet te stelpen zijn vanuit de gemaakte incisie. In die gevallen moet men bereid zijn de arteria glutea superior op te zoeken en te onderbinden via een (spoed)laparotomie.

Van de verdikte achterzijde van het ileum wordt de buitenste cortex in strippen verwijderd. Daarna kan meestal met holle beitels de spongiosa

gelegen tussen het buiten- en binnenblad van de bekkenkam zonder moeite verwijderd worden. De binnenste cortex blijft intact; zo wordt de kans op een inwendige hernia voorkomen.

De botwondvlakte wordt afgedekt met spongostan (botwas uitgesmeerd over zo'n groot oppervlak wordt naar onze ervaring slecht verdragen en vaak afgestoten) en na achterlaten van een vacuümdrain wordt de wond gesloten. Indien de hoeveelheid verkregen bot onvoldoende is, volgt dezelfde procedure aan de andere zijde. Op deze wijze hebben we steeds ruim voldoende autogeen bot verkregen ook bij fusies van lange trajecten.

Het verkregen bot wordt bewaard in bloeddoodrenkte gazen en vlak voor plaatsing langs het spondylodesetraject fijngeknipt in kleine snippers.

Het te verstijven traject wordt opnieuw vrijgelegd en alle intergewrichten worden ruim geopend en van kraakbeen ontdaan. Door de reeds aanwezige tractie d.m.v. de outrigger zijn de intergewrichten meestal gemakkelijk te vinden. Alleen bij een sterk geroteerde wervelkolom liggen de intergewrichten aan de concave zijde vooral ter hoogte van de apex nogal diep en bedekt door een dikke processus articularis inferior. De positie van deze geroteerde intergewrichten is sterk veranderd en in tegenstelling tot de normale ligging in het vrijwel frontale vlak liggen ze nu min of meer in een sagittaal vlak.

Met holle beitels worden vervolgens alle laminae geaviveerd, behalve die, waar de haken afsteunen.

De Harringtondistractiestaaf wordt in de haken geplaatst en op spanning gebracht. De outrigger wordt verwijderd. Zo snel als de staaf enige kromming vertoont, moet niet verder gedistraheerd worden. Bij een kyfotisch verloop van het te verstijven traject moet de staaf tevoren iets worden bijgebogen. Om draaien van de stang, juist in deze gevallen, te voorkomen heeft Moe (1978) geadviseerd om hierbij distractiestaven te gebruiken, waarvan het uiteinde vierkant is en weer past in een distale haak met een vierkante opening.

Indien het traject, dat verstijfd moet worden, doorloopt tot T_1 zijn wij gewoon de staaf ondersteboven te zetten om te voorkomen dat het proximale uiteinde van de staaf (dat altijd uitsteekt buiten proximaal van de haak) niet aanstoot tegen de laminae van de beweeglijke halswervelkolom. De kans bestaat immers, dat de patient - als hij weer op zijn rug ligt, wakker is en zijn hoofd naar achteren buigt - dit staafuiteinde aandrukt tegen één van de laminae cervicaal of tegen het ligamentum flavum aldaar met kans op beschadiging van het ruggemerg.

De dwarsverbinding van het distractiesysteem wordt aangebracht tussen de distractiestaaf en het convex op de apex geplaatste compressiestaaftje. Deze dwarsverbinding wordt ook op spanning gebracht.

De operatie wordt nu onderbroken om de "wake-up" test te verrichten (Vauzelle et al., 1973). Om te controleren of de patient de instructies van de anaesthesist goed begrijpt, wordt hem eerst gevraagd zijn handen te bewegen. Vervolgens, indien dit positief is, zijn voeten. Indien de test positief verloopt, wordt de distractiestAAF tegen terugzakken gezekeerd d.m.v. één of twee C-vormige ring(en) die net distaal van de proximale haak rond de stAAF worden geklemd.

De ruimten, ontstaan door het uithakken van het kraakbeen van de intergewrichten, wordt geheel opgevuld met spongieus bot ("facetfusion" volgens Moe).

Het resterende cristabot wordt fijngesnipperd en langs het gehele operatietraject gelegd en aangedrukt. Meestal blijkt er een overvloedige hoeveelheid bot aanwezig te zijn op deze wijze. Het aangebrachte bot mag vooral niet te ver concaaf komen te liggen om fusie tussen aldaar lopende ribben te voorkomen.

Sluiting van de wond volgt. Er worden vacuümdrains achtergelaten. Deze worden echter pas geopend enkele uren na de operatie. Dit ter voorkoming van onnodige bloeding "ex vacuo". De huid wordt intracutaan gesloten.

Na de operatie wordt de patient geplaatst op een "spinal" bed. Alvorens hem over te plaatsen naar de Intensive Care Unit wordt nog eens de functie van zijn onderste extremiteiten getest.

7.5. Postoperatief beleid

D

De patient verblijft zeker 24 uur op de I.C.U. In deze periode wordt behalve de circulatie en de respiratie ook ieder uur de functie van de onderste extremiteiten gecontroleerd.

De voor de operatie ingebrachte maagsonde blijft in totdat de darmperistaltiek weer op gang is gekomen. Steeds wordt postoperatief een thoraxfoto gemaakt ter uitsluiting van een pneumo- of haematothorax.

Via het laboratorium geschiedt controle van Hb en Ht, bloedgaswaarden en electrolyten. Er wordt direct begonnen met ademtherapie. De urine-catheter, ook pre-operatief aangebracht (controle urineproductie *tijdens* de operatie op deze wijze mogelijk), wordt 24 uur postoperatief verwijderd. verwijderd.

De patient blijft in bed tot aan de wondgenezing. Daarna wordt op de Rissertafel een rompgips aangelegd. Hierna wordt patient gemobiliseerd.

Vanaf het begin van de operatie krijgt patient gedurende drie dagen profylactisch antibiotica 4 dd a gram floxapen en Rheomacrodex 500 ml. dd.

Eigen onderzoek

De operatieve behandeling: resultaten en complicaties

8.1. Inleiding

Vanaf 1967 is de Harrington-methode, te beginnen in de orthopaedische afdeling van het Radboud ziekenhuis te Nijmegen, door ons toegepast. Over de eerste resultaten zijn reeds mededelingen gedaan (Veraart, 1969; 1971). Daarna is deze methode van behandeling voortgezet in het Sint Elisabeth Gasthuis te Arnhem en het Onze Lieve Vrouwe Gasthuis te Amsterdam.

Het lag in de bedoeling een onderzoek te doen naar de resultaten van de operatieve behandeling van de idiopathische scoliose bij het opgroeiende kind d.m.v. de zogenaamde "Harrington spondylodese". Voorwaarden om tot het onderzoek te worden toegelaten waren, dat de behandeling ten einde moest zijn en de patient volgroeid. Van 96 patienten, die aan deze criteria voldeden waren voldoende gegevens aanwezig (Nijmegen 16; Arnhem 25; Amsterdam 55). Bij genoemde 96 patienten had de operatieve behandeling plaats volgens een vast protocol; hiervan zijn de essentiële punten:

- 1) Tractieperiode pre-operatief van gemiddeld 2 weken (schedel-tibia-tractie).
- 2) Aansluitend dorsale spondylodese volgens Hibbs en Moe met Harrington distractie instrumentatie.
- 3) Toevoeging van ruime hoeveelheden autogeen cristabot.
(N.B.: in de eerste 5 gevallen werd tevens homogeen bot getransplanteerd; in die gevallen is antibioticaprofylaxe gegeven).
- 4) Postoperatieve gipsimmobilisatie gedurende één jaar.
De eerste 4 maanden van deze periode moest de patient bedrust houden.

In 1971 introduceerden Connock en Armstrong een zogenaamd "transverse loading system" oftewel dwarstractie, welke zij toevoegden aan het - verstevigde - distractiesysteem volgens Harrington. Cotrel (1973; 1978) en Armstrong en Connock (1975) meldden dat naar hun ervaring het additionele gebruik van dwarstractie een grotere peroperatieve correctie van de scoliose mogelijk maakt.

Laboratoriumtesten met behulp van een scoliosesimulator toonden aan

dat de gemodificeerde instrumentatie 2,5 maal steviger (stabiel) was tijdens axiale belasting dan het conventionele Harrington distractiesysteem (Armstrong en Connock, 1975).

Zij mobiliseerden hun aldus behandelde patienten kort na de operatie en behielden desondanks een goede correctie.

Deze mededelingen waren mede de aanleiding om het gehele behandelingsprotocol kritisch door te nemen, daarbij gebruik makend van de tot dan toe opgedane ervaringen. Dit leidde tot een herzien protocol, dat in 1975 is ingevoerd. De veranderingen in het protocol aangebracht zijn:

1. Bij de instrumentatie naast tractie ook toepassing van dwarstractie.
2. Systematische antibiotica prophylaxe (gedurende 3 dagen 4 dd 1 gram floxapen, te beginnen vlak voor de operatie).
3. Systematische trombose prophylaxe (dag van operatie en de 2 volgende dagen 500ml rheomacrodex daags; vanaf de 2e dag postoperatief coumarinederivaten m.n. sintromitis).

Voortzetten hiervan tot op het moment, dat patient volledig gemobiliseerd is.

4. Vroege mobilisatie van de patient – direct aansluitend aan de wondgenezing.
5. Reductie van de postoperatieve gipsimmobilisatie periode tot 10 maanden.

Gezien vanuit het standpunt van operatietechniek en nabehandeling kunnen zo 2 groepen worden onderscheiden: Groep I: periode 1967 - 1975; Groep II: periode 1975 - 1981.

N.B. Na 1975 hebben zich nog 3 gevallen voorgedaan waarin het niet mogelijk – en één keer zelfs ongunstig – was, om een dwarstractie aan de distractie toe te voegen. Alhoewel mogelijk arbitrair zijn deze 3 gevallen toegevoegd aan Groep I.

De patienten behorend tot Groep I hebben de nummers 1 t/m 47; 49; 51; 79; 80; 89: totaal 52.

Tot groep II behoren de patienten met de nummers 48; 50; 52 t/m 78; 81 t/m 88; 90 t/m 96: totaal 44.

8.2. Nadere omschrijving

Het verrichte onderzoek valt uiteen in de volgende delen:

- 1) De operatie resultaten van de Harrington spondylodese op langere termijn voor wat betreft de blijvende correctie van de scoliose zowel klinisch als röntgenologisch. Klinisch met name betreffende de verande-

ringen in de desequilibratie van de romp en de hoogte van de gibbus. Röntgenologisch door uitmeten en vergelijken van de verkromming voor en na de operatie en daarna totdat het skelet is uitgegroeid. Op de complicaties tengevolge van de operatieve behandeling wordt gedetailleerd ingegaan. Voor zover mogelijk worden de resultaten uit beide groepen steeds met elkaar vergeleken. Dit onderzoek betreft in totaal 96 patienten.

- 2) Meer oriënterend is nagegaan hoe de algemene toestand van de patient is op het moment, dat aangenomen mag worden dat de geopereerde scoliose niet meer verandert. Daarbij is enerzijds gelet op het functioneren van de patient in de maatschappij en op zijn fysieke mogelijkheden voor zover tot uitdrukking komend in vorm en mate van sportbeoefening; anderzijds op het optreden van klachten met name rugklachten en cardio-respiratoire klachten (hoofdstuk 9).
- 3) Een onderzoek d.m.v. spirometrie naar de longfunctie bij patienten met een thoracale scoliose én naar eventuele veranderingen in die longfunctie tengevolge van de verrichte Harrington spondylodese. Bij dit onderzoek zijn 46 patienten betrokken (hoofdstuk 10).

8.3. Patientengegevens

Geslachtsverdeling

De geslachtsverdeling is als volgt:

	vrouw	man	vrouw : man
Totale bestand	72	24	3 : 1
Groep I	35	17	2 : 1
Groep II	37	7	5 : 1

N.B.: De geslachtsverdeling in Groep II komt redelijk overeen met de waarnemingen bij de schoolscreenings-onderzoeken voor wat betreft de progressieve scoliosen. Voor de daarvan sterk afwijkende verhouding in de eerste groep kan geen verklaring gegeven worden.

Tijdstip van ontstaan

De verdeling naar tijdstip van ontstaan is in ons materiaal als volgt:

	infantiele scoliose	juvenile scoliose	adolescente scoliose
Groep I	3	33	16
Groep II	0	24	20
Totaal	3	57	36

Type van verkromming

Bij de verwerking van het materiaal zijn de dubbelstructurele scoliosen, te weten de dubbel thoracale en de dubbel thoracaal-lumbale scoliosen steeds geteld als twee bochten.

Dit geeft de volgende verdeling:

<i>Groep I</i>		
aantal patienten		aantal bochten
40	thoracaal	40
1	dubbel thoracaal	2
8	thoracolumbaal	8
3	thoracaal-lumbaal	6
52	totaal	<u>56</u>
<i>Groep II</i>		
aantal patienten		aantal bochten
32	thoracaal	32
3	dubbel thoracaal	6
4	thoracolumbaal	4
5	thoracaal-lumbaal	10
44	totaal	<u>52</u>

N.B.: Er heeft zich nooit een indicatie tot operatie voorgedaan vanwege een niet te beheersen progressie van een zuiver lumbale scoliose.

Gemiddelde leeftijd bij de operatie:

Groep I : 15,1 jaar

Groep II : 14,8 jaar

Aantal wervels gemiddeld gefuseerd per operatie:

Groep I : 10,4 wervels

Groep II : 10,3 wervels

Op één uitzondering na werden alle operaties in één tempo verricht.

Bijkomende afwijkingen

Bij herhaling wordt erop gewezen dat met name congenitale hartgebreken alsook laag lumbale spondylolysis/spondylolisthesis meer dan normaal voorkomen bij patienten met een idiopathische scoliose.

- Congenitale hartgebreken:

Reckles et al., (1975) vonden in het patientenmateriaal van de Mayo-clinics dat een congenitaal hartgebrek bij 5% van de adolescente scoliose

patienten met een bocht van meer dan 20° voorkwam, 10X zoveel als verwacht mocht worden. Daarbij was de geslachtsverhouding 1 : 1. In het eigen patientenmateriaal bleek dat 5 patienten een congenitaal hartgebrek hadden; hiervan 3 jongens en 2 meisjes. Dit komt vrijwel overeen met de opgave van Reckles.

- Spondylolysis en spondylolisthesis:

Onder meer Moe (1969) wijst op het frequent voorkomen van deze afwijkingen bij idiopathische scoliose. Hij geeft geen exacte cijfers. In ons materiaal werd 1X een spondylolysis en 2X een spondylolisthesis vastgesteld. De prevalentie van deze afwijking, vastgesteld bij grote bevolkingsonderzoeken, varieert tussen de 2% en 5% (Wiltse, 1977).

Voor zover het de eigen (kleine) groep patienten betreft kan alleen gezegd worden, dat daar een spondylolysis en spondylolisthesis niet vaker voorkwamen dan verwacht mocht worden; dit in tegenstelling tot de waarneming van Moe.

8.4. De operatie resultaten

8.4.1. Rompdeviatie

De rompdeviatie is steeds bepaald bij de staande patient nadat een eventuele bekkenscheefstand tengevolge van een beenlengteverschil was gecorrigeerd. De bepaling geschiedde door de dwarse afstand te meten tussen een loodlijn neergelaten vanuit de processus spinosus C₇ en het bovineinde van de bilnaad.

Gemiddelde waarden in cm:

	rompdeviatie vóór operatie	rompdeviatie ná operatie bij uitgegroeid skelet
Groep I	1,9	0,2
Groep II	1,6	0,2

8.4.2. Gibbushoogte

Voor het vaststellen van de gibbushoogte, die gezien wordt als een maat voor de torsie van een scoliose, geldt in nog sterkere mate dan bij het vaststellen van de rompdeviatie, dat deze meting - zoals door ons uitgevoerd - alleen maar indicatief kan zijn. De metingen geschieden door bij de voorovergebogen patient het hoogteverschil tussen de linker en rechter rugzijde op punten, genomen op gelijke afstand van de mediaanlijn, te meten. Daarbij is het hoogste punt van de gibbus steeds genomen als uitgangspunt.

Gemiddelde waarden in cm:

	gibbushoogte vóór operatie	gibbushoogte ná operatie bij uitgegroeid skelet
Groep I	4,7	3,8
Groep II	4,3	2,9

8.4.3. De correctie van de scoliosehoek

De voor operatie uitgekozen verkromming(en) is(zijn) bij iedere patient gemeten volgens de methode van Cobb aan de hand van een voorachterwaarts vervaardigde röntgenopname van de wervelkolom en wel op 5 tijdstippen:

- a) direct pre-operatief
- b) 2 weken post-operatief
- c) 1 jaar postoperatief
- d) 2 jaar postoperatief
- e) na uitgroei van het skelet

De opname 2 weken postoperatief (b) is gemaakt met patient in liggende positie; alle overige opnamen met patient in staande positie.

Per patient is/zijn op ieder van deze foto's precies hetzelfde traject c.q. dezelfde trajecten uitgemeten. Per verkromming worden zo vijf waarden verkregen. Deze waarden zijn per groep per tijdstip samengevoegd en gemiddeld. Naast het totaalgemiddelde per groep zijn binnen iedere groep de thoracale, de thoracolumbale en de thoracaal-lumbale scoliosen uitgesplitst (sub-groepen). Voor ieder van deze subgroepen zijn dezelfde berekeningen gedaan. Al deze gegevens zijn samengevat in tabel 8.1: "verloop van de verkromming". In tabel 8.2. is de maximaal behaalde correctie en de uiteindelijk behouden correctie (na uitgroei van het skelet) voor beide groepen en de subgroepen uitgerekend. Deze correcties zijn uitgedrukt in graden, alsook in procenten van de uitgangswaarde.

In tabel 8.3 is af te lezen hoeveel van de bereikte correctie verloren gaat in de periode tussen de operatie en het bereiken van de consolidatie (ongeveer 1 jaar na operatie). Deze waarden geven een indruk over de stevigheid van de gezamenlijke inwendige (Harrington instrumentarium) en uitwendige (gipskorset) fixatie. Daarbij moet rekening gehouden worden met het feit, dat in deze periode, waarin de spondylodesemassa vervormbaar gedacht moet worden, de wervelkolom en met name de wervellichamen gewoon doorgroeien.

Dat dit, naast de neiging van de verkromming om in zijn uitgangswaarde terug te zakken, een extra belastende factor is werd reeds besproken.

Verder is nagegaan of in de periode tussen het bereiken van de consolidatie en het uitgegroeid zijn van het skelet nog verder verlies van de cor-

Tabel 8.1 Verloop van de verkromming – uitgedrukt in graden

	aantal patienten	aantal bochten	uitgangs waarde	post operatief	1 jaar	2 jaar	volgroeid skelet
Groep I							
Totaal	52	56	74,8°	42,1°	48,8°	50,2°	51,6°
Thoracaal	41	42	74,5°	41,5°	47,7°	49,1°	50,4°
Thoracolumbaal	8	8	86,2°	48,0°	56,1°	58,6°	59,6°
thoracaal-lumbaal	3	6	61,0°	38,1°	46,3°	47,1°	49,6°
Groep II							
Totaal	44	52	58,3°	27,3°	32,9°	33,8°	34,8°
Thoracaal	35	38	57,5°	27,8°	31,6°	32,7°	33,2°
Thoracolumbaal	4	4	66,5°	24,8°	33,0°	34,5°	37,2°
thoracaal-lumbaal	5	10	59,0°	27,1°	37,5°	37,7°	39,8°

Tabel 8.2 Maximale en uiteindelijke correctie – uitgedrukt in graden, alsook in percenten van de uitgangswaarde

	aantal patienten	aantal bochten	uitgangs waarde	maximale correctie	uiteindelijke correctie
Groep I					
Totaal	52	56	74,8°	32,7° = 43,8%	23,2° = 32,0%
Thoracaal	41	42	74,5°	33,0° = 44,3%	24,1° = 32,3%
Thoracolumbaal	8	8	86,2°	38,2° = 44,3%	26,2° = 30,8%
Thoracaal-lumbaal	3	6	61,0°	22,9° = 37,5%	11,4° = 18,7%
Groep II					
Totaal	44	52	58,3°	31,0° = 53,2%	23,5° = 40,3%
Thoracaal	35	38	57,5°	29,7° = 51,7%	24,3° = 42,3%
Thoracolumbaal	4	4	66,5°	41,7° = 62,7%	29,3° = 44,1%
thoracaal-lumbaal	5	10	59,0°	31,9° = 54,0%	19,2° = 32,5%

Tabel 8.3 Correctieverlies - uitgedrukt in graden

	aantal patienten	aantal bochten	uitgangs waarde	1 jaar postoperatief	verlies in periode tussen bereiken consolidatie en uitgroei skelet	uiteindelijk verlies
Groep I						
Totaal	52	56	74,8°	6,7°	2,8°	9,5°
Thoracaal	41	42	74,5°	6,2°	2,7°	8,9°
Thoracolumbaal	8	8	86,2°	8,1°	3,5°	11,6°
thoracaal-lumbaal	3	6	61,0°	8,2°	3,3°	11,5°
Groep II						
Totaal	44	52	58,3°	5,6°	1,9°	7,5°
Thoracaal	35	38	57,5°	3,8°	1,6°	5,4°
Thoracolumbaal	4	4	66,5°	8,2°	4,2°	12,4°
thoracaal-lumbaal	5	10	59,0°	10,4°	2,3°	12,7°

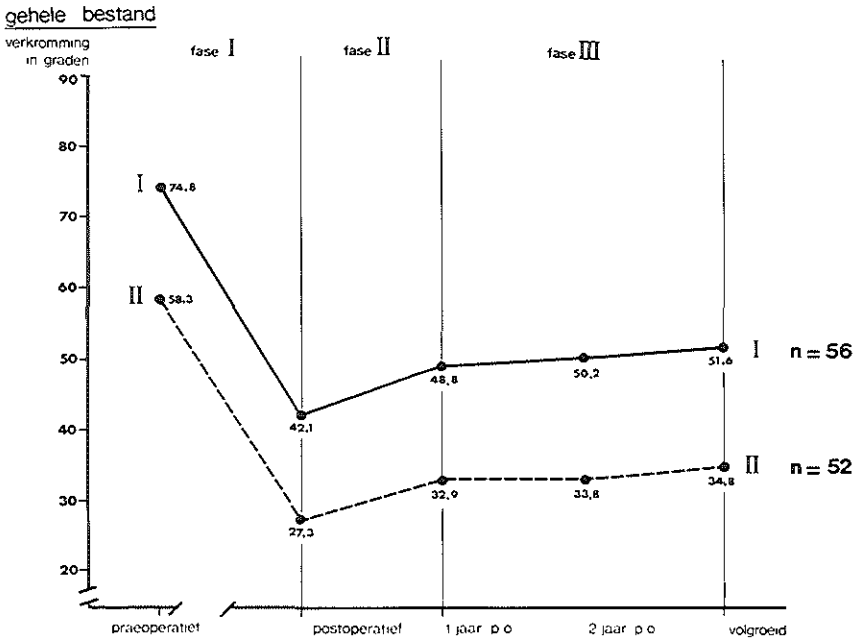


Fig. 8.1. Gemiddeld verloop van *alle* verkrommingen waarbij een Harrington spondylodese is verricht.

De verkrommingen zijn - naar instrumentatietechniek - ingedeeld in twee groepen:

groep I : distractie (n=56)

groep II : distractie + dwarstractie (n=52)

Het verloop is verdeeld in drie fasen:

fase I : behaalde correctie door pre-operatieve tractie en operatie

fase II : correctieverlies in de periode tot bereiken volledig consolidatie

fase III : toename verkromming nadien tot einde skeletgroeï.

rectie optreedt. Dit, om na te gaan of de groei nog invloed heeft op de verkromming na een geslaagde dorsale spondylodese. In de laatste kolom tenslotte is nog eens het totale verlies en correctie tussen moment van operatie en het bereiken van volwassenheid aangegeven.

Tenslotte is in een viertal grafieken het verloop van de verkromming in beide groepen weergegeven. In grafiek I voor het totale bestand van beide groepen, in grafiek II voor de thoracale bochten uit beide groepen, in grafiek III voor de thoracolumbale bochten in beide groepen en in grafiek IV voor de thoracaal-lumbale bochten in beide groepen. (fig. 8.1. t/m 8.4.)

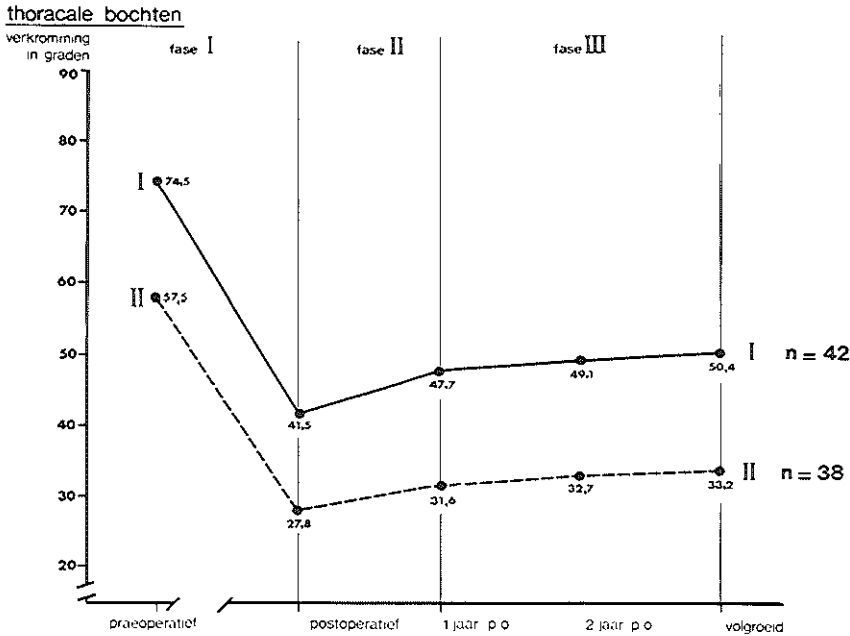


Fig. 8.2. Gemiddeld verloop van de *thoracale* verkrommingen, waarbij een Harrington spondylodese is verricht.

De verkrommingen zijn - naar instrumentatietechniek - ingedeeld in twee groepen:

groep I : distractie (n=42)

groep II : distractie en dwarstractie (n=38)

Het verloop is verdeeld in drie fasen:

fase I : behaalde correctie door pre-operatieve tractie én operatie

fase II : correctieverlies in periode tot bereiken volledige consolidatie

fase III : toename verkromming nadien tot einde skeletgroei.

8.4.4. Bespreking

Inleiding

De gemiddelde verkromming ligt in groep I met $74,8^\circ$ beduidend hoger dan in groep II met $58,3^\circ$. Voor het overige zijn beide groepen duidelijk goed vergelijkbaar qua aantal (56 resp. 52 bochten), leeftijd van de patiënten en verdeling van de bochten met in beide groepen overwegend thoracale verkrommingen (42 resp. 38). Dit in acht genomen is het verloop van de verkrommingen vanaf het moment van operatie tot het bereiken van volwassenheid vrijwel gelijkvormig (fig. 8.1). Als we het verloop van de correctie uitdrukken in percenten van de uitgangswaarde lijkt de behaalde en behouden correctie in groep II duidelijk beter dan die in groep I maar uitgedrukt in graden is er vrijwel geen verschil.

thoracolumbale bochten

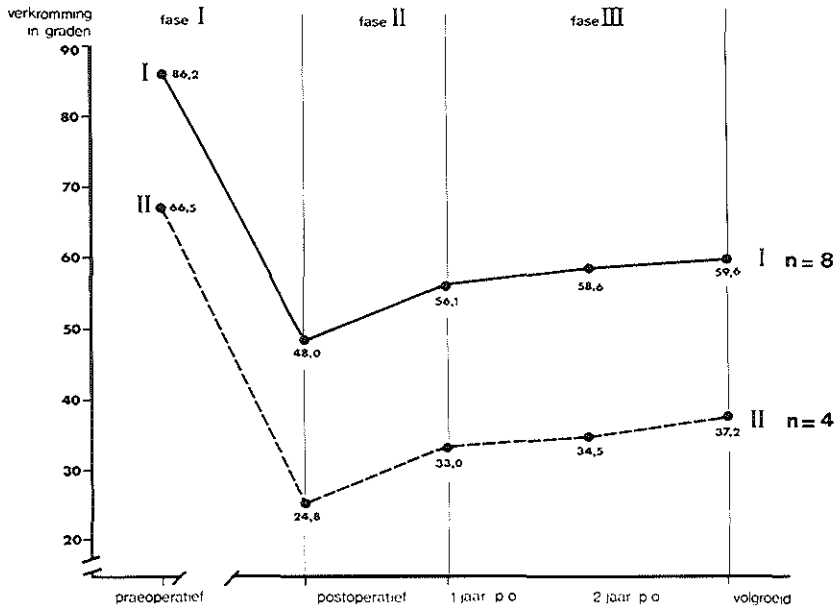


Fig. 8.3. Gemiddeld verloop van de *thoracolumbale* verkrommingen, waarbij een Harrington spondylodese is verricht.

De verkrommingen zijn - naar instrumentatietechniek - ingedeeld in twee groepen:

groep I : distractie (n=8)

groep II : distractie + dwarstractie (n=4)

Het verloop is ingedeeld in drie fasen:

fase I : behaalde correctie door pre-operatieve tractie én operatie

fase II : correctieverlies in periode tot bereiken volledige consolidatie

fase III : toename verkromming nadien tot einde skeletgroei.

Zoals gezegd bevat het materiaal van beide groepen overwegend thoracale bochten met daarnaast veel kleinere aantallen thoracolumbale en dubbel thoracaal-lumbale bochten. Uitsplitsing van het gehele bestand volgens deze onderverdeling - fig. 8.2. t/m fig. 8.4. - maakt het mogelijk na te gaan of er tussen deze homogene subgroepen nog verschillen bestaan wat betreft het verloop van de verkromming.

In de grafieken zijn drie fasen van belang en wel:

- fase I lopend van pre-operatief tot postoperatief; deze fase geeft aan de *maximale correctie* die bereikt wordt door de behandeling (pre-operatieve tractie + operatieve distractie). Daarbij moet aangetekend worden dat in de eerste 2 weken na de operatie waarschijnlijk reeds enig verlies is opgetreden door vermindering van de distractiekracht (Nachemsom en Elfström, 1973).

dubbel thoracaal-lumbale bochten

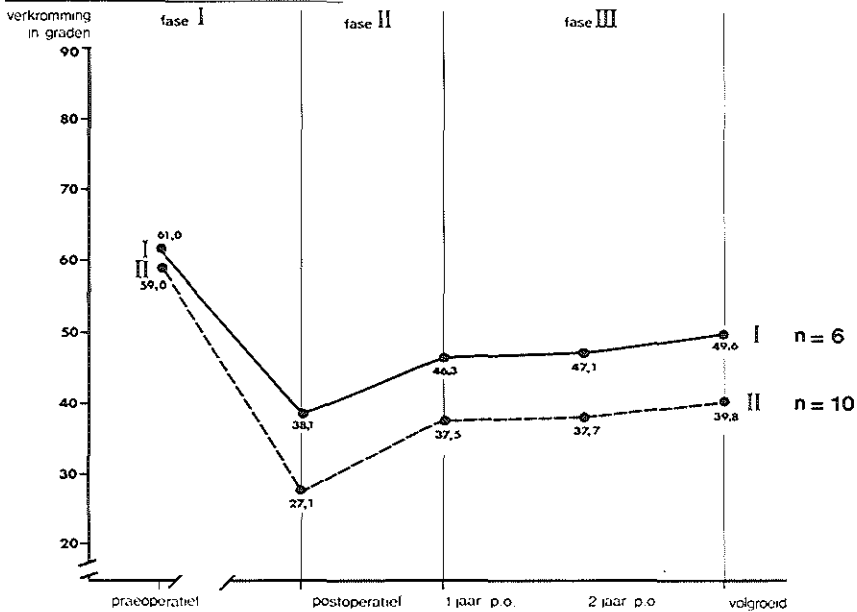


Fig. 8.4. Gemiddeld verloop van de *thoracaal-lumbale* verkrommingen, waarbij een Harrington spondylodese is verricht.

De verkrommingen zijn - naar instrumentatietechniek - ingedeeld in twee groepen:

groep I : distractie (n=6)

groep II : distractie + dwarstractie (n=10)

Het verloop is ingedeeld in drie fasen:

fase I : behaalde correctie door pre-operatieve tractie én operatie

fase II : correctieverlies in periode tot bereiken volledige consolidatie

fase III : toename verkromming nadien tot einde skeletgroei.

- fase II toont het beloop in de periode tussen operatie en consolidatie met name het verlies aan correctie dat in deze fase optreedt. Dit verlies is mede een maat voor de stabiliteit die aan de verkregen correctie wordt gegeven door een combinatie van inwendige fixatie (Harrington instrumentatie) en uitwendige fixatie (gips of brace).
- fase III geeft het beloop aan tussen het moment, dat consolidatie is bereikt - indien geen complicaties optreden is dit zeker één jaar post-operatief het geval - en het volgroeid zijn van het skelet. Indien in deze fase nog veranderingen optreden in de verkromming zal dit moeten worden toegeschreven aan de nog aanwezige groeikracht in de wervellichamen.

8.5. Literatuurgegevens en discussie aangaande de resultaten

8.5.1. Literatuurgegevens

Een analyse van de eigen waarnemingen zal alleen maar vruchtbaar zijn indien ze vergeleken worden met overeenkomstige gegevens uit de literatuur. Het ontbreekt niet aan publicaties over ervaringen met en resultaten van de "Harrington spondylodese". Uit deze veelheid van publicaties zijn die gezocht, waarvan het materiaal geheel of ten dele bestond uit patiënten met een idiopathische scoliose behandeld in de tienerleeftijd. Voor zover het publicaties betrof die de behandelingsresultaten geven van scoliosen van verschillende origines, zijn alleen dié opgenomen waarbij de resultaten van de idiopathische scoliogroep duidelijk afzonderlijk vermeld zijn.

In enkele publicaties blijkt de gemiddelde leeftijd van de patiënten wel duidelijk binnen de tienerleeftijd te vallen, maar toont de spreiding van de leeftijd aan, dat in het materiaal ook enkele oudere patiënten zijn behandeld. Deze publicaties zijn desalniettemin vermeld (Moe, 1968; Scheier, 1973).

De resultaten in de diverse publicaties worden verre van eenvormig opgegeven. In vele gevallen worden alleen percentages opgegeven over behaalde c.q. verloren gegane correctie. Daar het de bedoeling is de literatuurgegevens op gelijke wijze te presenteren als de eigen gegevens, is, waar nodig, een nauwkeurige berekening gemaakt van het beloop van de verkromming in graden. In de minderheid van de publicaties wordt exact aangegeven de mate van verkromming aan het einde van de behandeling (~ 1 jaar postoperatief) en bij het bereiken van de volwassenheid. Waar gesproken wordt over eindresultaten bij een gemiddelde follow-up van 2 jaar of meer, zijn deze resultaten beschouwd als definitief d.w.z. bij uitgegroeid skelet (mits de gemiddelde uitgangleeftijd niet lager was dan 15 jaar). In enkele publicaties worden de "overall" resultaten nog verder uitgesplitst naar type verkromming.

Bij nadere bestudering van de aldus geselecteerde publicaties blijkt, dat er nog op onderdelen verschillen bestaan wat betreft de toepassing van de "Harrington instrumentatie" en eventuele additionele correctie tijdens de operatie.

Deze verschillen zijn in een viertal rubrieken onder te brengen met eraan toegevoegd een "gemengde" rubriek: tabel 8.4.

- a) Harrington distractie
- b) Harrington distractie + compressiesysteem
- c) Harrington distractie + dwarstractie
- d) Harrington distractie + dwarstractie + patient tijdens operatie opgespannen (tractie + bending)
- e) gemengd: d.w.z. in één publicatie de resultaten van diverse instrumentatie-methoden zoals vermeld onder a t/m c samengevoegd.

Tabel 8.4 Resultaten diverse vormen van Harrington instrumentatie bij idiopathische scoliose op tienerleeftijd

Auteur	aantal patienten	leeftijd	verkremming preop.postop.	maximale correctie in graden	%	verlies na één jaar in graden	uiteindelijk verlies in graden	uiteindelijk beloop in graden	uiteindelijke correctie in graden	%	postoperatieve immobilisatie periode	
Rubriek a	Harrington distractie											
Stagnara 1967	105	17,5	87°	53,6°	33,4°	38%	5,8°				12 mnd	
Tamborino/ Moe 1964	45	17,4	71°	32°	39°	55%	10°	71° → 42°	29°	41%	5 mnd	
Moe 1968	131	16,5	67°	26°	41°	61%	11°	67° → 37°	30°	45%	6 mnd	
Leider/Moe 1973	106	12-20	56°	26°	30°	54%	5°				9 mnd	
Michel 1967	62	15,5	81°	46,2°	34,8°	43,2%	11°	81° → 57,2°	23,8°	29%	4 mnd	
Michel 1979	200	15	68°	34°	34°	50%	8°	68° → 42°	26°	38,2%	16 mnd	
Wilson 1971	63	15	68°	38°	30°	44%	6,0°	7,5°	68° → 45,5°	22,5°	33%	7 mnd
Scheier 1973	20	15-17	78°	42°	36°	46%	5°	7°	78° → 49°	29°	37%	12 mnd
Slot II 1976	13	16,1	74°	35°	29°	45%	5°				8 mnd	
Cotrel												
(cit.Slot 1976)	362	10-20	76°	40°	36°	45%	5°				8 mnd	
Veraart I	52	15,1	74,8°	42,1°	32,7°	43,8%	6,7°	9,5°	74,8° → 51,6°	23,2°	32%	12 mnd

(Vervolg op pag. 88)

Tabel 8.4 Resultaten diverse vormen van Harrington instrumentatie bij idiopathische scoliose op tienerleeftijd

Auteur	aantal patienten	leeftijd	verkrumming preop.postop.	maximale correctie in graden %	verlies na uiteindelijk één jaar verlies in graden in graden	verlies na uiteindelijk één jaar verlies in graden in graden	uiteindelijk beloop in graden	uiteindelijk correctie in graden %	postoperatieve immobilisatie periode
Rubriek b Harrington distractie + compressie									
Harrington I 1973	62	10-20	62°	21°	41°	66%			
II	67	10-20	67°	23°	44°	65%			
III	58	10-20	58°	20°	38°	65%			
IV	59	10-20	59°	21°	38°	64%	9°	59° → 29°	30° 50% 6 mnd
Goldstein 1969/1973	90	11-20	67°	24°	43°	64%	2,8° 3,2°	67° → 27,2°	39,8° 59% 7,8 mnd
Salanova 1967	30	18	74°	32°	42°	57%	7° 9°	74° → 41°	33° 45% 12 mnd
Morscher (cit.Scheier 1973)	26	15	72°	31°	41°	57%	10° 12°	72° → 42°	30° 41% 6 mnd

(Vervolg op pag. 89)

Tabel 8.4 Resultaten diverse vormen van Harrington instrumentatie bij idiopathische scoliose op tienerleeftijd

Auteur	aantal patienten	leeftijd	verkrumming preop.postop.	maximale correctie in graden	%	verlies na één jaar in graden	uiteindelijk verlies in graden	uiteindelijk beloop in graden	uiteindelijk correctie in graden	%	postoperatieve immobilisatie periode
Rubriek c	Harrington distractie + dwarstractie systeem										
Armstrong 1975	10		80,5°	35,5°	45°	56%					
Bauer I 1979	46	15,5	64°	28°	36°	56%	6°	8°	64° → 36°	28°	44% 9-12 mnd
Bauer II 1979	30	15	62°	30°	32°	52%	5,5°	7°	62° → 35,5°	25°	40,2% 9-12 mnd
Veraart II	44	14,8	58,3°	27,3°	31°	53,2%	5,6°	7,5°	58,3° → 34,8°	23,5°	40,3% 10 mnd
Rubriek d	Harrington distractie + dwarstractie systeem + uitwendige correctie										
Cotrel 1978	110	10-20	65,8°	21,6°	44,2°	67%	3,9°				6 mnd
Slot III 1976	15	15,3	61°	22°	39°	65%					
Cotrel 1978	266	10-20	66,3°	27,7°	38,6°	59,1%	3°				6 mnd
Rubriek e	Gemengd										
Duhaime 1982	517	10-20	57,9°	20°	37,9°	65%		13,3°	57,9° → 33,0°	24,6°	42% 6 mnd

8.5.2. Interpretatie van de gegevens

Fase I: de correctie en de invloed hierbij van de dwarstractie.

Fig. 8.1. toont dat in beide series een vrijwel gelijke correctie bereikt wordt ongeacht het toepassen van het dwarstractie systeem. Gezien de verschillende uitgangswaarden in de twee groepen is de percentuele correctie verschillend, de absolute correctie nagenoeg gelijk. Bauer (1979), die in zijn eigen materiaal diverse series waarbij verschillende methoden van pre- en peroperatieve correctie worden toegepast, met elkaar vergelijkt, komt tot de conclusie, dat - onafhankelijk van de pre-operatieve tractiemethode (Cotrel-tractie of halo-femorale tractie) en onafhankelijk van toevoegen van dwarstractie aan de distractie - hij vrijwel steeds dezelfde correctie bereikt van ongeveer 35° .

Armstrong en Connock (1975), de "uitvinders" van de dwarstractie, bemerkten bij het toepassen van maximale Harrington distractie, dat door zijdelingse druk tegen de ribben aan de convexe zijde de processus spinosi dichter bij de distractiestaf te brengen waren "producing further correction of the spinal deformity". Met hun "transverse loading system" trachtten zij deze driepunts-correctiekracht na te bootsen. Hierbij is het nodig, dat de distractiestaf niet buigt onder de aangebrachte "dwarsskracht" en het distractiesysteem niet gaan roteren in zijn draagpunten.

Gemodificeerde distractiehaken en een veel zwaarder uitgevoerde distractiestaf werden door hen daartoe gebruikt. Zelf geven zij summier de resultaten bij 10 patienten met een gemiddelde verkromming van 80.5° ; een gemiddelde correctie van 45° werd door hen behaald.

Het systeem van Armstrong en Connock is, vooral door publicaties van Cotrel (1977, 1978) in Europa gemeengoed geworden echter zonder de materiaalmodificaties zoals aangegeven door Armstrong en Connock. En Cotrel heeft er niet duidelijk bij vermeld, dat hij via een speciaal door hem ontworpen tafel de patient zodanig kan "opspannen" tijdens de operatie, dat op deze manier reeds door uitwendige krachten de scoliose gerekt en omgekromd wordt. Bij beschouwing van rubriek a en rubriek c van het literatuuroverzicht - met daarin vermeld de eigen series - blijkt, dat de bereikte correctie in al deze series nauwelijks van elkaar verschilt en dat de behaalde maximale correctie schommelt tussen de 29° en 36° met uitzondering van de eerste twee series van Moe (de tweede serie is een verdere uitbreiding van de eerste en in beide series ligt het correctieverlies postoperatief vrij hoog) en de reeds besproken kleine serie van Armstrong en Connock. Enig effect van de dwarstractie op de maximale correctie is niet aantoonbaar.

Bij beschouwing van het eigen onderzoek m.n. zoals weergegeven in fig. 8.1., blijkt dat in fase I - de pre- en peroperatieve correctie - het

verloop van de curven voor groep I (alleen distractie) en voor groep II (distractie + dwarstractie) vrijwel parallel verlopen. Anders gezegd: in het eigen onderzoek blijkt er geen verschil aantoonbaar wat betreft de mate van behaalde peroperatieve correctie of nu wel of niet een dwarstractie-systeem aan het distractiesysteem wordt toegevoegd: het parallel lopen van de curven toont dit significant.

Herndon et al. (1982) verrichtten, omdat naar hun mening de mededelingen van zowel Cotrel (1978) als van Armstrong en Connock (1975) onvoldoende gedocumenteerd waren, een prospectief onderzoek bij 10 patienten met idiopathische thoracale scoliose. De gemiddelde pre-operatieve bocht bedroeg 55° ; de leeftijd varieerde van 11 - 37 jaar en de gemiddelde follow-up bedroeg 17 maanden. De operatietechniek was gelijk in alle gevallen.

Peroperatief werd ná het inbrengen van de distractiestAAF een röntgenopname gemaakt alsook nadat vervolgens het dwarstractiesysteem was ingebracht. Er werd geen c.q. een geringe toename van de correctie gemeten variërend van 0° - 4° . De gemiddeld behaalde maximale correctie bedroeg 32° . Het verlies aan correctie in het eerste jaar postoperatief bedroeg 3.5° .

Hun bevindingen bevestigen de eigen waarneming, dat de dwarstractie de door distractie te bereiken correctie niet of nauwelijks verbetert. Het correctieverlies een jaar na de operatie is gering en correspondeert met de eigen bevindingen met name voor zover het betreft de thoracale scoliosen uit groep II ($3,8^\circ$). Bij dit laatste komt een punt ten voordele van de dwarstractie naar voren waarop ook al gewezen is door Armstrong en Connock (1975) “. . . it also provides a significant increase in strength to the instrumented spine during axial loading”.

De correcties bereikt in de rubrieken b en d zijn goed vergelijkbaar en schommelen tussen de 38° en 44° en liggen hoger dan in de rubrieken a en c.

Met andere woorden: de beste en vergelijkbare maximale correctie wordt bereikt hetzij door toepassing van distractie en compressie, hetzij door maximale uitwendige tractie en bending tijdens de operatie, in combinatie met distractie en dwarstractie.

Een nadeel van het dwarstractie systeem is het feit, dat het vrijwel alleen goed te monteren is bij een thoracale bocht. Datzelfde geldt voor het compressiesysteem van Harrington. Al deze systemen berusten erop dat ze gemonteerd worden aan de basis van de processus transversi aan de convexe zijde van de verkromming. Thoracaal zijn van T_1 t/m T_{10} vrijwel steeds goed ontwikkelde processus transversi aanwezig en deze liggen in hetzelfde frontale vlak als de laminae en intergewrichten. Processus transversi van enige betekenis ontbreken vrijwel steeds bij T_{11} en T_{12} . Lumbaal zijn ze wel aanwezig; hier liggen ze echter zoveel meer naar lateraal en ven-

traal, dat montage van haken eromheen bepaald lastiger is en door de meer ventrale ligging vrijwel geen dwarsverbinding naar de distractiestaaf mogelijk is.

Fase II: het verlies aan correctie dat optreedt in de periode tussen operatie en het bereiken van consolidatie.

Uit de eigen twee series (tabel 8.3) en uit het literatuuroverzicht (tabel 8.4) blijkt, dat - voorzover opgegeven en inbegrepen de mislukkingen - het gemiddelde verlies aan correctie aan het einde van het eerste jaar postoperatief 6° à 7° bedraagt (spreiding $2,8^{\circ}$ - 10°). Bij uitsplitsing in subgroepen wordt bij gebruikmaking van distractie + dwarstractie voor thoracale scoliosen een gemiddeld verlies van 3° à 4° gevonden. De enige serie met een uitzonderlijk gering verlies is die van Goldstein: $2,8^{\circ}$. Een directe verklaring hiervoor kan niet gegeven worden. Alleen is uit eerdere publicaties van Goldstein - vóór het gebruik van het Harrington instrumentarium - bekend, dat hij ook toen reeds een zeer laag percentage aan complicaties en postoperatief correctieverlies had. Dit zou kunnen wijzen op een superieure techniek en nazorg. Hiermede te vergelijken zijn de uitzonderlijk gunstige resultaten in dit opzicht voor de series van Cotrel uit rubriek d. Dit is waarschijnlijk het resultaat van het feit, dat Cotrel naast alle reeds genoemde technieken ook nog een tibiaspaan inklemt tussen de processus spinosi gelegen aan de beide uiteinden van het spondylodese traject. De vraag blijft echter of deze extra ingreep - het uitnemen van een tibiaspaan - deze uiteindelijk fraaie maar relatief geringe "winst" rechtvaardigt.

Alles bijeen is het verlies aan correctie in de periode tussen operatie en consolidatie bij toepassing van enige vorm van Harrington instrumentatie, binnen nauwe grenzen vrijwel gelijk. Ten opzichte van de series gepubliceerd voor het gebruik van inwendige fixatie is dit verlies significant minder. In die series is het verlies aan correctie voor de *ongecompliseerd* verlopen gevallen al 10° of meer. En dan te weten, dat het percentage pseudarthrosen lag tussen de 10! en 50! (v.d. Eijken, 1973).

Fase III: verlies aan correctie in de periode tussen bereiken consolidatie en bereiken volwassenheid.

In alle series waarbij de consolidatie van de spondylodese plaats vond voordat het skelet was uitgegroeid, is nog een geringe verdere toename van de scoliosehoek te meten. Voor zover opgegeven in de literatuur en uit eigen series blijkt, dat bij een gemiddelde operatieleeftijd van 15 jaar dit verlies 2° à 3° bedraagt. Alleen ook hier vrijwel geen verlies in de serie van Goldstein, terwijl Cotrel (1978) in het algemeen de opmerking maakt dat in zijn gevallen na het eerste jaar vrijwel geen verlies meer optreedt.

N.B. Mogelijk geldt voor beiden, dat de door hen gecreëerde botmassa dorsaal zo massaal is, dat zelfs roteren van de groeiende wervellichamen niet meer mogelijk is.

Hefti en McMaster (1983) onderzochten het effect van de puberteitsgroeispuurt op een door spondylodese verstijfde scoliose. De gemiddelde leeftijd ten tijde van de operatie bedroeg 11 jaar (24 patienten). In de periode tussen bereiken consolidatie en volgroeid zijn van het skelet (~ fase III) - deze bedroeg gemiddeld 4,5 jaar - bleek de toename van de scoliose (gemeten volgens Cobb) $4,7^\circ$ gemiddeld te bedragen.

Uit deze bevindingen volgt, dat ook al is de scoliose dorsaal verstijfd, de factor groei toch nog oorzaak is van enige toename van de verkromming en wel meer naarmate de spondylodese op jongere leeftijd wordt verricht.

Waarschijnlijk zal de gefuseerde scoliose beter bestand zijn tegen de groei-invloeden naarmate de spondylodesemassa massiever en steviger is (Hefti en McMaster, 1983).

De gegevens uit fase II en fase III samenvoegend kan gezegd worden dat het totale verlies tussen operatie en uitrijpen van het skelet ligt tussen de 7° en 10° . In de series waarin het totale verlies 10° of meer bedraagt, blijkt steeds opnieuw, dat de immobilisatie-periode niet langer dan 5 maanden heeft geduurd. Dit wijst er waarschijnlijk op, dat bij toepassen van genoemde techniek een langere immobilisatie-periode noodzakelijk is, te weten 8 à 10 maanden. Harrington heeft hier reeds op gewezen in zijn publicatie in 1973.

Ook hier weer een uitzondering voor Cotrel, die na 6 maanden alle uitwendige immobilisatie staakt en nadien slechts minimale achteruitgang constateert. Letterlijk zegt hij: "les avantages de la technique sont importants: correction angulaire opératoire accrue, fusion *massive* et *rapide*, permettant une libération précoce de toute contention externe, maintien integral de la correction obtenue".

Aan de hand van het literatuuroverzicht is te zien, dat de uiteindelijk te bereiken correctie tussen nauwe grenzen ligt: bij toepassen van techniek a (distractie) of c (distractie + dwarstractie) - zoals gebleken nauwelijks verschillend - valt te rekenen op een correctie tussen de 22° en 30° . Bij toepassen van methode b (distractie + compressie) ligt dit getal enkele graden hoger, gemiddeld even boven de 30° met één uitschieter van bijna 40° . De methode zoals gepropageerd door Cotrel geeft blijvende resultaten tussen de 35° en 40° , maar hierbij zei nogmaals gezegd, dat hiertoe de operatie niet onaanzienlijk wordt uitgebreid door het transplanteren van een autogene forse tibiaspaan.

Het verschil in de te behalen correctie uitgedrukt in graden maakt een exactere prognose mogelijk dan de prognose uitgedrukt in percentage van

de uitgangswaarde van de scoliose: de spreiding ($22^\circ - 40^\circ$) is geringer dan de spreiding van de percentages (29% - 60%) en blijft vrijwel onafhankelijk van de uitgangswaarde, althans bij verkrommingen tussen 50° en 90° à 100° .

Nog een enkel woord over de eigen series en met name over de gegevens verkregen door uitsplitsing van de series naar type bocht (zie tabel 8.1. en de fig. 8.2. t/m 8.4.). Dit mede omdat hier in de literatuur relatief weinig aandacht aan wordt besteed. Daarbij vallen enkele zaken op:

- a) de zeer grote correctie mogelijkheid bij de thoracolumbale bochten of anders gezegd de opvallend grotere souplesse van deze bochten
- b) het grote correctieverlies dat optreedt bij zowel de thoracolumbale als de thoracaal-lumbale bochten.

Op deze feiten is reeds gewezen door Harrington (1973) en in de "morbidity rapporten" van de Scoliosis Research Society. Op de grotere souplesse van de thoracolumbale bochten en het grote postoperatieve verlies bij de thoracolumbale en de thoracaal-lumbale bochten wordt onder meer gewezen door Wilson (1971) en Leider (1973). Michel (1979) daarentegen behoudt juist een grotere correctie bij de thoracolumbale bochten. Het verlies bij de thoracolumbale bochten is vooral toe te schrijven aan het falen van de Harrington instrumentatie al of niet gecombineerd met het dwarstractie systeem volgens Cotrel. De instrumentatie verbindt namelijk een relatief stug deel van de wervelkolom met het meest mobiele deel van de wervelkolom en heeft daarbij maar 2 of 3 fixatiepunten (zie ook onder "complicaties" 8.7.). Zoals reeds eerder gezegd is een goede fixatie door middel van een dwarstractie systeem bij deze bochten, waarvan de top ligt op de thoracolumbale overgang, technisch niet goed uitvoerbaar.

De verklaring voor de bevindingen bij de thoracaal-lumbale bochten is minder eenvoudig. Overwogen moet worden, dat bij deze groep steeds één staaf werd gebruikt om het hele traject te overbruggen (zogenaamde "dollarsign" constructie). Biomechanisch is deze constructie - onder meer gezien de kyphose thoracaal en de lordose lumbaal - zeer kwetsbaar. Vooral het punt, waar de staaf de wervelkolom kruist, zou kunnen werken als een wrikpunt. Pseudarthrosen komen juist in dit gebied voor. Bekend is, dat in sommige centra deze dubbele bochten met twee afzonderlijke staven worden overbrugd. Publicaties over deze resultaten zijn echter nog niet verschenen.

- c) In de gegevens over de *thoracale* verkrommingen vallen twee zaken op. Allereerst de wat matige "maximale correctie" juist in de tweede serie. Hierbij moet aangetekend worden, dat door ons altijd zeer voorzichtig is omgesprongen met het aanbrengen van geforceerde distractie,

ten eerste ter vermijding van overrekking van het ruggemerg en ten tweede gezien de uitkomsten van de biomechanische studies van Schultz en Hirsch (1973). Daarnaast echter het geringe postoperatieve verlies van de correctie tot $3,8^\circ$ na 1 jaar en uiteindelijk $5,4^\circ$ bij het bereiken van de volwassenheid. Vooral dit laatste is van belang omdat het indirect aangeeft, dat bij operatieve correctie en stabilisatie van een thoracale scoliose weinig problemen te verwachten zijn met het behoud van de correctie. Al eerder is vermeld, dat bij een opgroeiend kind met een progressieve scoliose van 50° of meer een operatieve indicatie is gegeven. Een uiteindelijke restverkrumming van 25° mag zeker verwacht worden. Zelfs bij een uitgangswaarde van 60° is de te verwachten restverkrumming ($30^\circ - 35^\circ$) zodanig gering, dat deze moeiteloos "geïntegreerd" kan worden in de totale statiek en dynamiek van de rug. Zoals nog beschreven zal worden, hebben patiënten met een thoracale scoliose tot 60° en zeker als deze tijdig gecorrigeerd en gestabiliseerd wordt, weinig te duchten van longfunctiestoornissen.

Zeer ernstige thoracale verkrommingen - 100° of meer - vragen om een ingrijpender aanpak met langduriger pre-operatieve correctie door middel van gips en/of halo-femorale tractie, terwijl de operatie soms in 2 tempi moet worden uitgevoerd, waarbij in eerste instantie een dorsale "release" wordt nagestreefd en in tweede instantie verdere correctie, stabilisatie en spondylodese (Stagnara, 1979).

d) Slot (1980) heeft er al op gewezen, dat pas bij toename van de ervaring met de Harrington operatiemethode duurzaam goede resultaten worden bereikt. Dit valt waar te nemen bij bestudering van het literatuuroverzicht, maar ook enigszins in onze eigen series.

8.6. *Samenvatting*

Bij toepassing van het principe van distractie als middel tot correctie van een idiopathische scoliose in de tienerleeftijd, ligt de mate van maximale correctie voor bochten van 50° tot 90° à 100° tussen vrij nauwe grenzen als deze correctie wordt uitgedrukt in graden en niet in procenten van de uitgangswaarde. Gerekend mag worden op een correctie van ongeveer 30° ($22^\circ - 40^\circ$). Toevoeging van het dwarstractie systeem volgens Cotrel aan de gewone Harrington distractie verandert hier nauwelijks iets aan. De correctie wordt iets beter als het compressiesysteem van Harrington wordt toegevoegd of bij tegelijkertijd toepassen van sterke uitwendige correctie.

Van de diverse typen bochten laat de thoracolumbale verkrumming zich in het algemeen het beste corrigeren.

Het verlies aan correctie in de fase tot consolidatie (fase II) verschilt in de opgegeven series weinig voor de diverse technieken die als basis de distractie hebben, mits de postoperatieve immobilisatie periode voldoende lang - minstens 8 maanden - bedraagt. Het gemiddelde verlies ligt rond de 6° à 7° . Bij uitsplitsen van de series naar type bocht - voor zover mogelijk - blijkt dat het verlies in fase II bij de thoracolumbale en thoracaal-lumbale bochten aanzienlijk hoger ligt; en dat bij de thoracale scoliosen - geïnstrumenteerd met distractie + dwarstractie - dit verlies duidelijk lager ligt, te weten 3° à 4° .

Het ligt voor de hand, waar het dwarstractie systeem alleen thoracaal goed is te monteren, de betere postoperatieve stabiliteit bij de thoracale bochten uit groep II toe te schrijven aan het dwarstractie systeem.

Afhankelijk van de nog door te maken groei treedt na consolidatie van een Harrington spondylodese nog een gering verder verlies op. Bij operatie op 11-jarige leeftijd ligt dit verlies op bijna 5° ; bij operatie rond de 15 jaar op 2° à 3° .

8.7. Complicaties

Bij de behandeling van de patienten zoals hiervoor beschreven, kan onderscheid gemaakt worden in complicaties specifiek samenhangend met het toepassen van de Harrington-techniek en complicaties samenhangend met het verrichten van een dorsale spondylodese inclusief de daarbij toegepaste voor- en nabehandeling.

In de gemelde serie van 96 patienten werden als complicaties waargenomen:

A) Specifieke "Harrington-complicaties"	
1. instrumentatie problemen	11 X
2. neurologische complicaties	
beschadiging ruggemerg	2 X
perifere zenuwstelsel	1 X
3. pneumo- c.q. haematothorax	2 X
B) Overige complicaties	
4. wondinfecties	4 X
5. trombose	1 X
6. longembolie	1 X
7. decubitus	5 X
8. bloeding a.glutea superior	1 X
9. pseudarthrose	2 X
10. schedeltractie	
neurologische complicatie	1 X
locale infectie	3 X

8.7.1. De *instrumentatieproblemen* manifesteerden zich als

- staafbreuk	2 X
- uitscheuren distale haak uit het bot	3 X
- terugglijden bovenste haak over de distractiestaaft met spanningsverlies	4 X
- afglijden bovenste haak uit het intergewricht	2 X

Een nadere analyse van de 11 gevallen met een instrumentatieprobleem toont de volgende gegevens:

Tabel 8.5.

aard instrumentatie probleem	patienten nummer	type scoliose	spondylodese traject	verlies aan correctie
staafbreuk	3	thoracolumbaal	T ₆ - L ₄	82° → 82° = 0°
	88	thoracolumbaal	T ₇ - L ₄	21° → 38° = 17°
doorscheuren distale haak	24	thoracaal	T ₄ - L ₁	43° → 51° = 9°
	29	thoracolumbaal	T ₉ - L ₄	37° → 55° = 18°
45		thoracolumbaal	T ₈ - L ₄	68° → 83° = 15°
spanningverlies	15	thoracaal	T ₄ - L ₃	37° → 54° = 17°
	16	thoracolumbaal	T ₃ - L ₄	54° → 60° = 6°
	28	thoracolumbaal	T ₆ - L ₃	42° → 76° = 34°
	57	thoracolumbaal	T ₆ - L ₄	40° → 55° = 15°
afglijden proximale haak	49	thoracaal	T ₅ - T ₁₂	18° → 36° = 18°
	68	thoracaal	T ₄ - L ₁	34° → 38° = 4° (re-operatie verricht)

8.7.2. *Neurologische complicaties* werden waargenomen bij drie patienten.

1. *Beschadiging ruggemerg*

- Gezond meisje (6) met een rechts convexe thoracale scoliose T₆ - L₂ 93°; toonde kort na de operatie een lichte spastische parese aan het rechter been. Spontaan en volledig herstel binnen 2 maanden.
N.B. De wake-up test was destijds nog niet bekend.
- Gezond meisje (84) met een rechts convexe thoracale scoliose 55° met een sterke torsie (gibbushoogte 7 cm). Vlot verlopen operatie onder hypotensie. Wake-up test mogelijk iets zwakker uitgevoerd met de rechter voet. Postoperatief na 1 uur duidelijke parese rechter voet.

Daarna snelle ontwikkeling van bijna complete dwarslaesie. Pogingen de bloeddruk op te voeren mislukten. Precies 4 uur na het aanbrengen van de distractie vermindering van deze distractiekracht (ré-operatie). Inspectie van het operatiegebied, met name ter plaatse van de distractiehaken, bleef zonder bijzonderheden. Binnen 24 uur trad herstel op van de sensibiliteit aan beide benen en van de motoriek aan het linker been. Mictieproblemen deden zich niet voor; de werking van de sphincter ani bleef normaal. Het herstel van de motoriek aan het rechter been begon na 9 dagen. Na twee jaar resteeert nog enige verzwakking van de hamstrings en de triceps surae rechts, hetgeen bij lopen een onzeker gevoel in de rechter knie geeft. Direct na de eerste operatie bedroeg de verkromming 18° , na de reinterventie 29° . Postoperatief werd de wervelkolom het eerste half jaar geïmmobiliseerd in een Rissergips. Toen patiënte was uitgegroeid bedroeg de scoliose 30° .

2. *Perifeer zenuwstelsel*

- Gezond meisje (72) rechts convexe thoracale scoliose $T_5 - L_1$, waarbij de torsie doorloopt tot en met L_2 . Ongecompliceerde Harrington distractie met dwarstractie van T_5 tot L_3 . Bij mobilisatie 2 weken postoperatief blijkt een slappe parese van de heupadductoren links. Herstel hiervan binnen 6 weken. Parese mogelijk door locale druk op wortel L_3 , bij de distale haak.

8.7.3. *Pneumothorax* werd in twee gevallen (56 en 57) waargenomen. In beide gevallen werd dwarstractie gebruikt bij de correctie van een rechts convexe thoracale scoliose en in beide gevallen werd op de direct postoperatief vervaardigde thorax-foto een luchtschil rond de rechter long waargenomen. Spontaan herstel in beide gevallen binnen één week.

8.7.4. *Wondinfectie*

De vier geconstateerde infecties zijn alle vier aan te merken als diepe infecties, alhoewel de manifestatie ervan zeer verschillend was, zoals blijkt uit de korte ziektegeschiedenissen.

- Gezond meisje (17). Op 16-jarige leeftijd Harrington distractie spondylodese van $T_5 - L_2$. Direct postoperatief hoge koorts en fistelvorming. Toediening antibiotica en rust (3 maanden). Intermitterend fistelende wond. Pas genezing hiervan na verwijderen van het Harrington instrumentarium 2 jaar later na bereiken consolidatie. Nadien geen rugpijn meer of moeheidsklachten.
Kweek: staph.aureus haem.
Verloop scoliose $53^\circ \rightarrow 19^\circ \rightarrow 31^\circ$ (12° verlies). Consolidatie.

- Gezond meisje (23). Op 15½-jarige leeftijd Harrington distractie spondylodese van T₅ - L₂. Postoperatief verloop ongestoord. Nadien wel recidiverende anaemie. 4 jaar postoperatief ontwikkeling van een fistel in het litteken. Bij verwijdering daarop van het Harrington instrumentarium wordt granulatieweefsel om de staaf aangetroffen.
Kweek: staph. aureus haem.
Na spoelen van de wond 4 weken later wondgenezing.
Sindsdien geen anaemie meer.
Verloop scoliose 82° → 43° → 56° (13° verlies). Consolidatie.
- Gezond meisje (24), op 19-jarige leeftijd Harrington distractie spondylodese T₄ - L₁. Ongestoord beloop eerste jaar. Wegens klachten ter hoogte van de top van de staaf wordt deze 3 jaar na operatie verwijderd. Bij operatie wordt proximaal in de wond bij toeval een kleine hoeveelheid pus gevonden. Hieruit worden enige kolonies staph. aureus haem. gekweekt.
Nadien geen klachten meer.
Verloop scoliose 70° → 43° → 51° (8° verlies).
- 13-Jarig gezond meisje (88). Harrington spondylodese met dwarstractie T₇ - L₄ wegens progressieve thoracolumbale scoliose. Prophylactisch antibiotica.
Peroperatief sterke veneuze stuwung. Postoperatief twijfel over stabiliteit Harrington instrumentarium. Vertraagde wondgenezing met wonddehiscentie gedurende 3 maanden.
Kweek: staph.aureus haem.
Gedurende deze periode bedrust en antibiotica. Nadien geen tekenen meer van infectie. Na één jaar verwijderen gips. Nadien geleidelijk toename scoliose en breuk van de staaf (pseudarthrose). Thans volwassen; gestabiliseerde toestand en consolidatie.
Verloop scoliose 52° → 21° → 38° (17° verlies).

8.7.5. Trombose en embolie

Bij patient (26) werd 4 weken na een ongecompliceerd beloop een diepe trombose in bekken- en beenvaten rechts geconstateerd. Ondanks anticoagulantia therapie is het rechter been altijd dikker gebleven.

Bij patient (41) manifesteerde zich 10 dagen na een ongecompliceerd verlopen operatie een longembolie. Onder anticoagulantia therapie herstelde patient vlot.

8.7.6. Decubitus

In vijf gevallen (2, 4, 43, 45 en 52) werd decubitus vastgesteld. Dit was steeds het gevolg van lokaal knellend gips. Opheffen hiervan had steeds genezing zonder verdere complicaties en zonder onderbreking van de behandeling ten gevolge.

8.7.7. *Bloeding arteria glutea superior*

Eenmaal heeft zich een bloeding uit de arteria glutea superior voorgedaan bij het verkrijgen van bot uit de rechter crista posterior (patient 58). De bloeding kon getamponneerd worden; een laparotomie bleek niet noodzakelijk.

Tengevolge van deze ingreep was het bloedverlies tijdens de operatie ver boven normaal. Zeer waarschijnlijk tengevolge van de bloeding toonde patient bij mobilisatie passagère krachtverlies van de m. quadriceps en de abductoren aan de rechter zijde.

8.7.8. *Pseudarthrose*

In twee gevallen werd na beëindiging van de immobilisatie periode in gips nog een onderbreking van de botmassa waargenomen op de röntgenfoto's.

- Bij patient (26) trad er na één jaar nog tijdelijk een duidelijk verlies op van de correctie en wel van 6° om daarna stabiel te blijven. Het verloop van de verkromming was $84^\circ \rightarrow 55^\circ \rightarrow 68^\circ$. De instrumentatie bleef intact. Bestudering achteraf wettigt de argwaan, dat er één jaar na de operatie nog een zwakke plek in de botmassa bestond.
- Bij patient (88) waarbij de behandeling werd gecompliceerd door stuwing peroperatief en infectie postoperatief, werd een onderbreking in de botmassa duidelijk toen na één jaar de verkromming nog toenam en de Harringtonstaaf brak. Na deze breuk trad geen verder verlies op en lijkt de spondylodesemassa geconsolideerd.

8.7.9. *Complicaties tengevolge van schedeltractie*

1. *Infectie*

Bij de halo-tractie werd driemaal (patient 55, 79 en 82) een infectie rond een der fixatiepennen geconstateerd. In alle gevallen was er sprake van een loszittende pen. Steeds kon de halo-tractie gecontinueerd worden; daarbij verwijderen van deze pen en inbrengen van een nieuwe pen door een naastliggend gat in de ring.

2. *Neurologische complicatie*

Aanvankelijk is gebruik gemaakt van de Blackburn schedeltractie. Hierbij moeten de twee haken ingebracht en verhaakt worden tussen de tabula externa en de tabula interna van de schedel. In één geval (patient 15) moet ook de tabula interna doorboord zijn. Er ontwikkelde zich een beeld van een epiduraal haematoom met coma en linkszijdige hemiplegie.

Bij verwijderen van de schedeltractie afvloed van oud bloed. Binnen 2 maanden volledig herstel van de gevolgen van de epidurale ruimtebeperking rechts pariëto-occipitaal.

8.8. *Literatuurgegevens en discussie aangaande de complicaties*

Net als bij de bespreking van de resultaten, zijn wat betreft de complicaties, de eigen gegevens vergeleken met die uit de literatuur in een overzichtstabel. (tabel 8.6). Lang niet alle publicaties die gebruikt konden worden voor een resultaten vergelijking, vermelden echter exact het soort en het aantal complicaties. De "morbidity rapporten" van de S.R.S., hier als bijlage toegevoegd, geven een goede indruk over het voorkomen van complicaties bij scoliose- en kyphose-operaties in het algemeen.

8.8.1. *Instrumentatie problemen*

In de eigen series komen in totaal 12 patiënten voor met een thoracolumbale scoliose. In 7 van deze 12 gevallen heeft zich een falen van de instrumentatie voorgedaan: in groep I in vijf van de 8 gevallen; in groep II in twee van de 4 gevallen. In de overige 84 gevallen uit de gehele serie komt slechts viermaal een mislukking van de instrumentatie voor. Deze 4 gevallen betreffen een thoracale scoliose; bij een van deze vier werd de spondylodese en instrumentatie naar caudaal uitgebreid met fixatie van de onderste haak op L₃.

Veruit de meeste problemen met de fixatie en op spanning houden van het Harrington instrumentarium wordt derhalve gevonden bij scoliosen van het thoracolumbale type. Bij deze scoliosen verbindt de distractiestaaf een punt in de matig beweeglijke thoracale wervelkolom met een punt vrijwel halverwege de lumbale wervelkolom, welk deel van de wervelkolom in zich veel beweeglijker is. De distractiestaaf loopt dus een grotere kans dan bijvoorbeeld bij een thoracale scoliose om losgewrikt te worden. Dit werd al aangeduid door Waugh (1966) in zijn biomechanische studies. Dezelfde bevinding als door ons waargenomen, wordt ook gesignaleerd in het "morbidity rapport" van de S.R.S. uit 1977. Daar wordt bovendien gewaarschuwd voor de instrumentatie van thoracaal-lumbale bochten.

Dit feit komt in het eigen materiaal niet naar voren, mogelijk omdat in ons materiaal de initieel behaalde correctie bij dit type bochten achterblijft, althans zeker in de eerste groep.

Dat de dwarstractie meer stabiliteit zou geven geldt – althans voor ons eigen kleine materiaal – niet voor de thoracolumbale scoliosen. Maar reeds eerder werd gezegd, dat montage van het dwarstractie systeem op de thoracolumbale overgang stuit op beperkingen van anatomische aard.

Tabel 8.6 Complicaties bij de Harrington spondylodese bij idiopathische scoliose in de tienerleeftijd

auteur	aantal patienten	gemiddelde verkrumming	mislukken instrumen- tatie	neurologische complicaties		pneumo- haemato thorax	infectie	trombose/ embolie	decubitus	pseud- arthrose
				ruggemerg	perifeer					
Goldstein (1969)	107	67°	4,7%		0,9%	2,8%	2,8%	3,7%		3,7%
Tamborino/ Moe(1964)	66	74°	18.1%				10,6%			9,0%
Moe/ Valuska (1968)	173	67°					7%			17%
Leider/Moe (1973)	106	55°	3,7%		0,9%				7,5%	4,7%
Bauer (1979)	99	66°	11,1%	1,1%	2,2%		4,4%	4,4%		
Duhaine (1982)	517	57,9°	5%	0,4%			5%			5%
Daussange (1983)	147	75°		1,4%	3,4%		2,7%	2,0%		5,4%
Veraart I	52	74,7°	17,3%	1,9%	0%	0%	5,8%	3,8%	7,7%	1,9%
Veraart II	44	58,3°	4,5%	2,3%	2,3%	4,5%	2,3%	0%	2,3%	2,3%

Het verlies aan correctie was in de meeste gevallen – 7 van de 11 – aanzienlijk en bleek niet te ondervangen door verlenging van de bedrustperiode en nauwkeurige gipsimmobilisatie, zoals wij aanvankelijk hoopten. De instrumentatie van de thoracolumbale bocht lijkt stabiel te kunnen worden uitgevoerd met behulp van het systeem van “laminar wiring” volgens Luque (1982) of door een ventrale spondylodese volgens de methode van Dwyer of Zielke (Slot, 1982).

Indien bij een thoracale scoliose de instrumentatie blijkt te falen is ré-operatie geïndiceerd. Hierdoor kan correctieverlies vrijwel zeker voorkomen worden (zie onder meer patient 68).

8.8.2. *Neurologische complicaties*

Beschadiging van het ruggemerg, vrijwel steeds optredend door overrekking en zelden door direct letsel, is het meest gevreesd. De tengevolge hiervan optredende ischaemie geeft aanleiding tot het beeld van een deerslaesie, al of niet totaal. MacEwen (1975) heeft er als eerste op gewezen, dat alleen direct opheffen van de tractie c.q. distractie enige kans op herstel biedt; als kritische tijd noemt hij 3 uur na de operatie. Het idee van Ponte (1973) om de ischaemie te bestrijden door de bloeddruk hoger dan normaal op te voeren, lijkt bij gezonde jonge mensen nauwelijks mogelijk (zie ook ziektegeschiedenis patient 84) en heeft ook geen navolging gevonden.

Het percentage ruggemergscomplicaties dat aanvankelijk op ruim 1% lag is gedaald tot 0,5% sinds het invoeren van bewaking peroperatief door de zogenaamde “wake-up” test of door “spinal cord monitoring” (S.R.S. rapporten). Blijvende neurologische schade en met name een zich niet herstellende totale dwarslaesie wordt bij adolescenten thans opgegeven rond de 0,25%.

In ons eigen materiaal is bij patient (6) waarschijnlijk sprake geweest van een zeer lichte vorm van overrekking: de spastische monoparese herstelde zich spontaan in enkele weken.

In het geval van patient (84) is onvoldoende acht geslagen op het niet volkomen symmetrisch functioneren van de voet tijdens de wake-up test. Dit was het eerste teken van een zich daarna snel ontwikkelende bijna totale dwarslaesie, welke ontwikkeling door ré-operatie gecoupeerd kon worden. Overigens wordt slechts zelden bij operatie van een scoliose onder de 60° een ruggemergs-laesie opgegeven. Waarschijnlijk heeft de sterke torsie in het genoemde geval een ongunstige rol gespeeld.

Sporadisch worden gevallen gemeld van dwarslaesieverschijnselen, die pas optreden in de eerste 24 uur ná de operatie (Stagnara, 1982). Het gaat dan meestal om volwassenen met een zeer ernstige scoliose; vaak gaat een periode van tensiedaling vooraf.

8.8.3. Wondinfectie

Het percentage wondinfecties wordt zeer verschillend opgegeven. Lang niet altijd wordt vermeld of prophylactisch antibiotica zijn toegediend. In het "morbidity rapport" 1976 van de S.R.S. wordt een opvallend laag percentage (0,95%) *diepe* infecties opgegeven. Duhaime et al. (1982) geven in een serie van 517 geopereerde idiopathische scoliosen 5% infecties op. Slot (1980) geeft in een overzicht van representatieve series van dorsale spondylodesen met en zonder Harrington fixatie percentages van 2,5% tot 15% op; in het merendeel van de series rond de 5%.

Sinds het invoeren van het prophylactisch gebruik van antibiotica trad in de eigen serie nog één infectie op. De operatie werd gecompliceerd door voortdurende veneuze stuwung.

8.8.4. Trombose en embolie

In ons materiaal werd éénmaal de diagnose trombose en éénmaal die van longembolie gesteld. Gezien de ervaringen bij patient (26) met een diepe trombose in het rechter been en waarschijnlijk ook in de bekkenvaten, alsook bij patient (41) met een longembolie worden vanaf 1974 prophylactisch anticoagulantia toegediend bij deze jeugdige patienten (de eerste drie dagen door middel van dagelijkse toediening van 500ml rheomacrodex; vanaf de tweede dag wordt tevens gestart met coumarine-derivaten). Sindsdien deden zich geen gevallen van manifeste trombose of embolie voor.

N.B. Bij het positioneren van de patient voor de operatie op het frame van Relton en Hall moet er steeds nauwkeurig op gelet worden, dat de liezen vrij zijn van ieder contact met de pelottes van het frame.

8.8.5. Pseudarthrose

Vóór de invoering van inwendige fixatie i.c. Harrington distractie en zeker toen ook nog geen arthrodese van de intergewrichten werd toegevoegd aan de dorsale spondylodese bij scoliose lag het pseudarthrose percentage hoog tussen 10% en 50% (v.d. Eijken, 1973).

Bij de Harrington methode kondigt een pseudarthrose zich vaak aan door materiaalbreuk. McMaster (1982) beschrijft hoe met behulp van technetium-difosfaat-scintigrafie, zeker na een half tot een jaar pseudarthrosen goed zijn op te sporen bij twijfel aan de consolidatie van de spondylodese. In een eerdere mededeling (McMaster, 1982) geeft hij op hoe in zijn materiaal - 406 patienten - het pseudarthrose percentage daalde van 25% naar 3,8%.

Ook hij schrijft deze verbetering, zoals de meeste auteurs, toe aan een zorgvuldige uitvoering van de operatie, te weten arthrodese van de intergewrichten, gebruik van ruime hoeveelheden autogeen cristabot en het toepassen van instrumentatie volgens Harrington.

Het pseudarthrose percentage in de eigen serie - ongeveer 2% - ligt iets lager dan thans gemiddeld in de literatuur wordt aangegeven.

Zelf spreken wij van een pseudarthrose als na beëindiging van de immobilisatie periode op de röntgenfoto's van het spondylodesetraject, genomen in vier richtingen, een onderbreking van de botmassa wordt waargenomen, of als de verkromming nog duidelijk toeneemt na deze periode. Het is namelijk lang niet altijd eenvoudig om de spondylodesemassa over het gehele traject nauwkeurig te beoordelen aan de hand van gewone röntgenfoto's. De technetium-difosfanaat-scintigrafie is in deze een waardevolle aanwinst als diagnosticum.

8.8.6. *Samenvatting*

Bij de Harrington spondylodese zijn het falen van de instrumentatie en beschadiging van het ruggemerg door overrekking de belangrijkste complicaties. Indien het spondylodese traject niet verder reikt dan L_1 , treden er nauwelijks problemen op wat betreft het intact blijven van de instrumentatie. Deze treden wel op als de distractiestAAF over grote afstand het vrij starre thoracale deel van de wervelkolom verbindt met het veel beweeglijker lumbale deel. Instrumentatie fouten zijn vooral te verwachten bij de thoracolumbale bochten, in mindere mate ook bij de thoracaal-lumbale bochten.

De kans op overrekking van het ruggemerg, leidend tot partiële of totale dwarslaesie tengevolge van ischaemie, is vooral aanwezig bij bochten groter dan 60° en waarschijnlijk zeker als deze gepaard gaan met een sterke torsie. Overrekking is vrijwel direct te herkennen bij gebruikmaken van "spinal cord monitoring" of de "wake-up" test.

In dit laatste geval moet erop gelet worden, dat beide voeten krachtig worden bewogen. Bij snel couperen van de overrekking zijn de neurologische symptomen vrijwel steeds grotendeels reversibel; in deze schijnt een termijn van 3 uur een zekere kritische waarde te hebben.

Met de invoering van de Harrington techniek als inwendige fixatie bij de spondylodese is het percentage pseudarthrosen sterk verminderd. Gezien de grootte en de duur van de ingreep, alsook gezien de postoperatieve bedrustperiode van 2 weken lijkt het prophylactisch gebruik van anticoagulantia en antibiotica aan te bevelen.

Na-onderzoek

9.1. Inleiding

De patiënten behandeld in Arnhem en Amsterdam - 80 in getal - werden opgeroepen voor een na-onderzoek. 69 konden daaraan gehoor geven. Voor deze 69 patiënten geldt, dat op het moment van na-onderzoek de tijd verlopen sinds de Harringtonspondylodese varieerde van twee jaar en drie maanden tot 10 jaar en twee maanden, met een gemiddelde van 6½ jaar. De gemiddelde leeftijd ten tijde van de operatie was nagenoeg 15 jaar. De gemiddelde verkromming bedroeg 39,6° (spreiding 16°-80°).

De groep van 69 na-onderzochte patiënten bestond uit 54 vrouwen en 15 mannen. De 46 patiënten, over wie gerapporteerd is in het hoofdstuk over de longfunctie, vormen een onderdeel van deze groep van 69 patiënten.

Het na-onderzoek bestond uit een klinisch onderzoek, aangevuld met röntgenonderzoek en longfunctiebepalingen. Daarnaast werd nagegaan welk beroep de patiënt uitoefende, of hij/zij aan sport deed en of er sprake was van klachten met name rugklachten en klachten over kortademigheid, al of niet bij inspanning.

9.2. Beroep

De beroepsverdeling bij de 15 mannelijke patiënten was als volgt:

- kantoorfunctie 5
- studerend 5
- monteur 2
- zonder beroep 3

Voor de 54 vrouwelijke patiënten was de beroepsverdeling:

- verpleegster/verzorgend beroep 6
- kantoorfunctie 6
- winkelbediende 2
- stewardess 1
- studerend 21
- huisvrouw 10 - hiervan hebben 4 tevens nog een kantoorfunctie
- zonder beroep 8

9.3. Zwangerschap en partus

Uit de groep van 54 vrouwelijke patiënten hadden vier patiënten kinderen – drie – één kind en één – twee kinderen.

Zwangerschap en partus waren alle zonder noemenswaardige bijzonderheden verlopen. Wel waren de genoemde vier vrouwen, op advies, vroegtijdig begonnen met zwangerschapsgymnastiek.

9.4. Sportbeoefening

44 patiënten gaven op regelmatig aan sport te doen, vooral balsporten, tennis, zwemmen, wielrennen.

25 patiënten deden sporadisch of in het geheel niet aan sport; merendeels vanwege gebrek aan tijd of interesse; tweemaal vanwege versnelde vermoeidheid.

9.5. Rugklachten

Onder de 69 patiënten die aan het na-onderzoek deelnamen waren er drie (patiënt 17, 23, 24) die enige vorm van postoperatieve infectie hadden doorgemaakt. Na het verwijderen van het Harrington instrumentarium en het tot genezing brengen van de infectie bleken al deze klachten voorgoed verdwenen.

17 patiënten hadden enige vorm van rugpijn, niet samenhangend met een doorgemaakte infectie.

- a) In twee gevallen was er sprake van – niet ernstige – *nekklachten*.
- b) *Pijnen hoog- en midthoracaal* werden 7 maal opgegeven. Geen van deze klachten was van ernstige aard. De meeste van de klachten bleken samen te hangen met het Harringtoninstrumentarium; vaak was dit – en met name de dwarstractie op het proximale uiteinde van de distractiestaaf – in het pijnlijke gebied in de “diepte” te palperen. Inmiddels werd bij drie van de zeven patiënten het instrumentarium verwijderd; sindsdien zijn deze patiënten klachtenvrij.
- c) *Lage rugpijn*.

Zoals eerder vermeld is het niet voldoende om te vermelden of een patiënt al of niet lage rugpijn heeft. Opgave van frequentie en ernst van de pijn geeft de noodzakelijke differentiatie. Hier wordt gebruik gemaakt van de gradering zoals deze vrij algemeen wordt gehanteerd (zie hoofdstuk 6, I.3). Deze gradering loopt van I tot V; alleen graad III tot en met V hebben directe klinische betekenis. De betekenis van deze graderingen is:

graad III : sporadisch, enkele dagen per jaar lage rugpijn

graad IV : soms, één of enkele dagen per maand lage rugpijn

graad V : frequent, vrijwel dagelijks lage rugpijn

De intensiteit van de pijn is bij graad IV en V groter dan in de overige categorieën.

8 patiënten maakten melding van lage rugpijn. Deze pijnen waren als volgt te graderen:

graad III : 3 maal

graad IV : 4 maal

graad V : 1 maal

Nagegaan is tot hoever het spondylodesetraject reikte naar caudaal in de gehele groep en tot hoever bij hen die lage rugklachten hadden. Men komt dan tot het volgende overzicht:

caudale einde spondylodese	aantal patiënten	aantal patiënten met lage rugpijn	gradering		
			III	IV	V
T ₁₂	19	2	1	1	-
L ₁	24	3	1	1	1
L ₂	12	1	-	1	-
L ₃	5	0	-	-	-
L ₄	8	2	1	1	-
L ₅	$\frac{1}{69}$	$\frac{0}{8}$	$\frac{-}{3}$	$\frac{-}{4}$	$\frac{-}{1}$

9.6. Bespreking gegevens

Zoals eerder gezegd bij de omschrijving van het onderzoek is dit deel ervan slechts oriënterend bedoeld. De follow-up periode is betrekkelijk kort en betreft uitsluitend jongvolwassenen, in de puberteitsleeftijd geopereerd wegens een scoliose. Dit voor ogen houdend kunnen de volgende opmerkingen gemaakt worden:

Degenen, die een beroep uitoefenen, doen dit zonder lichamelijke problemen. Vrijwel allen hebben een fysiek niet zwaar belastend beroep. Bij geen van de elf patiënten zonder beroep, lag de oorzaak daarvan in het feit dat ze lichamelijk gehandicapt waren.

Het merendeel van de onderzochte patiënten beoefent een sport op recreatief niveau. Deze bevinding zegt alleen dát ze aan sport doen c.q. sport kunnen beoefenen, maar niets over de mate van inspanning die ze kunnen opbrengen. Bij de twee patiënten, die mededeelden

geen sport te bedrijven vanwege optredende moeheid, kon voor dit feit geen verklaring gevonden worden in de gegevens van de spirometrie. Wellicht hadden beiden een geringe reservecapaciteit wat betreft hun longfunctie. De begin- en eindwaarden van hun scoliose bedroegen $64^\circ/46^\circ$ (patiënt 30) en $98^\circ/73^\circ$ (patiënt 55).

Slechts 4 patiënten maakten een of tweemaal een zwangerschap met aansluitend een partus door. Zij ondervonden hierbij geen bijzondere problemen. Het is onze ervaring, opgedaan bij een veel groter patiëntenmateriaal dan hier besproken, dat een scoliose, hoe ernstig ook, vrijwel nooit een contra-indicatie vormt voor het doormaken van een graviditeit en partus. Vroegtijdige houdings- en buikspieroefeningen zijn bij deze patiënten van groot belang. Eventueel moet het dragen van steungevende bandage tijdens de zwangerschap overwogen worden. Een spontane bevalling is, naar onze ervaring, ook nog mogelijk bij vrouwen met een zeer ernstige scoliose.

In dit onderzoek met een nog betrekkelijk korte "follow-up", werd slechts viermaal een patiënt aangetroffen met lage rugpijnen graad IV of V. Dit hangt zeer waarschijnlijk samen met het feit, dat slechts in enkele gevallen de spondylodese doorliep tot laag lumbaal (in negen gevallen verder dan L_3 , d.w.z. 8 maal tot L_4 , eenmaal tot L_5). Deze aantallen zijn te gering om er enige conclusie aan te verbinden aangaande de kans op lage rugpijn bij een ver naar caudaal doorlopende spondylodese. In de overgrote meerderheid van de gevallen eindigt de spondylodese op de thoracolumbale overgang of hoog lumbaal. In deze gevallen treden rugklachten zeker niet vaker op dan in een vergelijkbare gezonde populatie.

Longfunctie-onderzoek

10.1. Literatuuroverzicht

10.1.1. Inleiding

Van oudsher is bekend, dat volwassen patienten met zeer ernstige verkrommingen van de thoracale wervelkolom tekenen vertonen van een ziektebeeld gekarakteriseerd door dyspnoe, cyanose en vroegtijdige dood. Het is de hart-longfunctie die bij deze mensen ernstig gestoord is.

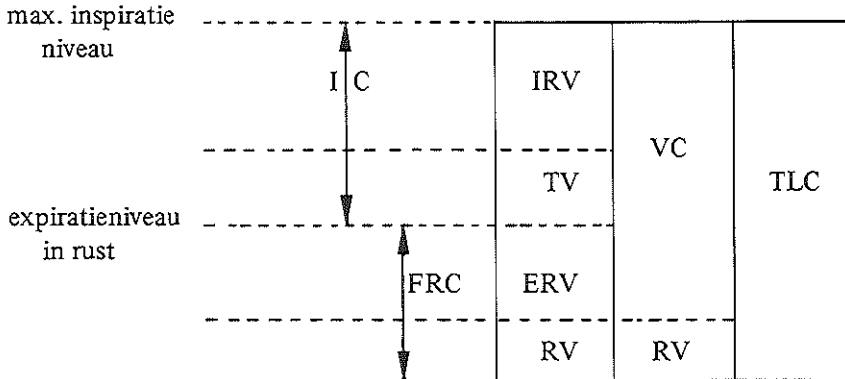
Zorab (1973) beschrijft het functioneren van de long als de "overall" werkzaamheid van dit orgaansysteem om de gaswisseling van het bloed met de buitenlucht mogelijk te maken. Als ervaren clinicus voegt hij daaraan toe, dat een nauwkeurig opgenomen anamnese van de werk- en spelmogelijkheden van de patient - na vastgesteld te hebben dat er geen cardiale of neuromusculaire stoornissen zijn - meer zegt over dit "overall" functioneren dan alle laboratoriumonderzoeken naar de longfunctie.

Toch zijn deze laboratoriumonderzoeken onmisbaar geworden, daar met behulp ervan het mogelijk is klinische impressies te kwantificeren en na te gaan of bepaalde behandelingen leiden tot veranderingen van alle of sommige aspecten van de longfunctie. Verder vormen ze de enige mogelijkheid om bijvoorbeeld veranderingen in de gaswisseling of de pulmonale bloeddoorstroming vast te leggen.

De spirometrie neemt een belangrijke plaats in onder de laboratoriumonderzoeken naar de longfunctie. Met behulp van een spirometer kunnen de longvolumes bepaald worden. De longvolumes worden verdeeld in statische en dynamische volumes. De statische longvolumes zijn de volumewaarden van de longen na bepaalde ademmanoeuvres, waarbij deze manoeuvres niet tijdsafhankelijk worden uitgevoerd; onder de dynamische volumes verstaat men volumes die binnen een gedefinieerde tijd kunnen worden in- en/of uitgeademd, of luchtstroomsterktes afhankelijk van het in- resp. uitgeademde volume (flow / volume relaties).

Alvorens nader in te gaan op de literatuur lijkt het nuttig enige definities te geven.

a) statische volumes



RV : het residuaal *volume* d.w.z. het volume dat na een rustige maximale uitademing nog in de longen en de luchtwegen achterblijft.

ERV : het expiratoire reserve *volume* d.w.z. het maximale volume dat na een rustige uitademing nog extra uitgeademd kan worden.

TV : het ademvolume of teug-*volume* (tidal volume) d.w.z. het volume van de normale, rustige in- of uitademing.

IRV : het inspiratoire reserve *volume* d.w.z. het maximale volume dat ná een rustige inademing nog extra ingeademd kan worden.

IC : de inspiratoire *capaciteit* d.w.z. het maximale volume, dat na een normale uitademing kan worden ingeademd ($IC = IRV + TV$).

FRC : de functionele residuaal *capaciteit* d.w.z. het volume van de lucht in de longen aanwezig na een normale uitademing; ook wel genoemd het "ademniveau" van de long ($FRC = ERV + RV$).

VC : de vitale *capaciteit* d.w.z. het maximale volume dat na een maximale uitademing kan worden ingeademd ($VC = IRV + TV + ERV$).

TLC : de totale long*capaciteit* d.w.z. het totale volume van de lucht in de longen en luchtwegen aan het einde van een maximale inademing.

b) dynamische volumes (indirecte maten voor de weerstand, die de luchtstroom ondervindt).

FEV_1 : het geforceerde expiratoire volume in één seconde d.w.z. het maximale volume dat na maximale inademing in de eerste seconde kan worden uitgeademd.

- FIV_1 : het geforceerde inspiratoire volume d.w.z. het maximale volume dat na maximale uitademing in de eerste seconde kan worden ingeademd.
- MVV_{30} : het maximale volume dat per minuut kan worden in- en uitgeademd bij een frequentie van 30 per minuut (in plaats gekomen van MAMV: maximale adem minuut volume).

Publicaties over longfunctie-onderzoek bij scoliosepatiënten waren gering in aantal en weinig belangrijk, tot in 1959 de publicatie verscheen van Bergofsky, Turino en Fishman getiteld "cardio-respiratory failure in kyphoscoliosis". Hun studie is zo systematisch, kritisch en uitvoerig, dat hier gesproken kan worden van een klassiek werk.

Hierna volgde een stroom van publicaties over dit onderwerp.

In de meeste van deze studies blijkt de - als één geheel - bestudeerde patientengroep *niet* homogeen te zijn wat betreft de oorzaak van de scoliose.

Het lijkt niet teveel gezegd, dat de invloed, die de longfunctie ondergaat bij scoliosen van verschillende origine maar overigens goed vergelijkbaar, verschillend zal zijn.

Zo zal, in tegenstelling bijvoorbeeld met idiopathische scoliosen, bij paralytische scoliosen naast de verkromming vaak tevens een verzwakking van de ademhalingspijnen in het spel zijn; of zullen bij congenitale scoliosen vaak tevens uitgebreide aangeboren deformaties van de ribbenkast aanwezig zijn.

De waarde van de publicaties, berustend op de bestudering van een niet-homogene patientengroep, blijft derhalve beperkt.

Bij de bespreking van de literatuur zal aandacht worden besteed aan die studies, waarbij het patientenmateriaal geheel, of vrijwel geheel bestaat uit patienten met een idiopathische thoracale scoliose.

10.1.2. Het onderzoek van Bergofsky, Turino en Fishman

Bergofsky et al. (1959) stelden zich ten doel een verklaring te geven voor de ontwikkeling van de "cardio-respiratory-failure", zoals door hen vastgesteld bij volwassen patienten met een ernstige scoliose.

Hun onderzoek betrof 27 patienten. Ze hadden allen een ernstige thoracale scoliose en een duidelijke verminderde vitale capaciteit. De meeste patienten waren ouder dan 40 jaar (leeftijdsspreiding: 5 - 64 jaar).

Op 5 na hadden alle patienten een idiopathische scoliose. De schrijvers onderscheidden 3 groepen:

- a. patienten zonder klachten: 10 (verkrumming $70^\circ - 100^\circ$)
- b. patienten met dyspnoe d'effort: 10 (verkrumming $100^\circ - 140^\circ$)
- c. patienten met tekenen van cor pulmonale c.q. decompensatio cordis: 7 (verkrumming $100^\circ - 150^\circ$)

De schrijvers verrichtten klinisch, patholoog-anatomisch en uitgebreid longfysiologisch onderzoek.

De resultaten van hun onderzoeken kunnen aldus worden samengevat:

- 1) Alleen patienten met ernstige thoracale misvormingen d.w.z. met een scoliose groter dan 100° , die tevens een forse kyfotische component vertoont, zijn kandidaat voor hart-longproblemen.
- 2) Het beeld van tekort schieten van de hart-longfunctie gaat gepaard met de volgende pathofysiologische verschijnselen:
 - a) kleine longvolumes: vooral de VC is verkleind; het RV is nauwelijks verminderd.
 - b) klein maximaal adem-minuten-volume (MVV₃₀).
 - c) grote stugheid van de borstkas leidend tot buitensporige ademerbeid en dientengevolge verhoogd energieverbruik (O₂-consumptie).
 - d) snelle oppervlakkige ademhaling, leidend tot alveolaire hypoventilatie.
 - e) pulmonale hypertensie op basis van verhoogde weerstand in het longvaatbed.
- 3) Eenzelfde patroon als onder 2a en 2b wordt verkregen na insnoeren van de borstkas van een gezond individu b.v. door middel van een gips-corset.
- 4) Bij patholoog-anatomisch onderzoek van aan "cardiorespiratory failure" overleden scoliose-patienten blijken duidelijke veranderingen aantoonbaar in de wand van de kleine longvaten. Er zijn - althans post mortem - geen aanwijzingen voor torsie of afknikken van de grote vaten. Tekenen van emphyseem of bronchusobstructie worden evenmin gevonden.

Op grond van deze waarnemingen kwamen de schrijvers tot de volgende hypothese over het ontstaan van de "cardio-respiratory-failure":

bij patienten met een zeer ernstige scoliose met kyfotische component geeft de starre, vervormde thorax aanleiding tot kleine longen met vaak een klein vaatbed. De borstademhaling kost relatief veel energie. Aangezien van nature de meest economische manier van ademen wordt gekozen gaat de patient op den duur snel en oppervlakkig ademen. Dit leidt tot alveolaire hypoventilatie met hypercapnie en hypoxie. De hypercapnie kan leiden tot comateuze toestanden; de hypoxie veroorzaakt constrictie van de precapillaire arteriolen in de long en leidt zo, via pulmonale hypertensie, uiteindelijk tot een cor pulmonale.

Bij het werk van Bergofsky et al. zijn twee kanttekeningen te maken:

- A. Alle patienten die klinische symptomen vertoonden hadden een scoliose van meer dan 100° en allen waren volwassen - 14 van de in totaal 17 zelfs boven de 40 jaar. Het lijkt niet onwaarschijnlijk, dat de leeftijd een belangrijke rol speelt bij het tot ontwikkeling komen van "cardio-respiratory failure".
- B. Bij de besproken patienten is de starheid en verkromming van de thorax zodanig, dat nauwelijks sprake kan zijn van enige effectieve thoracale ademhaling. De ademhaling wordt vrijwel geheel afhankelijk van de functie van het diafragma. Kan het diafragma echter ongehinderd functioneren?

Door de sterke thoraxmisvorming lijkt de aanhechting van het diafragma en daarmee de effectiviteit ervan ongunstig veranderd te worden. Voorts is bekend, dat bij vrijwel alle patienten met een ernstige thoracale scoliose het lumbale deel van de wervelkolom compensatoir verkromt en ineenzakt (telescoop fenomeen). De buikinhoud, waarvoor op deze wijze de ruimte kleiner wordt, wijkt meestal uit naar voren. Of dit ook gepaard gaat met een verhoging van de intra-abdominale druk is, voor zover bekend, niet onderzocht; indien deze druk verhoogd zou zijn, bemoeilijkt het de diafragmale ademhaling. De functie van de buikspieren - hulpspieren bij de uitademing - lijkt eveneens in het geding. Origo en insertie van de buikspieren komen dicht bij elkaar, hetgeen hun functioneren waarschijnlijk ongunstig zal beïnvloeden. Op grond van deze argumenten mag getwijfeld worden aan het normaal functioneren van het diafragma. De vraag lijkt dan ook gewettigd of niet al deze factoren samen op den duur mede-oorzaak zijn voor het ontstaan van de oppervlakkige ademhaling die tot hypoxie leidt. De hypothese, dat bij genoemde patienten deze vorm van ademhaling ontstaat om aldus zo min mogelijk energie te verbruiken (economisch argument) wordt door Bergofsky et al. niet nader geadstrueerd en lijkt aanvechtbaar.

10.1.3. De groei van de long

Studies van Reid (1970, 1971) en Davies en Reid (1970) hebben een beter inzicht gegeven in de ontwikkeling van het longweefsel. Hun voornaamste bevindingen zijn:

- a) de bronchiaalboom is ontwikkeld als de foetus 16 weken oud is.
- b) tussen de 16e en 24e week treedt vascularisatie op. Vorming van de alveolen begint vanaf de 28e week, hun aantal neemt toe tot het 8e jaar. Vanaf het 8e jaar tot aan het einde van de puberteit - de borstkast is dan uitgegroeid - nemen de alveolen wel nog in grootte, maar niet meer in aantal toe.
- c) de pre-acinaire vaten volgen de ontwikkeling van de bronchiaalboom; de intra-acinaire vaten die van de alveoli.

Bij scoliose-patienten vond Reid (1970) dat de musculatuur eerder dan normaal in de pre-capillaire arteriën penetreert, alsook dat de arteriën kleiner blijven met een meer ontwikkelde spierlaag.

10.1.4. De normale longfunctie

Voor de longvolumes zijn referentiewaarden vastgesteld om individueel bepaalde longfunctiewaarden hieraan te toetsen. Als parameters voor de referentiewaarden worden meestal lengte, gewicht, leeftijd en geslacht gebruikt. Bij de referentiewaarden zoals opgegeven door Cotes (1975) worden alleen lengte, leeftijd en geslacht als parameters gebruikt.

10.1.5. Longfunctie-onderzoek bij scoliose patienten

1. Correctiefactor voor de lichaamslengte bij de spirometrie.

Wil men bij scoliose-patienten een vergelijking treffen van bij hen gevonden longfunctiewaarden met de referentiewaarden, dan stuit men op het probleem, dat de gemeten lichaamslengte niet overeenkomt met de ware lichaamslengte c.q. altijd minder is.

- a) De door Trotter en Gleser (1958) opgegeven correlatie tussen lengte tibia en werkelijke lichaamslengte blijkt in de praktijk niet te voldoen (Zorab en Prime, 1963; Johnson en Westgate, 1970).
- b) Hepper et al. (1965) paste voor het eerst de uit de antropologische literatuur bekende correlatie tussen spanwijdte en lichaamslengte toe bij scoliose patienten.

Gazioglu et al. (1968) bevestigde deze correlatie, terwijl kort nadien Johnson en Westgate (1970) de volgende formule ervoor wisten te berekenen:

$$\frac{\text{spanwijdte}}{\text{lichaamslengte}} = 1,03 \text{ (standaard deviatie } \pm 0,2)$$

Door Bjure (1968) is terecht aangevoerd dat deze formule in individuele gevallen sterk kan variëren.

- c) Bjure et al. (1968) vergeleken op röntgenfoto's, gemaakt van de romp van scoliose patienten, de lengte van de wervelkolom gemeten langs de loodlijn én de lengte van de wervelkolom gemeten langs zijn verloop. Uit hun metingen bleek, dat er een lineaire correlatie bestond tussen de logaritme van het lengteverlies van de romp (y) en de mate van verkromming (x) uitgedrukt in de volgende formule:

$$\log(y) = 0,011(x) - 0,177$$

II. Spirometrische gegevens.

a) De statische longvolumes

Vrij eenduidig wordt een verkleining van de TLC en de VC gevonden t.o.v. de normaalwaarde; de afname van het residu (RV) is veel minder sprekend (Inkley, 1969; Zorab, 1973). Met andere woorden: het residu neemt een relatief grotere plaats in bij een kleinere TIC!

Makley et al., (1968) omschrijven een en ander nog nader door aan te geven, dat er een duidelijke correlatie bestaat tussen de afname van de VC en de mate van de verkromming.

Dit wordt eveneens gevonden door Westgate en Moe (1969), Makin et al. (1964), Gazioglu et al. (1968) en Veraart en Beneken Kolmer (1969).

Deze bevindingen lopen parallel met die van Bergofsky (1959).

b) De dynamische longvolumes

De beoordeling hiervan is niét gelijklopend. Gucker (1962) en Inkley (1969) vinden een gelijkblijvend MVV_{30} .

Iticovi (1956) en Westgate en Moe (1969) daarentegen een duidelijk achterblijven; Zorab (1973) vindt dit voornamelijk bij de ernstige scoliosen, evenals Bergofsky c.s. (1959).

Gazioglu et al. (1968) vonden bij een onderzoek van 62 patienten met adolescente thoracale scoliose van gemiddeld 62° , tussen 10 en 20 jaar, dat de stroomsterkte (peak flow, FEV_1) praktisch tot de helft gereduceerd was.

c) De invloed van (gips)corsetten

Het insnoeren van de thorax door corsetten heeft volgens Bergofsky et al. dezelfde invloed op de longfunctie als een vervorming van de thorax door een scoliose, namelijk een restrictieve verandering.

Tot de invoering van het Harrington instrumentarium werden vrijwel alle patienten met een ernstige scoliose vaak langdurig in gipscorsetten behandeld om de progressie tegen te houden c.q. om een zo goed mogelijke pre-operatieve correctie te verkrijgen. Deze pre-operatieve correctiemethoden d.m.v. gips zijn thans grotendeels vervangen door methoden waarbij tractie aan de romp wordt uitgeoefend (b.v. Halotractie, Cotretractie).

Het gipscorset wordt heden ten dage wel nog veelvuldig gebruikt als middel ter immobilisatie nà een Harrington spondylodese. De duur van deze periode varieert van 6 tot 12 maanden. Er zijn slechts enkelen die voor deze immobilisatie uitsluitend gebruik maken van een corset dat de borstkas grotendeels vrijlaat, zoals de Milwaukeebrace (Lacheretz, 1969; Van der Eijken, 1973; Blount 1973; Lindh, 1977).

In dit verband moet erop gewezen worden, dat sommige corsetten die gebruikt worden bij de scoliosebehandeling de borstkas wel sterk omsnoeren met name het corset lyonnais (Stagnara, 1965) en de daarvan afgeleide vormen.

De proef van Bergofsky et al. is door Caro en Dubois (1961) nagenoeg herhaald: door insnoeren van de thorax van gezonde individuen met strakke pleisters bleken de waarden van de VC, de FEV_1 en de MVV_{30} duidelijk verminderd te worden.

Ghesquière et al. (1979) deden onderzoek bij twaalf gezonde proefpersonen. Om de thorax in te snoeren maakten ze gebruik van een opblaasbaar vest.

Hen bleek, dat de ademhaling zich aanpaste aan de insnoering (restrictie) door verhoging van de ademfrequentie en verkleining van het TV.

Di Marco et al. (1981) gebruikten bij zestien gezonde proefpersonen elastische pleisters om restrictie van delen van de thorax te verkrijgen.

Zij vonden een verminderd TV van het ingesnoerde deel van de thorax, maar tegelijk een toename ervan in het niet ingesnoerde deel.

Vanmeenen et al. (1984) vonden bij insnoering van de thorax c.q. het abdomen bij elf jonge, gezonde proefpersonen een verkleining van het TV en de maximale arbeidscapaciteit.

Deze veranderingen waren het duidelijkst bij insnoering van de thorax.

Gucker (1962) rapporteert over 24 patienten, die postoperatief gedurende 10 maanden ingegipst waren. In deze periode daalde de VC en de MVV_{30} met 29% respectievelijk 21% t.o.v. de pre-operatieve waarden, om in het jaar nadien uiteindelijk duidelijk te verbeteren t.o.v. de pre-operatieve waarden.

Bij een groep patienten die postoperatief geïmmobiliseerd werden in een Milwaukeebrace deed zich deze terugval van VC en MVV_{30} niet voor.

N.B. 1. Gucker vermeldt niet of de bepalingen in beide groepen op dezelfde manier, d.w.z. met de patient in liggende houding werden bepaald.

2. Jammer genoeg houdt Gucker bij het afzetten van de door hem gevonden waarden t.o.v. de referentiewaarden onvoldoende rekening met de eerder genoemde parameters en correctiefactor voor de lengte.

Stagnara et al. (1965) waarschuwen bij de conservatieve behandeling van patienten met een infantiele of juveniele scoliose d.m.v. gipsredressie-corsetten voor een vaak dramatische en gevaarlijke vermindering van de VC met wel 40 à 50%.

Lacheretz et al. (1969) onderzochten 60 kinderen, oud $12,1 \pm 2,7$ jaar met een idiopathische scoliose tussen 60° en 120° . Zij vonden bij alle patienten een typisch restrictief longfunctiepatroon.

Conservatieve behandeling in een Milwaukeebrace gaf steeds een verbetering van de spirometrische waarden te zien.

Vervolgens werd het onderzoek uitgebreid tot 250 kinderen met een idiopathische juveniele scoliose. Hierbij bleek, dat de restrictie van de longvolumes reeds begint bij een thoracale scoliose van 30 à 40° .

Makley (1968) bericht over 63 patienten met een scoliose, welke hij operatief behandelde. Ten dele ging het om paralytische scoliosen en deze hadden een gemiddelde kromming van 74° , ten dele om idiopathische scoliosen met een gemiddelde verkromming van 67° . De pre-operatieve correctie geschiedde deels d.m.v. een Rissergips, deels d.m.v. een halo. In de eerste groep (gipscorrectie) noteert hij een duidelijke afname van de VC en MVV_{30} ; in de tweede groep niet. (N.B. in beide groepen werden vergelijkbare correcties van de verkrommingen bereikt).

Gazioglu et al. (1968) daarentegen vonden bij 10 patienten - teenagers met een idiopathische scoliose van gemiddeld 62° - die een Harrington-operatie ondergingen en die pre-operatief in gips gecorrigeerd werden en post-operatief gemiddeld 8 maanden in gips geïmmobiliseerd bleven, één jaar na de operatie een significante toename van TLC, VC en enigszins ook RV (gecorrigeerde waarden).

Bepalingen nadien - ieder jaar gedurende nog 4 jaar - gaven geen verdere verbetering te zien bij 7 van de 10 patienten.

Gazioglu et al. (1968) vonden de volgende toenames (in % t.o.v. de referentiewaarde)

Vitale capaciteit	73%	→	90%
Totale capaciteit	77%	→	97%
Residu	95%	→	110%.

10.1.6. De ventilatie en bloeddorstroming (perfusie)

Bij een gezond individu, dat staat of rechtop zit, blijkt, dat de perfusie aan de basis van de longen veel groter is dan in de longtoppen; voor de ventilatie (verversing per eenheid longvolume) geldt hetzelfde, maar in mindere mate.

Berekent men de verhouding ventilatie/perfusie (V/Q) dan bedraagt deze in de longtop ongeveer 3: halverwege de longen ongeveer 1 en aan de

longbasis ongeveer 0,6. De $\dot{V}\dot{Q}$ voor de gehele long bedraagt ongeveer 0,85. Het verschijnsel van toenemende ventilatie, en de nog sterker toenemende perfusie van longtop naar longbasis kan langs zuiver fysische weg goed verklaard worden. De kwantiteit van ventilatie en perfusie is het grootst in de basale velden.

Dollery et al. (1965) en Gillam (1965) onderzochten bij 10 scoliose-patienten de ventilatie en perfusie met behulp van radioactief xenon. Het ging om 7 jeugdige patienten (15 - 22 jaar) zonder enige klacht en 3 volwassen patienten (34 - 43 jaar), alle 3 met klachten van chronisch hoesten en dyspnoe d'effort. 7 van de 10 patienten hadden een scoliose van meer dan 60° . Bij 9 van de 10 bleek de verdeling van de bloedstroom in de longen afwijkend. Bij 6 patienten werd dit nader onderzocht. Vier toonden een egale verdeling van de perfusie over de longen; 2 toonden een piek in de middengebieden.

Normaliter is de pulmonaaldruk net voldoende om de hydrostatische druk te overwinnen, die nodig is om het bloed van de hilus omhoog te pompen tot in de longtop. In de longtop wordt - althans in rust - de nog geringe resterende druk in de vaten gemakkelijk overtroffen door de alveolaire druk ter plaatse. Het gevolg hiervan is, dat de vaten samengevallen blijven (West et al., 1964).

Dollery et al. (1965) konden hun bevindingen niet verklaren door aan te nemen, dat de pulmonaaldruk bij hun patienten verhoogd was; immers 7 van de 10 patienten waren jong en klachtenvrij. Veel logischer is hun verklaring, dat door de thoracale scoliose de afstand tussen de hilus en de longtop beduidend kleiner is geworden. Derhalve zal de hydrostatische druk die het bloed moet overwinnen om de longtop te bereiken, eveneens kleiner zijn. De dan nog resterende druk in de vaten van de longtop benadert c.q. overtreft nu de locale alveolaire druk: de vaten vallen niet meer samen.

Dollery et al. (1965) wijzen er evenals West et al. (1964) op, dat de longtopgebieden in rust weinig doorbloed worden en dus nauwelijks bijdragen tot de gaswisseling. Bij inspanning neemt al bij geringe stijging van de pulmonaaldruk de doorbloeding van de longtopgebieden toe en daarmee hun bijdrage aan de gaswisseling. Zij beschouwen de longtopgebieden als reservecapaciteit van de longen voor de momenten, dat extra arbeid verricht moet worden. De patient met een ernstige thoracale scoliose gebruikt - zoals zojuist uiteengezet - deze gebieden al in rust. Anders gezegd: hij mist de reserves waarover de gezonde mens bij inspanning beschikt. De prestaties van de scoliose patient zullen achterblijven (Zorab, 1973).

Tenslotte komen Dollery et al. (1965) op grond van hun onderzoek tot de conclusie, dat de long gelegen aan de convexe zijde van de verkromming - in tegenstelling tot de verwachting gewekt door de thoraxfoto - een groter volume heeft dan de concaaf gelegen long en ook de ventilatie en perfusie aan de basis groter is.

Bij een vijftiental patienten onderzochten Shannon et al. (1970) de ventilatie en perfusie m.b.v. radioactief xenon. Bij deze patienten werd tevens een uitvoerig spirometrisch onderzoek verricht, de bloedgaswaarden bepaald en in sommige gevallen de intrapulmonale druk gemeten. Het patientenmateriaal bestond uit 12 meisjes en 3 jongens tussen de 10 en 24 jaar, alle met een forse thoracale scoliose (52° tot 121°). Slechts 2 van hen hadden last van enige dyspnoe d'effort. Iedere patient werd zowel in staande als in liggende houding onderzocht. Staande, om de effecten van de scoliose op de verticale gradiënten van de ventilatie en perfusie na te gaan; liggend, om de regionale verdelingen van ventilatie en perfusie na te gaan.

Evenals Zorab (1973) vonden zij, dat bij scoliosen kleiner dan 60° à 65° geen duidelijke restrictie van de ventilatie aangetoond kon worden. Bij verkrommingen boven de 65° vonden zij een vrij lineair verband tussen de mate van verkromming en de mate van restrictie. Boven de 90° bleek daarenboven de ratio [RV : TLC] extra toe te nemen. Bij vier van de zes patienten, alle met een verkromming groter dan 65° , vonden zij, dat bijna $2/3$ deel van het ventilatoir functionerend longweefsel gelegen was aan de concave zijde.

Zones met gestoorde ventilatie werden vooral in de concaaf gelegen gebieden gevonden in staande houding; bij onderzoek in rugligging verbeterde deze situatie duidelijk. Bij staan neemt de mate van verkromming van een scoliose vrijwel steeds toe. Bovenstaande bevindingen maken aannemelijk dat de toename van de bocht bij staan vooral de long aan de concave zijde samendrukt. Een en ander suggereert, dat correctie en stabilisatie van de verkromming gunstig is voor de gaswisseling, althans als de vaatveranderingen nog niet structureel zijn geworden.

10.1.7. Longfunctie-onderzoek met radioactief xenon

Bjure et al. (1970) verrichtten uitvoerig onderzoek bij 50 patienten met een onbehandelde idiopathische scoliose. De leeftijd variëerde van 11 tot 78 jaar. Bij 40 patienten was sprake van een thoracale, bij 10 van een thoracolumbale scoliose.

De studie beoogde vooral informatie te verkrijgen over de invloed van de leeftijd én van de mate van verkromming op de longfunctie.

27 patienten waren jonger dan 40 jaar; 23 ouder.

De mate van verkromming bedroeg:

< 60° : 14X

tussen 60° en 90° : 11X
 100° : 15X

Bij alle patiënten werd klinisch en spirometrisch onderzoek verricht. Bij 40 patiënten werd tevens, met behulp van radioactief xenon, een onderzoek verricht - in zittende houding - naar luchtwegafsluiting (airway closure).

Het onderzoek leverde de volgende gegevens op:

- a) kortademigheid wordt duidelijk(er) naarmate de verkromming erger én de leeftijd hoger is.
- b) naarmate de verkromming erger is worden de waarden voor TLC, VC en FRC kleiner t.o.v. de referentiewaarden.
- c) bij geen van de patiënten werden tekenen van luchtwegobstructie gevonden.
- d) bij 17 van de 40 patiënten bleek bij rustige maximale uitademing van TLC naar RV, perifere luchtwegafsluiting op te treden voordat het FRC niveau was bereikt. Dit verschijnsel werd waargenomen bij 11 patiënten boven de 40 jaar en bij 6 patiënten onder de 40 jaar; deze laatsten hadden alle een scoliose van meer dan 90°.

N.B. Dit fenomeen wordt bij normale personen pas waargenomen boven de 45 jaar (bij liggen).

Zelfs vonden zij bij sommige patiënten - jong zowel als oud - dat sommige perifere luchtwegen gedurende vrijwel de gehele uitademing gesloten waren.

Dit betekent, aldus de schrijvers, dat sommige scoliosepatiënten normaliter ademen op een niveau waarbij sommige luchtwegen al gesloten zijn met als gevolg een stoornis in de ventilatie/perfusie verhouding. Zij achten dit verschijnsel een van de oorzaken van het tot ontwikkeling komen van respiratoire stoornissen bij patiënten met een ernstige scoliose.

10.1.8. Longfunctie-veranderingen na operatieve behandeling

Over het algemeen wordt een dorsale spondylodese (al of niet met gebruikmaking van het Harrington instrumentarium) bij de idiopathische scoliose verricht tijdens de puberteit. Wil men het effect van deze ingreep op de longfunctie beoordelen, dan zal een onderzoek pre-operatief vergeleken moeten worden met één of meerdere identiek verrichte onderzoeken ná het einde van de behandeling, d.w.z. minimaal 1, meestal 2 jaar post-operatief.

Om juiste en vergelijkbare waarden te krijgen moet echter eerst aan 3 voorwaarden worden voldaan:

- 1) in de periode liggend tussen pre- en postoperatieve onderzoeken groeit de patient. Alleen al op grond daarvan zullen de longvolumes toenemen. Een vergelijking van de gegevens is dus pas mogelijk als de volumes

steeds worden uitgedrukt in een percentage van de bijbehorende referentiewaarde.

- 2) bij het bepalen van de referentiewaarde behorend bij een spirometrie-onderzoek bij een bepaalde patient op een bepaald moment, is een van de parameters de lichaamslengte van de patient op dat moment. Bij scoliose-patienten moet echter niet de actuele lengte, maar de gecorrigeerde lengte gebruikt worden als parameter (zie 10.1.5).
- 3) de onderzochte groep moet homogeen zijn wat betreft de oorzaak en de localisatie van de scoliose. Het overgrote deel van de publicaties, handelend over de longfunctieveranderingen na of tengevolge van een operatie, voldoet niet aan deze basale voorwaarde, zodat de waarde ervan slechts relatief is.

Aan deze 3 voorwaarden voldoen wel de volgende onderzoeken:

- a) Gazioglu et al. (1968) berichten over 33 patienten met een idiopathische scoliose in de leeftijd tussen 10 en 20 jaar; bij allen wordt een Harrington spondylodese verricht met gemiddelde uiteindelijke correctie van 62° naar 21° (41° verbetering!). Bij alle patienten werd spirometrisch onderzoek verricht; alvorens deze uitslagen te toetsen aan de referentiewaarden werd de actuele lengte gecorrigeerd volgens de "spanwijdte methode". Van de 33 patienten bleken 16 reeds pre-operatief te beschikken over een normale spirometrische longfunctie. Een jaar post-operatief bleek een toename voor diverse van de longvolumes; uitgedrukt in percentages van de referentiewaarde werd een gemiddelde stijging vastgesteld voor:

TLC	van 77% → 97%	~ 26%	stijging t.o.v. de genormeerde uitgangswaarde
VC	van 73% → 90%	~ 23%	" " " " "
RV	van 95% → 110%	~ 13%	" " " " "

Een identiek onderzoek, verricht twee resp. vier jaar na de operatie, gaf geen verdere verbetering c.q. verandering te zien.

- b) Lindh en Bjure (1975) berichten over 87 patienten met een idiopathische scoliose; de gemiddelde leeftijd bedroeg 15,6 jaar (van 10 tot 25 jaar) en de behandeling bestond uit een Harrington spondylodese ($85\times$ van een thoracale bocht en $2\times$ van een lumbale bocht) met een uiteindelijke gemiddelde correctie van 72° naar 38° (34° verbetering). Spirometrie-onderzoek had plaats voor én gemiddeld 2,9 jaar na de operatie. Toetsing aan de referentiewaarden had plaats nadat de actuele lengte was gecorrigeerd volgens de methode van Bjure.

De volgende veranderingen werden vastgesteld:

	Absolute waarden (in liters)		Vergelijking met de referentiewaarden (uitgedrukt in percentages van de referentiewaarden)		
	vóór	ná	vóór	ná	
TLC	3,5	4,2	71	81	(stijging 14%)
VC	2,7	3,2	67	77	(stijging 15%)
RV	0,8	1,0	79	89	(stijging 13%)
FRC	1,7	2,1	70	80	(stijging 14%)

De mate van verandering van de VC – uitgedrukt in percentages van de referentiewaarde – geven de auteurs ook nog op in relatie tot de oorspronkelijke verkromming.

	VC vóór	VC ná	
bij verkrommingen $< 60^\circ$	77%	84%	(stijging 9,1%)
bij verkrommingen $60^\circ - 89^\circ$	66%	77%	(stijging 16,7%)
bij verkrommingen $> 89^\circ$	55%	71%	(stijging 29,1%)

Alles bijeen een consistente toename van alle volumes t.o.v. de referentiewaarde. De onderzoekers vonden buitendien een trend naar nog iets betere resultaten bij langere follow-up en indien de operatie was verricht voor het 16e jaar. De schrijvers hechten grote waarde aan het feit, dat ze postoperatief geen insnoerende corsetten, maar ter immobilisatie een Milwaukeebrace gebruikten.

- c) Shneerson en Edgar (1979) berichten over 10 vrouwelijke patienten met een idiopathische thoracale scoliose, die in de leeftijd tussen de 13 en 15 jaar een Harrington spondylodese ondergingen met een uiteindelijke correctie van $65,8^\circ$ naar $27,3^\circ$ (een verbetering van $38,5^\circ$). Geen van de patienten had een bijkomende ziekte.

De postoperatieve immobilisatie bestond uit 4 maanden gips en 8 maanden Milwaukeebrace. De follow-up vond plaats tussen 17 en 23 maanden postoperatief. Bij alle patienten werd voor de operatie en op het moment van follow-up een spirometrisch onderzoek verricht.

Daarbij werd, alvorens te toetsen aan de referentiewaarden, de actuele lengte van de patient gecorrigeerd via de zogenaamde “spanwijdte methode”.

Voor de waarden van de VC, FEV_1 , MVV_{30} en de peak-flow vonden zij een absolute stijging van 9,1% - 15,9%. Na toepassing van de correctie voor lengte en leeftijd bleek geen van de stijgingen significant.

- Overige onderzoeken (bij deze onderzoeken wordt aan een of meer van de eerder genoemde drie voorwaarden *niet* voldaan; zie 10.1.8).

- a) Gucker (1962) bericht over 48 geopereerde scoliose-patienten waarvan 35 met een paralytische scoliose en 13 met een niet-paralytische scoliose. In deze laatste groep vond hij pre-operatief een VC van 80% ten opzichte van de referentiewaarde. De postoperatieve correctie van de bocht bedroeg 58%.

De VC - 6 weken postoperatief gemeten bij de patient liggend in gips - bleek gemiddeld 29% te zijn verminderd (N.B. de VC liggend is normaal al $\pm 15\%$ minder dan de VC zittend!)

Na beëindiging van de behandeling toonde de VC een duidelijke tendens tot verbetering. Uiteindelijk werd in 3 gevallen een verbetering van 10% of meer van de VC ten opzichte van de referentiewaarde bereikt; 10X was er sprake van vrijwel gelijk blijven of gering verlies tot 10% toe; 8X werd een verlies van meer dan 10% genoteerd.

N.B.: Bij toetsing aan de referentiewaarden is de actuele lengte als parameter gebruikt.

- b) Makley (1968) bericht over totaal 63 patienten met - bij aanvang van de therapie - een gemiddelde leeftijd van 14 jaar. De gemiddelde follow-up bedroeg 2 jaar. Voor de niet-paralytische groep - 31 patienten met een gemiddelde verkromming van 67° - werd een correctie van de bocht bereikt van 43%. De waarden van het spirometrisch onderzoek (VC, RV, FEV₁, MVV₃₀) bleken - omgerekend ten opzichte van de referentiewaarde - 3X een verbetering van 10% te tonen; 23X onveranderd te zijn en 5X een verlies van 10% te tonen.

N.B.: Bij toetsing aan de referentiewaarden is de actuele lengte gebruikt als parameter.

- c) Hencke (1973) bericht over 43 patienten, waarvan 15 met een idiopathische scoliose, met een gemiddelde leeftijd van 14,5 jaar, bij wie een Harrington spondylodese werd verricht met aansluitend 1 jaar immobilisatie in gips c.q. ortholeen rompcorset. 21 patienten werden vervolgd tot 2 jaar na de operatie. Bij de idiopathische scoliosen vond hij een vitale capaciteit - omgerekend ten opzichte van de referentiewaarde - pre-operatief van 94%, 1 jaar post-operatief 86% en 2 jaar post-operatief 106%. Voor de waarde van het RV bleek dezelfde tendens te bestaan. Hij meent dat 2 jaar na de Harrington spondylodese een verbetering van de longfunctie verwacht mag worden.

N.B.: Hencke corrigeert in zijn berekeningen niet de actuele lengte en evenmin doet hij een opgave over de ernst van de verkrommingen en de behaalde uiteindelijke correctie.

- d) De publicatie van Hencke et al. (1977), nu aan de hand van een onderzoek bij 53 patienten waarvan 21 met een idiopathische scoliose - 2

tot 5 jaar post-operatief – toont bij dezelfde meetmethoden in principe volkomen identieke resultaten.

N.B.: voor dit onderzoek gelden dezelfde kritische opmerkingen als voor het vorige onderzoek van Hencke.

- e) Westgate en Moe (1969) berichten over 74 patienten met een leeftijd tussen de 13 en 22 jaar die een Harrington spondylodese ondergingen wegens een thoracale scoliose. In 24 gevallen was er sprake van een idiopathische scoliose. De thoracale scoliose bedroeg pre-operatief gemiddeld 87° . De uiteindelijk bereikte postoperatieve verkromming bedroeg gemiddeld 53° . Voor berekening van de pre- en postoperatieve referentiewaarden werd gebruik gemaakt van de pre-operatief gemeten lichaamslengte! Zo berekend vonden zij in de idiopathische groep, één jaar na de operatie een geringe afname van de VC en een lichte toename van het MVV_{30} . Hernieuwd onderzoek twee en vijf jaar later toonde een onveranderd beeld.
- f) Meister en Heine (1973) onderzochten 33 patienten – 12 tot 19 jaar oud – die een Harrington spondylodese ondergingen wegens een thoracale scoliose. Er was 25X sprake van een idiopathische scoliose. De gemiddelde verkromming bedroeg pre-operatief $79,2^\circ$; postoperatief (waarschijnlijk na één jaar) $50,2^\circ$ (correctie van 29°). De waarden van de longvolumes bleken een jaar postoperatief onveranderd ten opzichte van de referentiewaarden.
- N.B.:* Bij de toetsing is de actuele lengte als parameter gebruikt.
- g) Kumano et al. (1982) vonden bij 20 patienten – leeftijd 14 tot 20 jaar – die een Harrington spondylodese ondergingen waarbij een scoliose van gemiddeld 70° gecorrigeerd werd naar gemiddeld 48° (correctie 22°), een jaar postoperatief gèen, maar twee jaar postoperatief wel een significante verbetering van de statische en dynamische longvolumes. Zij schrijven dit toe aan het zo min mogelijk gebruiken van snoerende corsetten in de postoperatieve periode.
- N.B.:* De toetsing aan de referentiewaarden is correct verricht. De groep is echter inhomogeen qua aetiologie en slechts in 12 gevallen was er sprake van een thoracale scoliose.

10.1.9. *Samenvatting*

Door Bergofsky et al. (1959) is objectief vastgelegd, dat zeer ernstige idiopathische scoliosen, d.w.z. de scoliosen van 100° of meer, op volwassen leeftijd leiden tot klinisch waarneembare respiratoire c.q. cardio-respiratoire stoornissen. Deze stoornissen geven zeker aanleiding tot invaliditeit en hebben vaak een vroegtijdige dood ten gevolge. Deze waarneming is nadien van

vele zijden bevestigd. Bergofsky et al. hebben om de door hen waargenomen verschijnselen te kunnen verklaren een werkhypothese opgezet; deze is in het algemeen wel zeer begrijpelijk.

Alleen hun verklaring voor het ontstaan van hypoventilatie is niet erg overtuigend. Zij stellen dat, naarmate de misvorming en stugheid van de thoraxwand toenemen, de normale ademhaling steeds meer energie gaat kosten. Uit "economische overwegingen" zou de patient - zijn beschikbare energie is toch al minder - oppervlakkiger gaan ademen. Wellicht is in dit verband te overwegen dat door diezelfde thoraxmisvorming de aanhechting van het diafragma en daarmee zijn functie als belangrijkste ademhalingspier ongunstig verandert. Eveneens kan men zich afvragen of bij het ineen zakken van de romp de buikinhoud zodanig wordt samengeperst, dat de (tegen)druk ervan op het diafragma is toegenomen en zo de diafragmale ademhaling belemmert.

Een thoracale scoliose geeft aanleiding tot restrictieve longfunctie veranderingen; volgens sommigen is dit reeds vast te stellen als de thoracale scoliose 40° of meer bedraagt, de meeste auteurs vinden duidelijke restrictieve veranderingen bij verkrommingen vanaf 60° . Uit longonderzoek bij scoliose-patienten d.m.v. ventilatie-perfusie-scanning is gebleken, dat bij sciosen van enige betekenis de gebieden in de longtoppen, die bij normale mensen in rust minder doorstroomd worden en als het ware functioneren als reservegebieden, ook in rust doorstroomd worden. Deze scoliose-patienten missen daardoor reservecapaciteit.

Verder lijkt het normale ventilatie/perfusie patroon van de longen geleidelijk te veranderen naarmate de scoliose ernstiger wordt. Verscheidene onderzoekers berichten over verspreide gebieden met gestoorde gaswisseling bij deze patienten.

Zeer interessant is de waarneming dat bij ernstiger sciosen het "closing volume" uitstijgt boven de functionele reservecapaciteit (FRC); dit zou een goede verklaring zijn voor het optreden van locale hypoventilatie bij de patienten met een zeer ernstige scoliose.

Ook van belang is de waarneming, dat bij strekken van de wervelkolom de ventilatie/perfusie verhoudingen in de long, gelegen aan de concave zijde, duidelijk toenemen. Er bestaat nog verschil van mening, welke van beide longen het meeste bijdraagt aan de gaswisseling. Waarschijnlijk is dit de aan de concave zijde gelegen long.

Uit anatomisch onderzoek is bekend, dat het aantal alveoli ná het achtste jaar niet meer toeneemt; wel groeien de aanwezige alveoli tot ongeveer het zestiende jaar (mits daartoe de mogelijkheid is). Vanuit dit standpunt bezien is het zinvol - wil men althans de longfunctie zoveel mogelijk verbeteren - om een eventuele operatie vroegtijdig, liefst nog voor de groeispurt te verrichten.

Overigens zijn slechts sporadisch studies gepubliceerd, die betrouwbare

gegevens verschaffen over opgetreden veranderingen in de longfunctie ten gevolge van een operatie. Goede gegevens zijn alleen dan te verkrijgen als een identieke groep wordt bestudeerd d.w.z. een groep patiënten met een scoliose van gelijke oorzaak en van gelijke vorm en localisatie.

Vergelijking van pre- en postoperatieve waarden is alleen zinvol als de gevonden waarden op de juiste manier uitgedrukt worden in een percentage van de bijbehorende referentiewaarden (zie 10.1.8). In twee studies, die aan al deze criteria voldoen, wordt een toename van de totale en vitale capaciteit van ongeveer 10% gevonden; in twee andere bruikbare studies worden deze verbeteringen na de operatie niet gevonden. Uit de literatuur komt als tendens naar voren, dat het langdurig gebruik van snoerende corsetten in de postoperatieve periode, zeker voor langere tijd (ruim een jaar) en mogelijk zelfs blijvend de longfunctie (-winst) ongunstig zal beïnvloeden. Uit het merendeel van de studies blijkt, dat een relatief duidelijker verbetering van de spirometrisch bepaalde longfunctiewaarden verwacht mag worden, naarmate de te corrigeren scoliose ernstiger is; dit laatste althans zolang de scoliose niet boven ongeveer 100° uitkomt en de patient niet ouder dan ongeveer 20 jaar is. Steeds blijkt, dat de leeftijd een belangrijke factor is bij de verergering c.q. het klinisch manifest worden van de longfunctiestoornissen.

10.2. Eigen onderzoek

10.2.1. Inleiding

Het onderzoek is gebaseerd op longfunctiebepalingen verricht bij 46 patiënten die in de periode van 1975 t/m 1981 in het Onze Lieve Vrouwe Gasthuis te Amsterdam geopereerd werden wegens een idiopathische thoracale scoliose (41 maal) c.q. een thoracaal-lumbale scoliose (5 maal).

De voorwaarde was, dat bij ieder van hen minstens één longfunctie-onderzoek kort voor de operatie was verricht en een controle onderzoek – identiek uitgevoerd – minimaal anderhalf jaar na datum van operatie was verricht.

Bij alle patiënten werd een Harrington spondylodese verricht van de thoracale verkromming (41 maal) of van de thoracale en lumbale verkromming (5 maal). Alle patiënten waren gemiddeld 10 maanden gemobiliseerd in een schouderbedekkend rompgips. Op twee uitzonderingen na waren alle patiënten twee à drie weken post-operatief volledig gemobiliseerd.

Vanaf het moment van opname tot ontslag kregen alle patiënten intensieve fysiotherapeutische begeleiding waarbij de nadruk werd gelegd op ademhalingsoefeningen. In de postoperatieve gipsimmobilisatieperiode

van tien maanden werd getracht dit regime ook thuis zoveel mogelijk en zo nadrukkelijk mogelijk voort te zetten.

10.2.2. Spirometrische bepaling van de statische volumes

Steeds werden bepaald IRV, TV, ERV, RV, FRC, Vc en TLC.

De bepalingen hadden plaats in de week voor de operatie en minimaal 18 maanden na de operatie d.w.z. dat de patiënt dan minstens 8 maanden vrij was van iedere uitwendige beperking van zijn borstkast door gips of andere corsetten.

10.2.3. Methode van spirometrie

I. a) De *spirometrische waarden* werden verkregen in zittende houding met een natte spirometer (Pulmonet Gould-Godart). Als vitale capaciteit (VC) werd opgegeven de grootste waarde uit de eerste drie technisch goed uitgevoerde bepalingen; meestal betrof dit de inspiratoire vitale capaciteit (IVC). Indien de grootste expiratoire vitale capaciteit (EVC) groter was dan de grootste inspiratoire vitale capaciteit, werd de grootste gevonden EVC opgegeven als VC.

De functionele residuale capaciteit (FRC) werd bepaald in een gesloten nat spirometersysteem met behulp van de helium-verdunningsmethode (Pulmonet Gould-Godart) en zuurstofstabilisatie.

Aan het einde van deze bepaling werd het expiratoire reserve volume (ERV) bepaald.

Hieruit resulteerde het residuale volume (RV) volgens de formule $RV = FRC - ERV$.

Het gemiddelde teugvolume (TV, = tidal volume) werd bepaald tijdens drie minuten rustademhaling, nadat de patiënt gewend was geraakt aan de meetprocedure, getuige een stabiel ademniveau (= FRC niveau), of uit het spirogram bij de FRC-bepaling.

Het inspiratoire reserve volume (IRV) werd berekend uit de gemeten waarden voor VC, TV en ERV volgens de formule $IRV = VC - TV - ERV$.

De totale longcapaciteit werd berekend uit de gemeten waarden voor RV en VC volgens de formule $TLC = RV + VC$.

b) De diverse in ml gemeten volumes werden afgerond op een veelvoud van 10. Deze waarden, verkregen uit metingen onder ATPS-omstandigheden, werden herleid tot BTPS-waarden met verrekening van

temperatuur en barometerdruk. Alle opgegeven waarden zijn dus BTPS-waarden.

II. a) Als *referentiewaarden* werden gebruikt die van Cotes et al. (1975) voor VC, RV, TLC, FRC en ERV.

b) De referentiewaarde voor TV werd gesteld op 10% van de TLC-waarde. Het verschil van deze waarde met de referentiewaarde van Cotes voor de inspiratoire capaciteit (IC, = TV + IRV) werd gehanteerd als referentiewaarde voor het IRV.

c) Bij het berekenen van alle genoemde referentiewaarden (die in de onderhavige leeftijdsgroep voornamelijk alleen afhankelijk zijn van lichaamslengte en geslacht) werd op de werkelijk gemeten lichaamslengte een positieve correctie toegepast om het lengteverlies ten gevolge van de scoliose te compenseren (vgl. de methode Bjure, zoals eerder beschreven).

Bij aanwezigheid van méér dan één bocht werd voor elke bocht afzonderlijk het lengteverlies berekend; de som van deze verliezen werd gebruikt als totale lengtecorrectie.

Voor eventuele kyphosen werden geen correcties wat betreft de lengte toegepast.

N.B. Een juist gebruik van de correctiemethode van Bjure vereist een röntgenfoto van de wervelkolom genomen in staande positie in voorachterwaartse richting, genomen ongeveer in dezelfde tijd als het longfunctie-onderzoek. De door ons verrichte longfunctie-onderzoeken werden steeds zo gepland dat deze samenvielen met een toch in het behandelingsschema noodzakelijke röntgenonderzoek van de wervelkolom zoals beschreven.

10.2.4. Spirometrische bepaling van de dynamische volumes

Onder dezelfde omstandigheden als hierboven beschreven is ook de FEV₁-waarde bepaald bij de onderzochte patiënten. De FEV₁ geeft aan het volume, dat na een maximale inademing tot TLC geforceerd snel kan worden uitgedemd in de eerste seconde van deze uitademing.

10.2.5. Patiëntengegevens

De onderzochte groep bestond uit 37 meisjes en 9 jongens.

	voor operatie	na operatie
gemiddelde leeftijd (jaren)	14,7	17,3
leeftijd (spreiding)	12,9-18,4	15-23,5

gemiddelde lengte (cm)	166,5	171,3
gem. gecorrigeerde lengte (cm)	172,0	174,5
gemiddelde verkromming (graden)	61	36
gemiddelde correctie (graden)		25
gemiddelde correctie (in procenten van de uitgangswaarden)		41
gemiddelde follow-up (jaren)		2,6
spreiding follow-up onderzoek (jaren)		1,5-6,2

10.2.6. Resultaten

Allereerst worden de resultaten van alle patiënten tezamen gegeven. Om de resultaten zo goed mogelijk te kunnen vergelijken met elders verrichte studies wordt o.m. in navolging van Lindh (1977) tevens het patiëntenbestand gescheiden in twee groepen en wel:

groep I: alle patiënten met een scoliose $< 60^\circ$: 26 maal
 groep II: alle patiënten met een scoliose $\geq 60^\circ$: 20 maal

N.B. Aangezien de meeste afwijkingen c.q. veranderingen te verwachten zijn in groep II is van deze groep een lijst gemaakt van alle erin behorende patiënten met de mate van verkromming pre-operatief en de mate van verkromming ten tijde van het follow-up onderzoek.

Samenstelling patiëntengroep II (scoliose $\geq 60^\circ$)

pat. nr.	verkromming pre-operatief	verkromming follow-up onderzoek
42	61°	38°
43	60°	38°
44	72°	46°
47	80°	69°
50	72°	41°
51	60°	34°
53	85°	51°
54	66°	47°
55	98°	73°
61	61°	36°
62	66°	37°
64	72°	44°
66	68°	30°
72	68°	36°

pat. nr.	verkromming pre-operatief	verkromming follow-up onderzoek
74	60°	31°
75	80°	35°
78	64°	43°
79	105°	80°
83	60°	34°
86	60°	34°

Totaal 20

Gemiddelde
verkromming 71° 44°

Gemiddelde correctie (in graden): 27°

Gemiddelde correctie (in procenten van de uitgangswaarde): 38%

De resultaten van de spirometrische bepaling van de statistische volumes zijn zowel pre- als postoperatief opgegeven. De gemiddelde waarden voor de gehele groep (n=46) staan vermeld in tabel 10.1;
voor de groep < 60° (n=26) in tabel 10.2;
voor de groep ≥ 60° (n=20) in tabel 10.3.

iedere tabel bevat 5 kolommen:

- kolom a: het gemiddelde van de gemeten waarden in ml (gem. in ml.)
- kolom b: het percentage, dat a inneemt van de bijbehorende TLC (gem. in % TLC)
- kolom c: de referentiewaarde van a in ml (norm. in ml)
- kolom d: het percentage, dat c inneemt van de bijbehorende TLC (norm in % TLC)
- kolom e: de verhouding tussen de gemiddelde gemeten waarde a en de referentiewaarde c in procenten (gem. % N oftewel a % c)

In kolom e is aangegeven hoe de absolute waarde zich verhoudt t.o.v. de verwachte waarde in procenten.

Tabel 10.1

Spirometrische bepaling statische volumes (n=46)

Pre-operatief

	gemeten		normaal		
longvol. ml BTPS	a gem in ml	b gem in % TLC	c norm in ml	d norm in % TLC	e gem % N (a % c)
IRV	1588	40	2075	41	77
TV	499	13	512	10	98
ERV	922	24	1463	28	63
RV	916	23	1076	21	85
FRC	1838	47	2539	49	72
VC	3010	77	4051	79	74
TLC	3926	-	5127	-	77

Post-operatief

IRV	1688	39	2420	45	70
TV	563	13	550	10	102
ERV	1006	23	1310	24	77
RV	1088	25	1098	20	99
FRC	2094	48	2408	44	87
VC	3257	75	4280	79	76
TLC	4345	-	5379	-	81

Tabel 10.2

Spirometrische bepaling statische volumes bij scoliose-groep < 60° (n=26)

	gemeten		normaal		e gem % N (a % c)
	a gem. in ml	b gem in % TLC	c norm in ml	d norm in % TLC	
<i>Pre-operatief</i>					
longvol. ml BTPS					
IRV	1746	43	2019	41	87
TV	460	11	497	10	93
ERV	946	23	1391	28	68
RV	926	23	1044	21	89
FRC	1872	46	2435	49	77
VC	3152	77	3907	79	81
TLC	4078	-	4951	-	82
<i>Post-operatief</i>					
IRV	1739	39	2349	45	74
TV	536	12	544	10	99
ERV	1081	24	1271	24	85
RV	1094	25	1074	21	102
FRC	2175	49	2345	45	93
VC	3356	75	4164	79	81
TLC	4450	-	5238	-	85

Tabel 10.3

Spirometrische bepaling statische volumes bij scoliose-groep $\geq 60^\circ$ (n=20)

Pre-operatief

	gemeten		normaal		e gem % N (a % c)
	a gem in ml	b gem in % TLC	c norm in ml	d norm in % TLC	
longvol. ml BTPS					
IRV	1383	37	2148	40	64
TV	552	15	533	10	103
ERV	891	24	1558	29	57
RV	905	24	1117	21	81
FRC	1796	48	2675	50	67
VC	2826	76	4239	79	66
TLC	3731	-	5356	-	69

Post-operatief

IRV	1621	38	2512	45	64
TV	598	14	558	10	107
ERV	908	22	1362	25	66
RV	1082	26	1129	20	95
FRC	1990	48	2491	45	79
VC	3127	74	4432	80	70
TLC	4209	-	5561	-	75

10.2.7. *Bespreking van de pre-operatief gevonden waarden van de statistische volumes*

Uit het literatuuroverzicht moge duidelijk geworden zijn, dat een thoracale scoliose aanleiding geeft tot veranderingen in de longfunctie van restrictief karakter. Dat mag men ook verwachten gezien het feit, dat door de scoliose de borstkast ineengedrukt wordt.

Meestal volstaat men met de opmerking dat de restrictie van de longfunctie zich kenmerkt door een verkleining van de TLC, maar dat deze verkleining niet in evenredigheid wordt teruggevonden in de samenstellende twee delen van de TLC; integendeel: het RV is relatief weinig afgenomen, de VC - derhalve - relatief veel.

De grens (mate van verkromming) waarbij deze restrictieve veranderingen voor het eerst waarneembaar zijn, wordt verschillend opgegeven. Terwijl meestentijds ervan wordt uitgegaan, dat tot een verkromming van 60° geen duidelijke veranderingen zijn te constateren, heeft Lacheretz (1969) bij een uitvoerig en goed gedocumenteerd onderzoek bij kinderen met een idiopathische scoliose waargenomen, dat de restrictie van de longvolumes reeds begint bij een thoracale scoliose van 30° à 40° .

De gegevens van ons eigen onderzoek - totaal 46 patiënten - staan samengevat in tabel 10.1. t/m 10.3.

In verband met voorgaande opmerkingen is in eerste instantie op twee zaken gelet:

- I de gemeten waarden in vergelijking met hun referentiewaarden
- II de onderverdeling van de gemeten TLC in de diverse statische volumes in vergelijking met die onderverdeling zoals opgegeven bij de corresponderende referentiewaarden.

Voor de overzichtelijkheid zijn de pre-operatieve gegevens uit de tabellen 10.1. t/m 10.3 kolom a t/m d in staafdiagrammen afgebeeld (figuur 10.1.).

ad I Voor het totale patiëntenmateriaal ($n=46$; gemiddelde scoliosehoek 61°) is de gemiddelde totale longcapaciteit (TLC) afgenomen tot 77% van de norm. In de groep scoliösen $< 60^\circ$ is de daling minder en wel tot 82% van de norm; in de groep scoliösen $\geq 60^\circ$ ($n=20$) is de vermindering groter en wel tot 69% (zie tabel 10.1. t/m 10.3., kolom e). Verder valt op, dat het gemeten TV (in ml) in alle groepen vrijwel gelijk is aan de referentiewaarde (in ml). Van geen der andere subvolumes kan dat gezegd worden.

ad II - Het RV neemt een groter deel van de - te kleine - TLC in dan verwacht en in de groep scoliösen $\geq 60^\circ$ wordt dit nog duidelijker. Daar de VC het complement van het RV is binnen de TLC, is

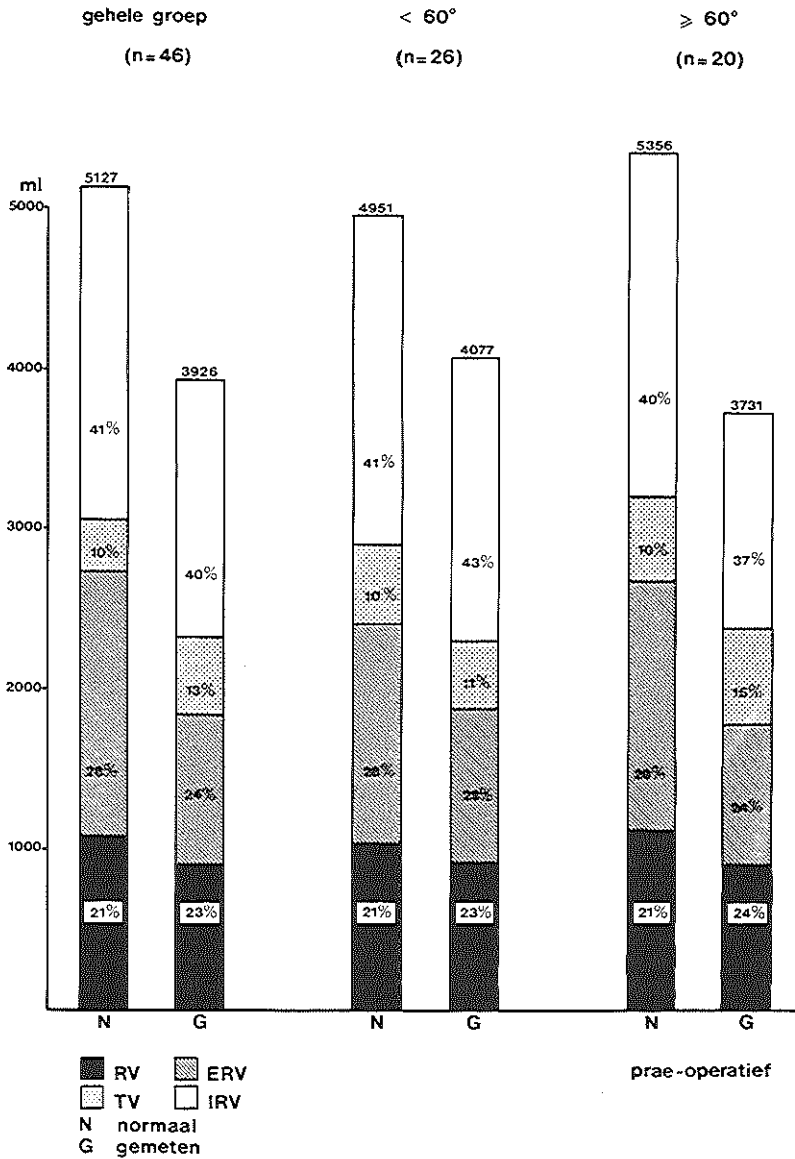


fig. 10.1. De gemiddelde waarden gevonden bij praeoperatief uitgevoerde spirometrie (G); ter vergelijking ernaast de bijbehorende referentiewaarden (N).

het deel van de VC binnen de TLC kleiner dan verwacht en in de groep scoliosen $\geq 60^\circ$ is dit nog verder afgenomen.

- Het deel dat het ERV inneemt binnen de - te kleine - TLC blijft vrijwel constant te laag t.o.v. de verwachting.
- Het deel dat de FRC inneemt binnen de TLC blijkt ook kleiner dan verwacht, ondanks het feit, dat de RV ($FRC = ERV + RV$) een groter deel inneemt dan verwacht. De vermindering van het FRC-deel houdt ongeveer gelijke tred met de vermindering van het VC-deel.
- Het deel ingenomen door het TV ligt duidelijk boven de verwachting; in de groep scoliosen $\geq 60^\circ$ wordt dit beeld duidelijker.
- Door het afnemen van de FRC heeft de long in ruststand minder ruimte dan verwacht.

10.2.8. Conclusies n.a.v. de pre-operatief gevonden waarden van de statische volumes

- a. Bij de door ons onderzochte 46 patienten met een gemiddelde scoliosehoek van 61° wordt pre-operatief - en vaak ook zonder enige verdere voorafgaande behandeling, zodat hier met recht gesproken kan worden van waarnemingen in het natuurlijke beloop van de scoliose - het beeld gevonden van een restrictieve longfunctie d.w.z. een verkleining van de TLC. Tevens vonden wij een relatieve vergroting van het RV resp. relatieve verkleining van de VC. Bij toeneming van de verkromming wordt dit beeld nog duidelijker (scoliose-groep $\geq 60^\circ$). Het beeld van een restrictieve longfunctie wordt ook reeds duidelijk gevonden bij de verkrommingen $< 60^\circ$ (gem. 53°).
- b. Het niveau van de FRC is het niveau waarboven de normale ademhaling plaats vindt. Dit heet het normale eindexpiratoire ademniveau. In onze patientengroep ligt dit niveau zowel absoluut als ook relatief lager dan normaal, voornamelijk door absolute en relatieve verkleining van het ERV (het RV is absoluut verkleind, maar relatief duidelijk groter dan verwacht).
De "verschuiving van het ademniveau naar expiratoir" is een kenmerk van de meeste restrictieve afwijkingen.
- c. In normale omstandigheden is het eindexpiratoire niveau (FRC-niveau) het niveau waarbij de passieve trekkracht van het longweefsel wordt gecompenseerd door passieve tegenkrachten van de thoraxwand. Bij verlaging van het FRC-niveau wordt dit evenwicht van passieve krachten verbroken en kan alleen hersteld worden door "toevoeging" van actieve krachten i.c. van de ademhalingsmusculatuur.

- d. Daar het absolute TV (gemeten) bij de patienten uit onze groep vrijwel gelijk blijft aan de norm, zal bij rustige ademhaling en normale frequentie de verversing van de lucht in de longen gewaarborgd zijn. Het longvolume, dat bij de ademhaling dient als buffer - de FRC - is kleiner dan normaal en neemt nog verder af bij toeneming van de verkromming. Hierdoor neemt de kans op schommelingen van de alveolaire gasdrukken toe met als gevolg dat ook in het arteriële bloed de schommelingen van de p_{CO_2} en p_{O_2} groter worden.
- e. Bij inspanning wordt het ademniveau verplaatst naar een lager expiratie- en een hoger inspiratieniveau: een groter deel van de VC (bij grote inspanning de gehele VC) wordt gebruikt voor de alveolaire ventilatie. Naarmate de VC kleiner is - en de VC is constant te klein bij patienten met een restrictief longlijden - neemt de ventilatoire reserve, en daarmee de inspanningstolerantie, af.
- f. Concluderend bevestigt het verrichte onderzoek, dat een thoracale scoliose van enige omvang aanleiding geeft tot een restrictief longlijden met een duidelijk verkleinde TLC en binnen die TLC een relatief vergroot RV en een relatief te kleine VC. Deze veranderingen worden reeds gevonden bij scoliosen kleiner dan 60° en nemen toe bij verergering van de scoliose. Verder toont het onderzoek, dat het normale eindexpiratoire niveau (FRC-niveau) absoluut en relatief lager ligt dan normaal hetgeen voornamelijk op rekening komt van een absolute en relatieve verkleining van het ERV. Het absolute TV daarentegen blijft vrijwel onveranderd. Kans op schommelingen van alveolaire gasdrukken en zo ook van de gasdrukken in het bloed, dat de longen verlaat, neemt hierdoor toe. De vraag doet zich voor of bij verlaging van het FRC-niveau nog wel een evenwichtstoestand bestaat tussen de passieve krachten, tussen longen en thorax; zo niet dan zal het evenwicht slechts gehandhaafd kunnen worden door toevoeging van actieve (musculaire) krachten, hetgeen energie kost.
(N.B. in deze studie is de ademarheid niet gemeten).
Verder is bij verlaging van het FRC-niveau de long in deze rusttoestand minder ontplooid dan normaal en is de kans op airway closure tijdens ademen groter (zie hiertoe ook 10.1.7.). Eerder optreden van airway closure dan normaal werkt ongunstig voor wat betreft de arteriële O_2 -spanning (er treedt een groter shunt-effect op door afname van de \dot{V}/\dot{Q} verhouding in die gebieden).

10.2.9. *Bespreking van de postoperatief gevonden waarden van de statistische volumes*

Voor de overzichtelijkheid zijn de postoperatieve gegevens uit de tabellen

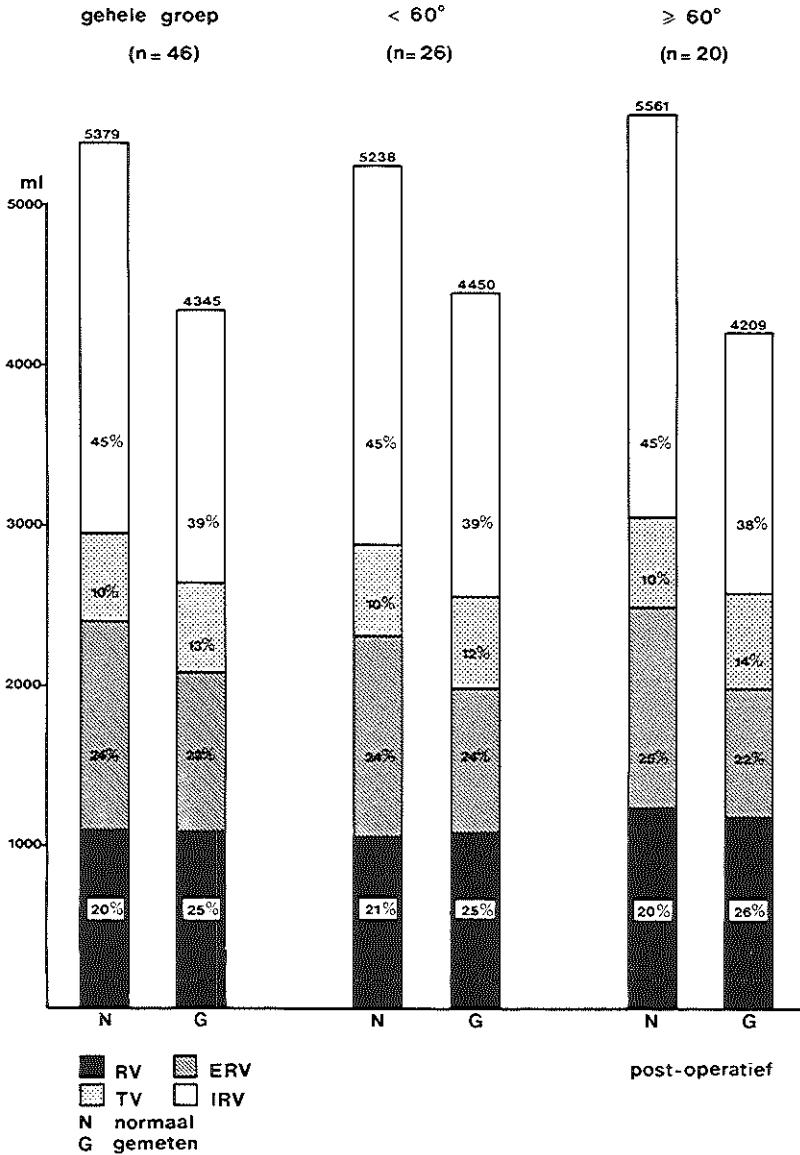


fig. 10.2. De gemiddelde waarden gevonden bij praeoperatief uitgevoerde spirometrie (G); ter vergelijking ernaast de bijbehorende referentiewaarden (N).

10.1. t/m 10.3. kolom a t/m d in staafdiagrammen afgebeeld (fig. 10.2.), dit naar analogie van de pre-operatieve gegevens in fig. 10.1.

Hieruit moge blijken, dat het restrictieve karakter van de longfunctie ook postoperatief blijft bestaan. De TLC blijft te klein met een relatief duidelijk vergroot RV.

De verandering van de gemiddelde verkromming t.g.v. de operatie be draagt:

gehele groep (n=46): $61^\circ \rightarrow 36^\circ$ (verbetering: 25°),
 $< 60^\circ$ (n=26): $53^\circ \rightarrow 30^\circ$ (verbetering: 23°),
 $\geq 60^\circ$ (n=20): $71^\circ \rightarrow 44^\circ$ (verbetering: 27°).

10.2.10. *Vergelijking van de gevonden absolute waarden voor en na de operatie*

In absolute zin blijken alle longvolumes na de operatie te zijn toegenomen.

Cijfermatig is dit weergegeven in tabel 10.4., met daarbij de procentuele verandering der absolute waarden.

Tabel 10.4.

Vergelijking absolute waarden + procentuele veranderingen voor en na de operatie voor de gehele groep (n=46)

	gemiddel gemeten in ml		perc. verandering ná/vóór %
	vóór	na	
IRV	1588	1688	106%
TV	499	563	113%
ERV	922	1006	109%
RV	916	1088	119%
FRC	1838	2094	114%
VC	3010	3257	108%
TLC	3926	4345	111%

Het enige, dat van deze gegevens gezegd kan worden, is, dat de toeneming van de volumes - uitgedrukt - in absolute waarden - een gevolg is van groei én operatie-effect samen.

10.2.11. *Vergelijking van de "genormeerde" longvolumes voor en na de operatie*

Wil men het effect van de operatie nagaan, dan zal de factor groei uitgeschakeld moeten worden. De lichaamslengte van iedere patient - nog in de

groeifase – is verschillend voor en na de operatie. De mate van verkromming is voor iedere patient pre- en postoperatief verschillend. Eerst zullen dus alle gevonden lengtewaarden – zowel pre- als postoperatief – gecorrigeerd moeten worden voor het lengteverlies tengevolge van de mate van verkromming ten tijde van de meting. Aan de hand van deze zo gecorrigeerde lengtewaarden zijn de referentiewaarden pre- en postoperatief voor iedere patient vast te stellen en met elkaar te vergelijken.

Deze gegevens zijn voor de gehele groep en voor de groep met scoliose $< 60^\circ$, resp. $\geq 60^\circ$ samengebracht in tabel 10.5. t/m 10.7. zowel voor de *absolute waarden* als voor de *percentuele verdeling van de TLC*. Om tot een juiste gemiddelde ratio te komen van de metingen postoperatief en pre-operatief is eerst de ratio voor iedere patient apart berekend per bepaald longvolume en daarna de som van deze individuele ratio's per bepaald longvolume gemiddeld.

a. De absolute waarden.

In de tabellen 10.5. t/m 10.7. is bij de cijfermatige berekening uitgegaan van de *gemiddelde* gemeten waarden en de daarbij behorende referentiewaarden. De veranderingen, die optreden tengevolge van de operatie, zijn te vinden in de derde kolom waarin de verhouding (ratio) staat tussen de metingen post- en pre-operatief; deze ratio's geven een gemiddelde verandering aan. Ten overvloede zijn de opgetreden veranderingen ook nog aangegeven in percenten ($\Delta \% \text{ n\acute{a}/v\acute{o}r}$).

Hoe deze gemiddelde verandering tot stand is gekomen, kan nader inzichtelijk gemaakt worden in diagrammen (zie figuren 10.3 t/m 10.9).

Van ieder der bepaalde volumes is zo'n diagram gemaakt, waarin voor ieder der 46 patienten *afzonderlijk* in één punt is af te lezen hoe groot dat genormeerde volume is vóór de operatie en erná. Voor alle punten die op de X=Y-lijn liggen geldt, dat het genormeerde volume gelijk is gebleven.

Indien het genormeerde volume is toegenomen, ligt het punt boven de X=Y-lijn; is het afgenomen, dan ligt het punt eronder.

Verder is uit de diagrammen af te lezen of de waarden pre-operatief

- a) beneden de norm liggen en dit na de operatie ook blijven
(punten in het linker onderkwadrant)
- b) beneden de norm liggen en post-operatief boven de norm uitkomen
(punten in het linker bovenkwadrant)
- c) boven de norm liggen maar post-operatief eronder dalen
(punten in het rechter onderkwadrant)

- d) boven de norm liggen en dat post-operatief ook blijven
(punten in het rechter bovenkwadrant)

Door op te letten hoe in de diagrammen de punten liggen t.o.v. de $X=Y$ -lijn en in welke kwadranten ze liggen, is een goed inzicht te krijgen in de verandering der diverse volumes t.g.v. de operatie.

Onder ieder diagram is in een tabel aangegeven hoeveel genormeerde waarden in totaal onveranderd zijn gebleven ($n = v$) c.q. toegenomen ($n > v$) of afgenomen ($n < v$), en dit zowel voor de gehele groep als voor de groep $< 60^\circ$ en de groep $\geq 60^\circ$. De verhouding tussen het aantal toegenomen en afgenomen waarden zegt iets over de kans hoe het bepaalde genormeerde volume veranderd is als gevolg van de operatie.

Door middel van statistische analyse is dit nauwkeurig te benaderen. Statistische evaluatie van de data werd uitgevoerd op basis van de non-parametrische Wilcoxon paired sample sign test. Er werd tweezijdig getoetst met een kritische waarde voor 2α van 5% (tabel 10.8).

Tabel 10.5. Gehele groep (n = 46)

I Absolute waarden als % van verwacht vóór/absolute waarden als % van verwacht ná

	gemeten als % verwacht vóór	gemeten als % verwacht ná	ratio ná/vóór	Δ % ná/vóór
RV	85%	99%	1,17	+ 17%
ERV	63%	77%	1,22	+ 22%
TV	98%	102%	1,05	+ 5%
IRV	77%	70%	0,91	- 9%
VC	74%	76%	1,02	+ 2%
TLC	77%	82%	1,06	+ 6%
FRC	72%	87%	1,20	+ 20%

II Verdeling TLC in % van verwacht vóór / idem ná

	gemeten in % verwacht vóór	gemeten in % verwacht ná	ratio na / voor	Δ % ná/vóór
RV % TLC	111%	123%	1,10	+ 10%
ERV % TLC	83%	95%	1,15	+ 15%
TV % TLC	127%	129%	1,01	+ 1%
IRV % TLC	100%	86%	0,86	- 14%
VC % TLC	97%	94%	0,97	- 3%
TLC % TLC	norm	norm	1,00	-
FRC % TLC	95%	108%	1,14	+ 14%

Tabel 10.6. Scoliose-groep $< 60^\circ$ (n=26)

I Absolute waarden als % van verwacht vóór/absolute waarden als % van verwacht ná

	gemeten als % verwacht vóór	gemeten als % verwacht ná	ratio ná/vóór	Δ % ná/vóór
RV	89%	102%	1,15	+ 15%
ERV	68%	85%	1,25	+ 25%
TV	93%	99%	1,06	+ 6%
IRV	87%	74%	0,86	- 14%
VC	81%	81%	1,00	-
TLC	82%	85%	1,03	+ 3%
FRC	77%	93%	1,21	+ 21%

II Verdeling TLC in % van verwacht vóór /idem ná

	gemeten in % verwacht vóór	gemeten in % verwacht ná	ratio ná/vóór	Δ % ná/vóór
RV % TLC	108%	120%	1,12	+ 12%
ERV % TLC	83%	100%	1,21	+ 21%
TV % TLC	113%	118%	1,04	+ 4%
IRV % TLC	105%	87%	0,83	- 17%
VC % TLC	98%	95%	0,97	- 3%
TLC % TLC	norm	norm	1,00	-
FRC % TLC	93%	109%	1,17	+ 17%

Tengevolge van de operatie neemt de TLC significant toe met 6% althans als men de groep als een geheel beschouwt (n=46). Bij uitsplitsing van de gehele groep blijkt, dat:

- de toename in de groep $< 60^\circ$ van 3% niet significant is,
- de toename in de groep $\geq 60^\circ$ van 9% wel significant is.

De VC verandert niet significant bij bestudering van de gehele groep; in de groep $\geq 60^\circ$ is een toename van 6% net significant. De toename van de FRC met 21% resp. 19% heeft een grote significantie. Aan de toename van de FRC wordt bijgedragen door beide bestanddelen waaruit de FRC bestaat te weten RV en ERV. Bij de groep $< 60^\circ$ is het meest opvallende het herstel van het ERV. Bij de groep $\geq 60^\circ$ is er ook een herstel van het ERV maar minder sterk. Het RV neemt percentueel meer toe in de groep $\geq 60^\circ$ dan in de groep $< 60^\circ$.

b. De percentuele verdeling van de TLC.

Uit de gegevens verzameld in tabel 10.5. t/m 10.7. onder II is af te lezen of er nog veranderingen optreden in de onderlinge verhouding van de subvolumes als de verandering van de TLC als norm wordt genomen.

Tabel 10.7. Scoliose-groep $\geq 60^\circ$ (n=20)

I Absolute waarden als % van verwacht vóór/absolute waarden als % van verwacht ná

	gemeten als % verwacht vóór	gemeten als % verwacht ná	ratio ná/vóór	Δ % ná/vóór
RV	81%	96%	1,18	+ 18%
ERV	57%	67%	1,17	+ 17%
TV	104%	107%	1,04	+ 4%
IRV	64%	65%	1,01	+ 1%
VC	67%	71%	1,06	+ 6%
TLC	70%	76%	1,09	+ 9%
FRC	67%	80%	1,19	+ 19%

II Verdeling TLC in % van verwacht vóór /idem ná

	gemeten in % verwacht vóór	gemeten in % verwacht ná	ratio ná/vóór	Δ % ná/vóór
RV % TLC	116%	127%	1,09	+ 9%
ERV % TLC	82%	88%	1,07	+ 7%
TV % TLC	148%	142%	0,96	- 4%
IRV % TLC	93%	85%	0,92	- 8%
VC % TLC	96%	93%	0,97	- 3%
TLC % TLC	norm	norm	1,00	-
FRC % TLC	96%	106%	1,10	+ 10%

Tabel 10.8. Veranderingen in de genormeerde longvolumes t.g.v. de operatie: resultaten statistische analyse.

	gehele groep (n = 46)		groep $< 60^\circ$ (n = 26)		groep $\geq 60^\circ$ (n = 20)	
	Δ % ná/vóór	2α	Δ + ná/vóór	2α	Δ % ná/vóór	2α
IRV	- 9%	0,08	- 14%	$<0,001$	0	N.S.
TV	+ 5%	N.S.	+ 6%	N.S.	+ 4%	N.S.
ERV	+ 22%	0,002	+ 25%	0,008	+ 17%	0,01
RV	+ 17%	$<0,001$	+ 15%	0,01	+ 18%	0,02
VC	+ 2%	N.S.	0	N.S.	+ 6%	0,05
FRC	+ 20%	$<0,001$	+ 21%	$<0,001$	+ 19%	0,006
TLC	+ 6%	$<0,001$	+ 3%	N.S.	+ 9%	0,002

N.S. = niet significant

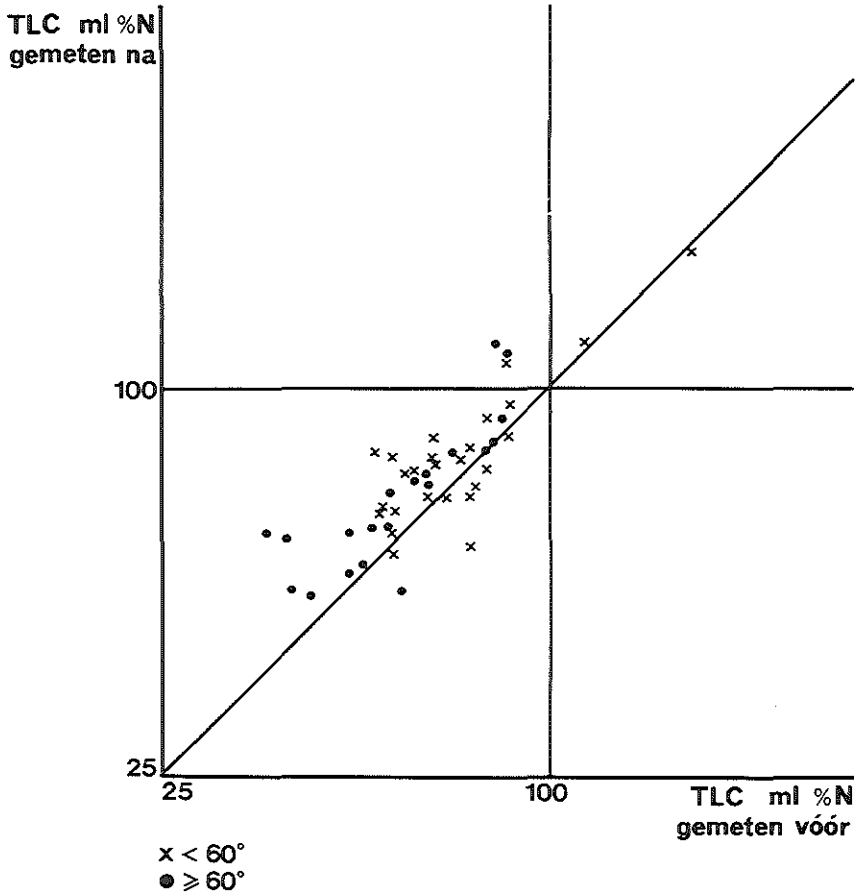


Fig. 10.3. TLC - bepalingen

De meeste punten - en zeker wat betreft die van de groep $\geq 60^\circ$ liggen boven de X=Y-lijn. De mate van toename is gemiddeld gezien niet groot. Bij telling wordt gevonden:

Telling:	gehele groep (46)	< 60° (26)	$\geq 60^\circ$ (20)
na > voor	34	17	17
na < voor	8	6	2
na = voor	4	3	1

Vooraf bij de groep $\geq 60^\circ$ lijkt de toename van de TLC significant. Vrijwel alle waarden blijven onder de norm.

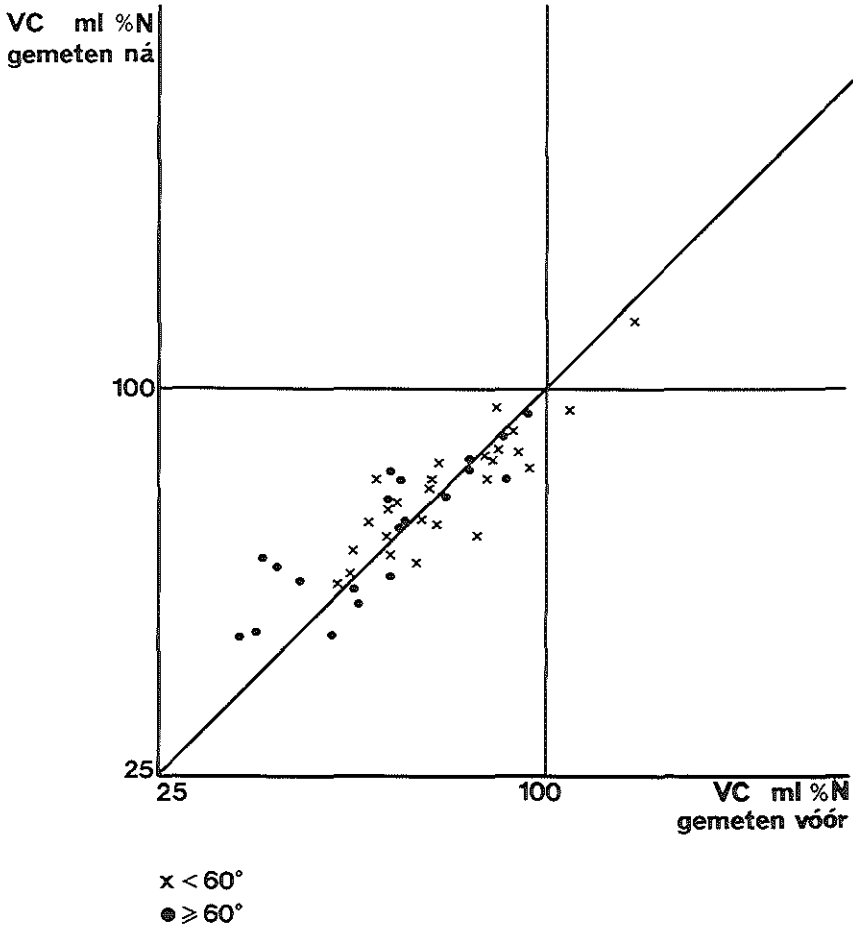


Fig. 10.4. VC-bepalingen

De punten liggen gelijkmatig vlak rond de X=Y-lijn, dit geldt voor beide groepen.

Telling:	gehele groep (46)	< 60° (26)	≥ 60° (20)
na > voor	23	12	11
na < voor	22	13	9
na = voor	1	1	-

De VC lijkt gemiddeld praktisch onveranderd te blijven. Vrijwel bij alle patienten blijft de VC voor en na de operatie beneden de norm.

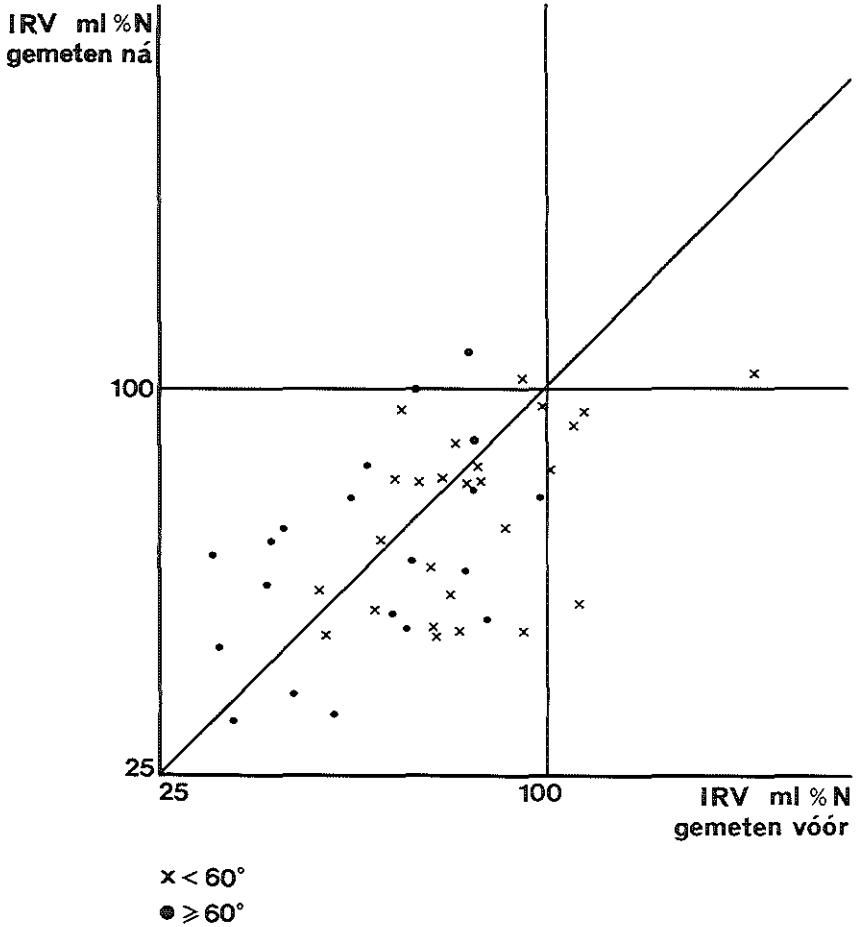


Fig. 10.5. IRV - bepalingen

Enige spreiding van de punten rond de X=Y-lijn, met een tendens tot afname na de operatie vooral voor de groep $\lt; 60^\circ$. De overgrote meerderheid blijft ook na de operatie te klein t.o.v. de norm.

Telling:	gehele groep (46)	$\lt; 60^\circ$ (26)	>math>\ge 60^\circ</math> (20)
na > voor	18	8	10
na < voor	28	18	10
na = voor	-	-	-

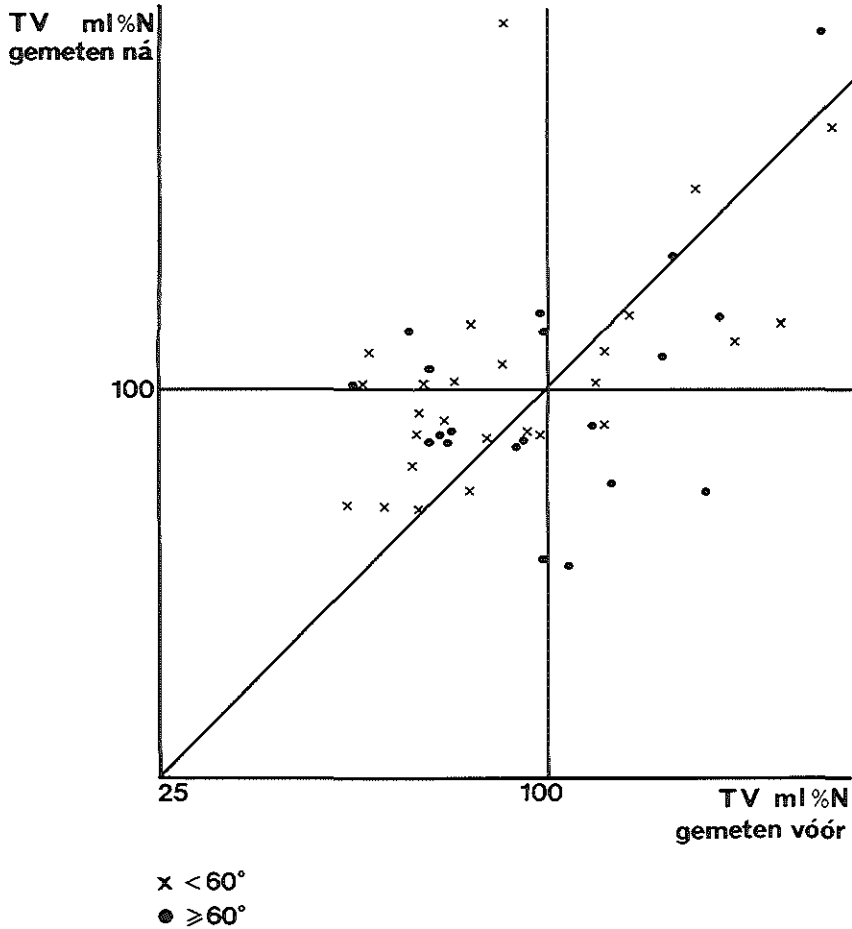


Fig. 10.6. TV - bepalingen

Matige spreiding van de punten rond de X=Y-lijn, met een enkele uitschieter. Voor het merendeel liggen de punten dichtbij of boven de norm pre- en postoperatief.

Telling:	gehele groep (46)	$< 60^\circ$ (26)	$\geq 60^\circ$ (20)
na > voor	26	15	11
na < voor	19	10	9
na = voor	1	1	-

Het TV toont geen opvallende verandering door de operatie en blijft gemiddeld dichtbij of boven de norm.

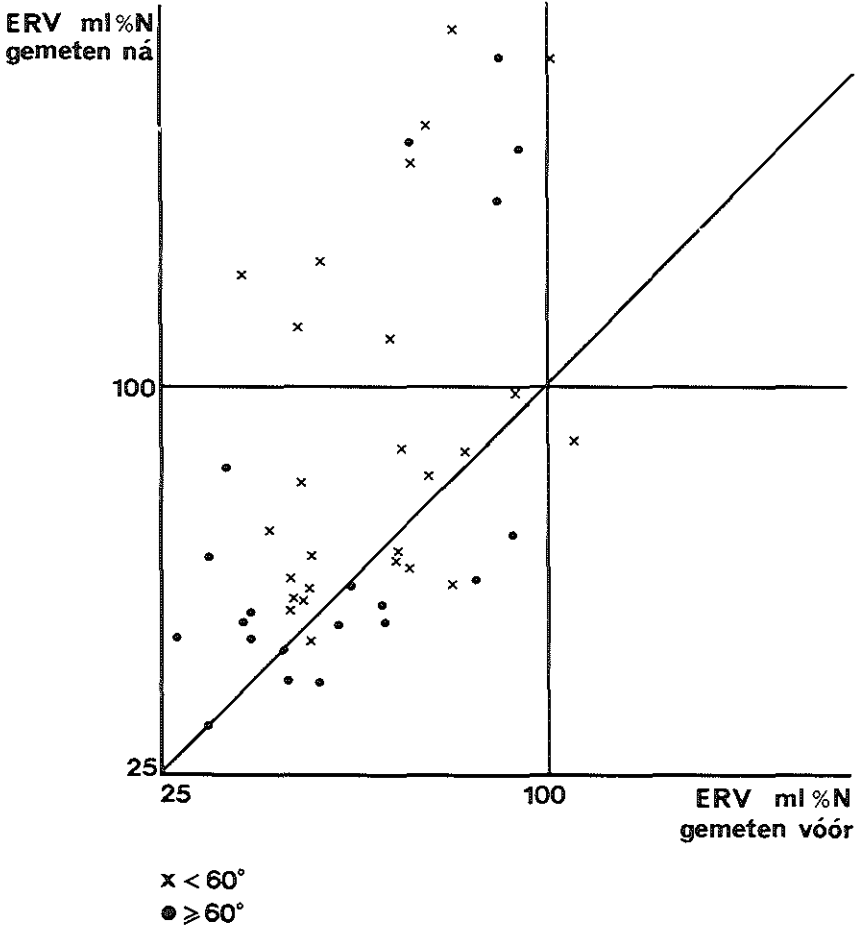


Fig. 10.7. ERV - bepalingen

Het merendeel van de punten, vooral voor de groep 60° , ligt - vaak beduidend - boven de X=Y-lijn. Pre-operatief liggen alle waarden op één na beneden de norm: postoperatief komt ongeveer 25% van alle metingen boven de norm uit.

Telling:	gehele groep (46)	<math>< 60^\circ</math> (26)	>math>\ge 60^\circ</math> (20)
na > voor	30	20	10
na < voor	13	6	7
na = voor	3	-	3

Het ERV neemt postoperatief duidelijk toe, maar blijkt gemiddeld te klein t.o.v. de norm.

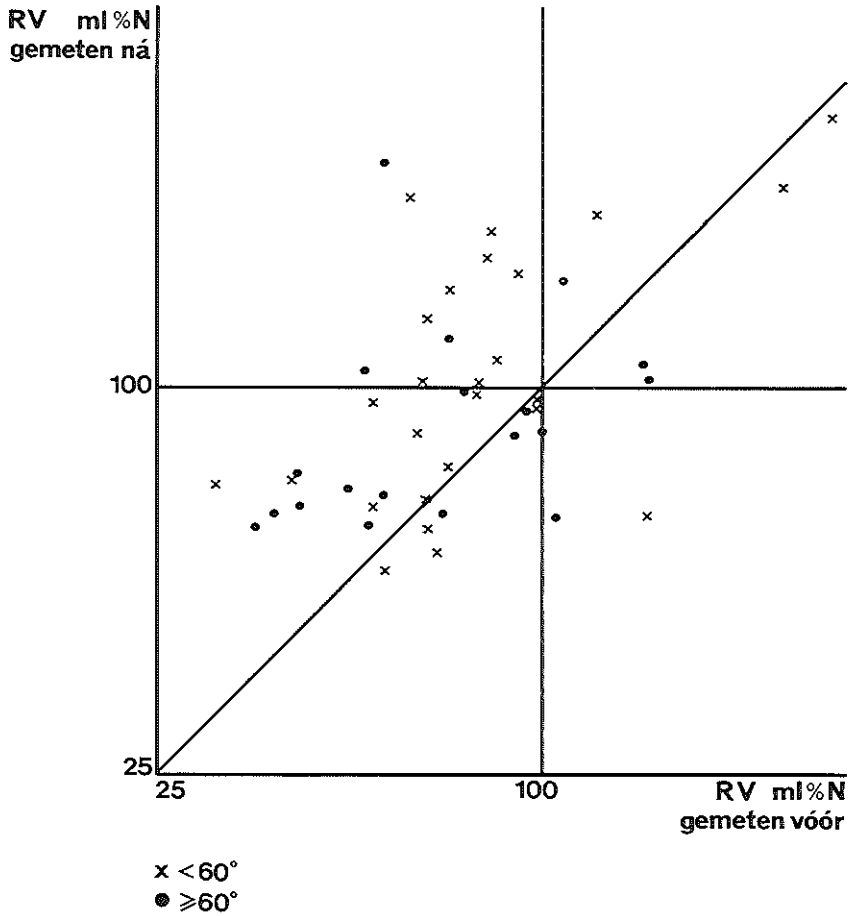


Fig. 10.8. RV - bepalingen

Het merendeel der punten ligt dichtbij de X=Y-lijn of duidelijk erboven. Dit geldt voor beide groepen. De meeste waarden liggen pre-operatief dichtbij de norm of erboven zeker voor de groep <math>< 60^\circ</math>. Postoperatief neemt dit enigszins af.

Telling	gehele groep (46)	<math>< 60^\circ</math> (26)	$\ge 60^\circ$ (20)
na > voor	30	17	13
na < voor	15	8	7
na = voor	1	1	1

Het RV ligt gemiddeld dichtbij de norm en blijft dit ook postoperatief.

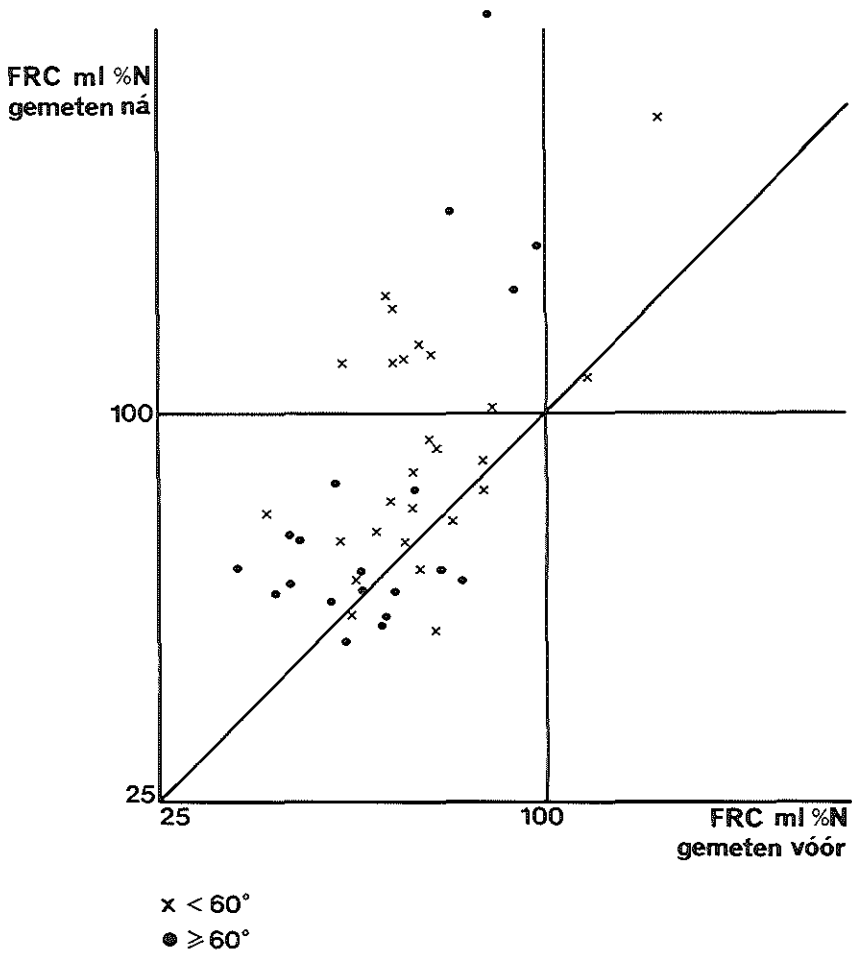


Fig. 10.9. FRC - bepalingen

Het merendeel van de bepalingen ligt vlak rond de X=Y-lijn of duidelijk erboven. Voor beide groepen lijkt de genormeerde FRC postoperatief toe te nemen. Toch blijven alle waarden - postoperatief - beneden de norm, afgezien van 2 waarden die pre-operatief ook reeds boven de norm uitkwamen.

Telling:	gehele groep (46)	$< 60^\circ$ (26)	$\geq 60^\circ$ (20)
na > voor	34	20	14
na < voor	10	4	6
na = voor	2	2	-

Duidelijke toename van de FRC postoperatief, maar te klein blijven t.o.v. de norm.

Tabel 10.9 Veranderingen in de percentuele verdeling van de genormeerde TLC t.g.v. de operatie; resultaten statistische analyse.

	gehele groep (n = 46)		groep < 60° (n = 26)		groep ≥ 60° (n = 20)	
	Δ % na/voor	2α	Δ % na/voor	2α	Δ % na/voor	2α
IRV	- 14%	0,003	- 17%	0,003	- 8%	N.S.
TV	+ 1%	N.S.	+ 4%	N.S.	- 4%	N.S.
ERV	+ 15%	0,014	+ 21%	0,018	+ 7%	N.S.
RV	+ 10%	0,011	+ 12%	0,004	+ 9%	N.S.
VC	- 3%	0,011	- 3%	0,02	- 3%	N.S.
FRC	+ 14%	< 0,001	+ 17%	< 0,001	+ 10%	0,023

N.S. = niet significant

Ook van deze berekeningen is een statistische analyse gemaakt eveneens op basis van de non-parametrische Wilcoxon paired sample sign test met tweezijdige toetsing bij een kritische waarde voor 2α van 5%.

De resultaten van deze analyse volgen hieronder: (tabel 10.9)

Hieruit is vooral af te lezen, dat tengevolge van de operatie binnen de veranderde (c.q. toegenomen) TLC de FRC (relatief) is toegenomen. Anders gezegd, het ademniveau is hoger komen te liggen. Deze verhoging van het ademniveau voltrekt zich het duidelijkst bij de groep < 60°.

10.2.12. Conclusies n.a.v. de postoperatief gevonden waarden van de statistische volumes

Het aantal studies, waarmee het eigen onderzoek vergeleken kan worden, is beperkt. Ons onderzoek sluit nog het beste aan bij de studie van Lindh en Bjure (1975) en bij de studie van Lindh (1977). Zij vinden dat tengevolge van de operatie de waarden van de TLC, VC, RV, en FRC - genormeerd nadat voor lengte gecorrigeerd is - gemiddeld met 10% toenemen ($p < 0,001$); dit zowel bij de groep < 60° (n=22) als bij de groep ≥ 60° (n=49). Daarnaast vermelden zij de tendens, dat de resultaten bij de patienten met de ergste verkrommingen na de operatie het beste zijn. Shneerson en Edgar (1979) vonden bij 10 patienten *geen* significante toename van de VC. Gazioglu et al. (1968) noteerden een stijging van TLC 26%, VC 23% en RV 16%.

De resultaten van het eigen onderzoek tonen t.o.v. bovengenoemde studies enige nuances.

Voor de gehele groep wordt een significante verbetering van de TLC gevonden van 6%, maar bij uitsplitsing in twee groepen is de toename van

3% in de groep $< 60^\circ$ niet significant, de toename van 9% in de groep $\geq 60^\circ$ zeer significant. Of anders gezegd, de verruiming van de borstkastinhoud is duidelijker bij correctie van een ernstiger bocht, althans bij adolescenten en bij niet te grote rigiditeit van de verkromming. Zeer waarschijnlijk zal hiervan vooral de long aan de concave zijde profiteren (zie 10.1.6.).

Vergeleken met de toename van de TLC blijft de toename van de VC achter. Dit is goed te zien bij vergelijking van het TLC-diagram (fig. 10.3.) en het VC-diagram (fig. 10.4.). De toename van de VC bekeken voor de gehele groep blijkt niet significant. De toename van 6% gemeten in de groep $\geq 60^\circ$ blijkt net significant. De praktisch gelijk blijvende genormeerde VC wil zeggen, dat door de operatie de mobiliteit van het ademhalingsmechanisme niet essentieel is verbeterd en dat evenmin de ventilatoire reserve en daarmee de inspanningstolerantie beduidend is toegenomen.

De door ons gevonden toename van de genormeerde FRC met ongeveer 20% voor beide groepen wijst erop, dat tengevolge van de operatie het ademniveau in rust meer naar inspiratoir verplaatst is.

Het normale eindexpiratoire niveau komt hoger te liggen; in rusttoestand blijft de long zo beter ontplooid. Er zullen zich minder schommelingen voordoen in de gasdrukken van het bloed dat de long verlaat (de FRC-buffer is groter geworden). Het rustniveau van de ademhaling ligt dichterbij het punt waarbij de passieve krachten van longen en thorax met elkaar in evenwicht zijn en zo minder spierarbeid verricht hoeft te worden om dit niveau te handhaven c.q. minder energieverbruik. Verder is door toename van de FRC het ademniveau in rust verder af komen te liggen van het punt waarbij "airway closure" optreedt. Dit is weer gunstig voor de arteriele O_2 -spanning (vergelijk 10.2.8. sub d).

De toeneming van de FRC is deels het gevolg van toeneming van het RV, deels het gevolg van toeneming van het ERV.

- Voor het RV als % van verwacht, hebben wij een gemiddelde toeneming vastgesteld van 85,1% van N naar 99,1% van N, d.i. 17% ($2\alpha < 0,001$). In de groep $\geq 60^\circ$ is deze toeneming iets groter (+18%) dan in de groep $< 60^\circ$ (+15%). De toeneming van het RV moet gezien worden als een direct effect van het ruimer worden van de thorax.
- De gemiddelde toeneming van het ERV als % van verwacht, bedraagt 22% ($2\alpha = 0,002$) (van 63% van N naar 77% van N). In de groep $\geq 60^\circ$ is deze toeneming kleiner (17%) dan in de groep $< 60^\circ$ (25%).

De toeneming van het ERV tengevolge van de operatie menen wij te moeten toeschrijven aan een opstrekken van de romp waarbij de afstand tussen origo en aanhechting van de buikspieren groter wordt waardoor deze spieren efficiënter kunnen werken (als uitademingsspijeren).

De toeneming van de lichaamslengte en vrijwel zeker van de apicobasale thoraxhoogte leidt zeer wel mogelijk tot een groter worden van zône I van West (1964) (zie 10.1.6. "ventilatie en perfusie"): met het groter worden van het aantal apicale alveoli, dat in rust niet geperfundeed wordt, komt bij inspanning een groter geworden recruteerbaar longvaatbed ter beschikking.

Via vergroting van deze "gaswisselingsreserve" zou de inspanningstolerantie kunnen toenemen.

Onze bevindingen lijken goed aan te sluiten bij de waarnemingen van Shneerson en Edgar (1979) die vonden dat de VC niet significant toeneemt postoperatief, maar dat hun patienten bij rust en lichte inspanning minder zuurstof verbruiken.

Voor de sterke toename die Gazioglu et al. (1968) vindt voor de TLC (26%) en de VC (23%) bij 23 patienten direct na ontgipsing één jaar postoperatief, kan door ons geen afdoende verklaring gegeven worden. Ook niet als daarbij in ogenschouw wordt genomen de opmerkelijk grote correctie van de verkromming van 62° naar 21° .

10.2.13. Spirometrische bepaling van de dynamische volumes pre- en postoperatief

Uit tabel 10.10. valt af te lezen hoe het FEV_1 volume als % van verwacht in vrijwel gelijke mate gereduceerd is als de bijbehorende VC % N en in iets mindere mate – althans postoperatief – dan de bijbehorende TLC % N.

Ook is bepaald het FEV_1 % d.i. het percentage dat de FEV_1 uitmaakt van de VC.

Uitgedrukt in percenten van de bijbehorende VC zijn de gevonden percentages volledig in overeenstemming met de verwachte waarden zowel pre- als postoperatief (tabel 10.11.).

10.2.14. Beschouwing van de waarden gevonden bij pre- en postoperatieve bepaling van de dynamische volumes

In ons materiaal vonden wij geen enkele wezenlijke afwijking voor de gemiddelde FEV_1 en FEV_1 % waarden t.o.v. verwacht pre- en postoperatief.

Shneerson en Edgar (1979) vermelden in hun onderzoek alleen dat zij in hun onderzoek geen significante veranderingen vonden ná de operatie in de waarden van de FEV_1 en het daaruit afgeleide MAMV (10 patienten).

Tabel 10.10. Pre- en postoperatieve FEV₁ waarden uitgedrukt in % N, vergeleken met de bijbehorende VC en TLC waarden, eveneens uitgedrukt in % N.

<i>Pre-operatief</i>					
	FEV ₁ gemeten ml	FEV ₁ verwacht ml	FEV ₁ %N	TLC%N	VC%N
Gehele groep (n = 46)	2400	3194	75%	77%	74%
< 60° (n=26)	2540	3100	82%	82%	81%
≥ 60° (n=20)	2218	3317	67%	70%	67%
<i>Post-operatief</i>					
Gehele groep (n=46)	2537	3358	76%	81%	76%
< 60° (n=26)	2633	3287	80%	85%	81%
≥ 60° (n=20)	2411	3452	70%	76%	71%

Tabel 10.11. pre- en postoperatieve FEV₁%-waarden gemeten en uitgedrukt in % N.

<i>Pre-operatief</i>			
	FEV ₁ % gemeten	FEV ₁ % verwacht	(FEV ₁ %)%N
Gehele groep (n=46)	80%	79%	102%
< 60° (n=26)	81%	80%	102%
≥ 60° (n=20)	79%	79%	101%
<i>Post-operatief</i>			
Gehele groep (n=46)	78%	79%	99%
< 60° (n=26)	79%	79%	100%
≥ 60° (n=20)	77%	78%	99%

10.3. *Samenvatting en conclusies*

Het onderzoek bevestigt de waarnemingen, dat bij de progressieve idiopathische scoliose van de adolescent sprake is van een restrictief longlijden met een vermindering van de TLC en een relatieve vergroting van het RV. Dit houdt in, aangezien $TLC = VC + RV$, dat de vitale capaciteit niet alleen absoluut afneemt maar binnen de verkleinde TLC ook nog relatief in waarde daalt. Verkleining van de VC wil zeggen, dat de totale ventilatoire capaciteit c.q. reserve van de patient afneemt. Dit restrictieve longbeeld wordt al waargenomen bij idiopathische scoliosen van ruim 40° en wordt alleen maar duidelijker bij toeneming van de verkromming.

Het normale ademniveau in rust - het FRC-niveau - ligt duidelijk lager dan normaal en deze daling is meer uitgesproken bij de groep van ernstige scoliosen ($\geq 60^\circ$). Het FRC is samengesteld uit ERV en RV. Aangezien het RV absoluut nauwelijks daalt c.q. een relatieve vergroting toont binnen de TLC, zal deze daling van het FRC-niveau vrijwel geheel op rekening moeten komen van het ERV.

Uit de metingen komt dit duidelijk naar voren: het ERV is absoluut en relatief te gering en deze vermindering is in de groep $\geq 60^\circ$ nog sterker dan in de groep $< 60^\circ$.

Een laag FRC-niveau heeft o.m. tot gevolg:

- a) een grotere kans op schommelingen in de arteriële gasdrukken; de FRC is immers de buffer voor de alveolaire gasdrukken bij de ademhaling
- b) een long die in ruststand minder ontplooid is en daarmee dichter ligt bij het punt dat airway closure gaat optreden; bij optreden van airway closure treedt shunting op hetgeen de arteriële O_2 spanning ongunstig beïnvloedt.
- c) een situatie waarbij in ruststand de passieve krachten van long en thorax elkaar waarschijnlijk niet opheffen zodat dit krachten-evenwicht bereikt moet worden door "toevoeging" van actieve krachten, i.c. van de ademhalingsmusculatuur,; vanzelfsprekend kost dit energie.

Tengevolge van de Harrington distractiespondylodese neemt de TLC voor de gehele groep gemiddeld met 6% ($2\alpha < 0,001$) toe. Bij de groep van ernstige scoliosen $\geq 60^\circ$ (gemiddelde verkromming 71° bij een spreiding van $60^\circ - 105^\circ$) neemt de TLC significant zelfs bijna 10% toe. In deze groep is ook een significante stijging van de VC van 6% te zien ($2\alpha = 0,05$).

In de groep met een scoliose $< 60^\circ$ is geen significante toename van de TLC of VC aantoonbaar.

In beide groepen wordt een significante toeneming van de FRC gevonden van ongeveer 20%. Aan deze toeneming dragen zowel RV als ERV toe. Als verklaring voor de toeneming van de ERV wordt de zienswijze ontwikkeld, dat door de operatie de gehele romp wordt opgestrekt; op deze

wijze komen oorsprong en aanhechting van de buikspieren verder uiteen te liggen en kunnen de buikspieren beter functioneren als actieve hulp bij de uitademing.

Het hoger komen te liggen van het rustadem-niveau c.q. FRC-niveau heeft tot gevolg:

- a) een grotere buffer bij de aan- en afvoer van O_2 en CO_2 in de longen waardoor minder kans op schommeling van de gasdrukken in het bloed dat de long verlaat.
- b) een betere ontplooiing van de long in ruststand; de long ligt nu verder af van het punt waar airway closure gaat optreden. De kans op shunting en zo verstoring van de arteriële O_2 spanning wordt minder.
- c) de long is in ruststand dichterbij het punt waarop de passieve kracht van long en thorax elkaar in evenwicht houden. Bereiken van dit evenwicht door actieve musculaire krachten zal minder nodig zijn; energiebesparing is hiervan het resultaat.

Als verder gunstig mechanisme, intredend tengevolge van het strekken van de thorax, wordt overwogen dat naar analogie van de proeven van West et al. (1964) - bij greyhounds uitgevoerd - bij de patient de zône I van West toeneemt d.w.z. de afstand tussen de uittredeplaats van de a.pulmonalis en longtop zo groot is geworden dat in rust deze proximaal gelegen alveoli niet of weinig geperfundeed worden. Bij inspanning stijgt echter de pulmonaaldruk en kan dit proximale gebied gerecrueteerd worden. De patient heeft hierdoor een grotere inspanningstolerantie.

De Harrington spondylodese stopt niet alleen het proces van een toenemende restrictie van de longfunctie maar brengt bij de scoliosen $\geq 60^\circ$ een significante verbetering van de TLC en VC teweeg van bijna 10% resp. 6%. De VC toeneming doet de patient beschikken over een grotere ventilatoire capaciteit c.q. reserve. Door het strekken van de thorax is het zeer wel mogelijk dat in de longtop een gebied ontstaat dat alleen bij inspanning gerecrueteerd wordt: naar analogie van West zou hier gesproken kunnen worden van een gaswisselingsreserve die zal bijdragen aan de inspanningstolerantie.

Het voornaamste resultaat van de operatie is waarschijnlijk echter dat het veel te lage FRC-niveau tot bijna normaal wordt teruggebracht waardoor minder kans op verlaagde arteriële pO_2 , minder kans op schommeling van de arteriële gasdrukken en waarschijnlijk minder energieverbruik bij de ademhaling.

De ademhaling wordt alles bijeen efficiënter en toont een grotere inspanningstolerantie.

Samenvatting

De kennis over het natuurlijke beloop van de idiopathische scoliose is de laatste twintig jaar spectaculair toegenomen. Via uitgebreid onderzoek van de schooljeugd is thans bekend, dat de prevalentie van idiopathische scoliose ongeveer 3% bedraagt, dat slechts in 10% van de gevallen sprake is van een progressieve scoliose tijdens de groei, en dat deze progressie vooral voorkomt bij meisjes met een thoracale of thoracolumbale vorm. Er zijn sterke aanwijzingen, dat de idiopathische scoliose in het merendeel der gevallen een lordoscoliose is. Omtrent de oorzaak van de idiopathische scoliose is nog geen zekerheid; hierbij lijken meerdere factoren in het spel o.a. genetische. Recente onderzoekingen geven aan dat een minder goed functioneren van het regulatiecentrum van het evenwicht, gelocaliseerd in de hersenstam, mogelijk de oorzaak is voor het ontstaan van een idiopathische scoliose (hoofdstuk 3).

Een oordeel over het natuurlijke beloop van de idiopathische scoliose tijdens het volwassen leven en de daaraan verbonden consequenties voor de validiteit en de levensverwachting van de patient is moeilijker te geven. Dit, omdat hierop gerichte en afgeronde studies nog beperkt in aantal zijn.

Er lijken voldoende gegevens om te stellen, dat enerzijds scoliosen die aan het einde van de groei $\leq 40^\circ$ zijn, nadien stabiel blijven. Dat anderzijds verkrommingen $\geq 50^\circ$ een grote kans hebben nadien nog verder toe te nemen, waarbij voor de thoracale scoliosen tussen de 50° en 80° zelfs een gemiddelde progressie van 30° wordt genoemd.

Thoracaal gelocaliseerde verkrommingen hebben een ongunstige invloed op de longfunctie, in een later stadium ook op de hartfunctie. De eerste longfunctie-veranderingen worden gevonden bij verkrommingen van $> 40^\circ$. Scoliosen $> 90^\circ$ geven bij volwassenen aanleiding tot aanzienlijke invaliditeit en een verhoogde kans op voortijdig overlijden.

Verkrommingen lumbaal verstoren de statiek. In ernstige gevallen kost dit de patient een meer dan normale hoeveelheid energie om recht op te staan of te gaan.

De graag geuite veronderstelling, dat de ernstige lumbale scoliosen steeds aanleiding geven tot invaliderende rugpijn is tot nu toe niet statistisch onderbouwd.

Het zal zaak zijn om te voorkomen dat scoliosen zich zodanig ontwikkelen, dat ze aan het einde van de groei meer dan 40° bedragen. In potentie zijn het alleen de progressieve scoliosen, die deze grens kunnen bereiken c.q. overschrijden (hoofdstuk 4).

Behandeling tijdens de groei zal gericht moeten zijn op de groep van progressieve scoliosen. Het uitselcteren van deze groep uit het totaal van scoliosen bij de opgroeiende jeugd vergt de nodige ervaring. In ieder geval zijn dié scoliosen progressief, welke de grens van 30° overschrijden mits de patient nog minstens 2 jaar groei voor de boeg heeft. Bij aanhouden van dit criterium zal adequaat toegepaste conservatieve therapie - bestaande uit een combinatie van brace behandeling en oefentherapie - in minstens 75% (en waarschijnlijk in een hoger percentage) leiden tot een voorkomen van verdere progressie. Dit wil zeggen, dat deze patienten aan het einde van hun groei weliswaar nog een scoliose hebben, maar dat deze scoliose niet zodanig is, dat deze een stoornis van de longfunctie of statiek geeft, of dat de verkromming nadien nog zal verergeren (hoofdstuk 5).

Scoliosen, die met conservatieve maatregelen niet te beteugelen zijn, vragen om een meer rigoreuze i.c. operatieve behandeling. Naast de reeds genoemde argumenten zoals voorkomen van longfunctiestoornissen en verstoringen van de energiebalans, gelden eveneens cosmetische overwegingen. Een aanzienlijke vervorming van de romp heeft voor het levensgeluk van de patient vaak diep ingrijpende gevolgen. De enige vorm van operatie tot nu toe voldoende betrouwbaar gebleken, is de verstijving van de verkromming (spondylodese).

Het idee van Harrington om aan de spondylodese een inwendige fixatie toe te voegen welke tevens middels distractie een correctie van de verkromming kon bewerkstelligen, heeft de operatieve behandelingsresultaten zeer gunstig beïnvloed. Er wordt niet alleen een stabilisatie maar ook een blijvende correctie verkregen, terwijl de duur van de voorheen noodzakelijke bedrust en immobilisatie sterk is bekort.

Indien nodig kan de operatie het best geschieden in de puberteit. Natuurlijk kent deze operatiemethode ook zijn specifieke complicaties. Met name het falen van de toegepaste instrumentatie en de kans op overrekking van het ruggemerg door - te sterke - distractie.

Ter voorkoming van dit laatste wordt tijdens de operatie de functie van het ruggemerg gecontroleerd ("spinal cord monitoring") en na de distractie getest via de zogenaamde "wake-up" test.

Biomechanische studies wijzen erop, dat de distractiemogelijkheid van een bocht afneemt naarmate deze kleiner wordt en dat voor wat betreft de

rotatiecomponent van de scoliotische verkromming deze weinig gecorrigeerd wordt bij distractie. Of toevoeging van compressie of dwarstractiekrachten aan de distractie, het resultaat van de distractie essentieel wijzigen, lijkt niet zeker. De zwakke plek in het Harrington distractiesysteem is gelegen in het feit, dat de distractiestaaft maar op twee plaatsen verankerd is aan de wervelkolom. De belasting op deze plaatsen kan vooral kort na de operatie zeker bij onverwachte bewegingen, zeer hoog oplopen (hoofdstuk 6).

Het *eigen onderzoek* betrefte de resultaten van de Harrington spondylodese bij idiopathische scoliose uitgevoerd tijdens de adolescentie en gevolgd tot volwassen leeftijd. Het betreft 96 patienten, die werden behandeld in de periode tussen 1967 en 1981. Tot 1975 werd als instrumentatie uitsluitend een Harrington distractiestaaft gebruikt, nadien een combinatie van een distractiestaaft en het dwarstractiesysteem volgens Cotrel. Voor het overige was de behandeling gelijk. Er ontstaan zo twee groepen.

- Groep I bestaat uit 41 thoracale, 8 thoracolumbale en 3 thoracaal-lumbaal gelocaliseerde scoliosen. Deze 52 patienten hadden samen 56 bochten met een gemiddelde verkromming van $74,8^\circ$. De gemiddelde leeftijd bij operatie bedroeg 15,1 jaar. Het gemiddelde gefuseerde traject 10,4 wervels.
- Groep II bestaat uit 35 thoracale, 4 thoracolumbale en 5 thoracaal-lumbaal gelocaliseerde scoliosen. Deze 44 patienten hadden samen 52 bochten met een gemiddelde verkromming van $58,3^\circ$. De gemiddelde leeftijd bij operatie bedroeg 14,8 jaar. Het gemiddelde gefuseerde traject 10,3 wervels.

De onderzochte groepen zijn zo goed vergelijkbaar.

De gevonden resultaten zijn als volgt:

- 1) de rompdeviatie: in beide groepen kon een bestaande rompdeviatie van gemiddeld 1,9 cm resp. 1,6 cm vrijwel volledig gecorrigeerd worden.
- 2) correctie van de rotatie c.q. gibbushoogte: in groep I verbeterde de gibbushoogte van gemiddeld 4,7 cm naar 3,8 cm; in groep II van gemiddeld 4,3 cm naar 2,9 cm.
- 3) de correctie van de verkromming:
 - a) de initiële correctie: er is geen significant verschil tussen beide methoden van instrumentatie. De gemiddelde maximale correctie bedraagt in groep I $32,7^\circ$ en in groep II 31° . In beide groepen blijkt de grootste correctie mogelijk bij de thoracolumbale scoliose te weten $38,2^\circ$ resp. $41,7^\circ$.
 - b) correctieverlies tot bereiken consolidatie: de immobilisatieperiode was in beide groepen voldoende lang om volledige consolidatie te bereiken, te weten 12 resp. 10 maanden. Het verlies aan correctie bedraagt gemiddeld in groep I $6,7^\circ$ en in groep II $5,6^\circ$ en

is evenmin significant verschillend. Voor de thoracolumbale en thoracal-lumbale bochten ligt het verlies in *beide* groepen duidelijk hoger en wel tussen 8° en 11° . Het grote verlies moet voor een belangrijk deel worden toegeschreven aan het falen van de instrumentatie met name bij de thoracolumbale gevallen (bij de in totaal 12 gevallen: 7X). Daarentegen ligt het gemiddeld verlies bij de thoracale scoliosen uit groep II duidelijk lager te weten $3,8^\circ$. Dit wijst erop dat bij de thoracale scoliosen de stabiliteit vergroot wordt door toevoeging van een dwarstractie systeem.

- c) verlies in periode tussen consolidatie en bereiken volwassenheid:
 - in beide groepen treedt in deze periode nog een gering verder verlies op van resp. $2,8^\circ$ en $1,9^\circ$. Dit verlies moet worden toegeschreven aan de invloed van de groei­kracht in de wervellichamen.
- d) uiteindelijk behouden correctie bij bereiken volwassenheid:
 - in beide groepen bedraagt de uiteindelijke correctie gemiddeld ruim 23° . De in de literatuur hiervoor opgegeven waarden schommelen tussen de 22° en 33° met een uitschieter van $39,8^\circ$. Deze tamelijk constante bevinding bevestigt de via biomechanische studies geuite verwachting, dat correctie van een bocht d.m.v. distractie duidelijk limiterend verloopt.
- e) complicaties:
 - 1) falen van instrumentarium: in totaal 11X, waarvan 8X gepaard gaande met een aanzienlijk verlies van de verworven correctie. Opvallend is dat deze complicatie zich overwegend voordeed in de groep van thoracolumbale scoliosen (n=12) : 7X.
 - 2) ruggemergbeschadiging: in totaal 2X.
 - 1X passagiere spastische parese van een been met spontaan herstel;
 - 1X snel progressieve dwarslaesie die alleen gecoupeerd kon worden door direct verminderen van de distractie (binnen 4 uur), waarna vrijwel volledig herstel.
 - 3) diepe wondinfecties 4X, waarvan nog slechts één geval sinds het prophylactisch gebruik van antibiotica (groep II).
 - 4) psuedarthrosen: 2 gevallen.

Onze studie heeft aangetoond, dat het Harrington distractie systeem eigenlijk alleen goed toepasbaar is bij thoracale verkrommingen en dat de stabiliteit in die gevallen vergroot kan worden door het toevoegen van een dwarstractie systeem. Het aantal complicaties is zeer gering, indien de juiste en voldoende preventieve maatregelen worden genomen, te weten "spinal cord monitoring" en het prophylactisch gebruik van antibiotica en anticoagulantia.

Bij 46 patienten is een spirometrisch longfunctie-onderzoek verricht direct pre-operatief en gemiddeld 2,7 jaar postoperatief. De resultaten zijn op twee wijzen weergegeven en wel:

- 1) in absolute waarde uitgedrukt in ml
- 2) als percentage van de corresponderende referentiewaarde. Aangezien ter verkrijging van de referentiewaarde o.a. de ware lichaamslengte bekend moet zijn, terwijl de gemeten lichaamslengte bij alle onderzochte patienten minder is dan de ware lichaamslengte - tengevolge van de scoliose - is de ware lichaamslengte eerst berekend uit de gemeten lengte en wel volgens de methode van Bjure.

Eenmaal aldus uitgedrukt in percentages van de referentiewaarden zijn de pre- en postoperatieve spirometrie-bepalingen goed met elkaar te vergelijken zonder dat men nog rekening moet houden met de invloed van de natuurlijke toename van de longvolumes als gevolg van de groei.

De 46 patienten hadden alle een thoracale scoliose met een gemiddelde verkromming van 61° . De waarnemingen zijn berekend voor de gehele patientengroep ($n = 46$). Daarnaast tevens afzonderlijk voor de patientengroep met een scoliose $< 60^\circ$ ($n = 26$) en $\geq 60^\circ$ ($n = 20$).

Het beeld, dat naar voren komt uit het pre-operatieve onderzoek, stemt geheel overeen met gegevens daaromtrent in de literatuur. Ook nu werd het beeld gevonden van een restrictieve longfunctie met een vermindering van de totale longcapaciteit (TLC) met daarbinnen een relatief vergroot residuaal volume (RV) en derhalve een relatief verkleinde vitale capaciteit (VC). Deze afwijkingen zijn meer uitgesproken in de groep van ernstige scoliosen ($\geq 60^\circ$).

Daarenboven werd vastgesteld een zodanige verkleining van het expiraire reservevolume (ERV), dat de functionele reservecapaciteit (FRC) - bestaande uit $RV + ERV$ - ook duidelijk verminderd bleek. Het gevolg hiervan is, dat het ademniveau duidelijk lager ligt dan normaal, hetgeen zeer waarschijnlijk meer ademarbeid kost; dat er grotere kans is op schommeling van de arteriele gasdrukken en dat meer kans is op optreden van airway closure, waardoor de arteriele zuurstofspanning ongunstig wordt beïnvloed.

Na en tengevolge van de operatie bleek:

- 1) voor de gehele groep ($n = 46$)

gemiddelde toename TLC	6% ($2\alpha < 0.001$)
gemiddelde toename VC	0
gemiddelde toename FRC	20% ($2\alpha < 0,001$)

- 2) voor de groep $< 60^\circ$ (n = 26)
 gemiddelde toename TLC niet significant
 gemiddelde toename VC niet significant
 gemiddelde toename FRC 21% ($2\alpha < 0,001$)
- 3) voor de groep $\geq 60^\circ$ (n = 20)
 gemiddelde toename TLC 9% ($2\alpha = 0,002$)
 gemiddelde toename VC 6% ($2\alpha = 0,05$)
 gemiddelde toename FRC 19% ($2\alpha = 0,006$)

De FRC neemt het meeste toe - gemiddeld 20% - en bereikt bijna normale waarden. D.w.z. dat het ademniveau op vrijwel normale hoogte komt met als gevolg waarschijnlijk minder c.q. efficiëntere ademerbeid, weinig kans op schommelingen in de arteriële gasdrukken en weinig kans op beïnvloeding van de arteriële zuurstofspanning door airway closure.

Strekking van de thorax en de longen, zeker de long gelegen aan de concave zijde, vergroot de afstand tussen de intredeplaats van a.pulmonalis in de long en de longtop zodanig, dat de longgebieden, gelegen in de longtoppen in rust waarschijnlijk minder geperfundeed worden maar bij inspanning wel volledig benut worden. Zo ontstaan er weer respiratoire reservegebieden (naar analogie van de theorie van West, 1964).

De waarden gevonden bij pre- en postoperatief verrichte spirometrische bepaling van de dynamische longvolumes laten zien, dat er pre- noch postoperatief in onze patientengroep sprake was van enige belemmering van de uitademing (hoofdstuk 10).

Tegelijkertijd beschikt hij - althans zeker bij scoliosen $\geq 60^\circ$ - over een grotere ventilatoire capaciteit en verloopt zijn ademhaling efficiënter. Hij kan meer met minder inspanning en dit verklaart zijn subjectief welbevinden na bereiken van een geslaagde spondylodese (hoofdstuk 10).

De Harrington spondylodese bij idiopathische scoliose verricht tijdens de adolescentie geeft een blijvende correctie van de verkromming, voorkomt verdere achteruitgang van de longfunctie en herstelt voor een deel zelfs die longfunctie.

Summary

During the last twenty years there has been a spectacular increase in knowledge about the natural history of idiopathic scoliosis during childhood and adolescence.

Extensive investigation of school children revealed the existence of idiopathic scoliosis in 3%, of whom only 10%, usually girls with a thoracic or thoracolumbar curve, are afflicted by the progressive form. There are strong indications that the majority of idiopathic scolioses are really lordo-scolioses. The cause of idiopathic scoliosis is uncertain but probably multifactorial, including genetic influences. Recent investigation has pointed to a disturbance of the brainstem "balance-centre" as being a possible cause of idiopathic scoliosis (chapter 3).

Assessment of the natural history of idiopathic scoliosis during adult life and the associated consequences with respect to general health and life expectancy, are more difficult because of the lack of pertinent and completed studies.

However there is enough information to conclude that curves measuring 40° or less on completion of growth remain stable, whereas curves of 50° or more have a significant chance of increasing further: thoracic curves between 50° and 80° have been shown to progress by 30° , on average.

Thoracic curvatures have an unfavourable influence on respiratory function and also, in a later phase, on cardiac function. Changes of lung function can even be detected in the presence of a curve of 40° or more. In adults, a scoliosis of more than 90° leads to disability and increases the chance of premature death.

Lumbar curvatures disturb the posture. In serious cases this costs the patient more than the usual amount of energy to stand up straight or to move. So far there is no statistical proof that a severe lumbar scoliosis always leads to incapacitating backpain.

Care should be taken that scolioses do not progress to the extent that, by the end of growth, they measure between 40° and 50° . In fact only the progressive scolioses can reach or exceed such a degree (chapter 4).

Treatment during the growth period must be directed to the group of progressive scolioses. Preselection of this group requires the necessary experience. Any scoliosis which exceeds 30° , at least two years before growth can be expected to end, can be regarded as progressive. If one adheres to this criterium, then adequate conservative treatment, consisting of a combination of bracing and physiotherapy, will stop progression in at least 75% of afflicted children. This is to say that these patients will still have a scoliosis at the end of growth but the scoliosis will be insufficient to disturb respiratory function or posture and it will not progress further (chapter 5).

Scolioses which fail to respond to conservative treatment require more vigorous methods i.e. operation. As well as the above mentioned arguments, such as prevention of lung dysfunction and disturbance of the energy balance, the cosmetic effect should also be taken into consideration as an obvious deformity of the trunk often leads to deep psychological disturbance. Until so far, the only reliable operation has been to stiffen the curvature by means of a spinal fusion.

The results of operation were dramatically improved by Harringtons idea of including an internal fixation device which, by incorporating distraction, also enabled a considerable correction of the deformity. Not only stabilisation but also permanent correction was achieved, and at the same time the duration of the previously essential bedrest and immobilisation could be safely reduced. If necessary the operation can be satisfactorily carried out around the time of puberty. Naturally this technique has its own complications, in particular implant failure and the danger of spinal cord damage due to overdistraktion. Permanent cord damage can nowadays be avoided by "spinal cord monitoring" during distraction or by resorting to the so called "wake-up test" immediately after distraction.

Biomechanical studies have shown that correction of a curve by distraction becomes less effective as the curve straightens out and that distraction has little beneficial influence on the rotational component of scoliosis. Whether or not the addition of compressive or transverse forces to the distraction have a beneficial effect, is still open to discussion.

The vulnerable point of the Harrington distraction system is its reliance on only two points of fixation to the vertebral column. The stresses on these fixation points can increase dramatically, especially during unexpected movements in the early postoperative period (chapter 6).

The present investigation has concentrated on the results of Harrington fusions carried out during adolescence. The follow-up investigation until maturity consisted of 96 patients of whom 52 were treated with a distraction rod - average curve $74,8^\circ$, average age 15,1 years - and 44 with a combination of a distraction rod and a transverse Cotrel system - average curve $58,3^\circ$, average age 14,8 years. The two groups were comparable. In every patient, lateral curvature of the trunk was almost completely corrected but correction of rotation, as exemplified by the gibbus, was much less obvious. There was no significant difference between the two methods with regard to the initial correction (group I: $32,7^\circ$, group II: 31°). However even when the fusion area was immobilised until complete consolidation had occurred, a loss of correction, on average 6° or 7° was still to be expected.

However this loss of correction was in fused thoracic curves somewhat less in the presence of a transverse system, probably as a result of augmented stability. Even following consolidation, a little further loss of correction usually occurred before skeletal maturity was attained. This can be attributed to persisting growth in the anterior vertebral column. At the time of skeletal maturity, the final correction measured some 23° in both groups. The comparable results in the literature ranged from 22° to 33° with one exception of $39,8^\circ$.

This consistency reflects the biomechanical prediction that the use of distraction to correct a curve has its limitations. Complications were:

- a) failure of instrumentation in 11 patients (7X in a thoracolumbar curve)
- b) partial paraplegia in 2 patients both recovered almost completely
- c) deep wound infections in 4 patients
- d) pseudoarthrosis in 2 patients. Our study has shown that the Harrington distraction system is really only applicable to thoracic curves. The chance of implant failure increases enormously when used to stabilise a long thoracolumbar curve, where one end is fixed to the relatively stiff thoracic spine and the other to the much more mobile lumbar region (chapter 8).

A selective follow-up of 69 patients indicated that the young adults could fulfil normal functions in society, though in each case usually in a capacity which was physically not too demanding. Most of these young adults were also capable of taking part in sport at a recreational level.

Because of the limited number of patients in whom the fusion extended to L_4 or L_5 , no conclusions could be made about the frequently reported chance of developing low back pain when the fusion extends to the lower lumbar spine (chapter 9).

The pre-operative spirometry results in 46 patients suffering from thoracic curves averaging 61° were compared with those, on average, 2,7 years after operation. To evaluate the effects of the Harrington procedures the whole group ($n = 46$) was divided in two groups, the one with curves $< 60^\circ$ ($n = 26$), the other with curves $\geq 60^\circ$, on average 71° ($n = 20$).

The results are presented in two ways:

1. in absolute values in ml
2. in percentage of predicted normal values where the predictions are based on age, sex and the corrected height using the correction-factor of Bjure. In order to allow comparison between pre- and postoperation measurements the diminished standing height in scoliosis patients has to be taken into consideration when predicting normal values for lung volumes.

It appeared - in accordance with the literature - that before operation there was a reduced total lung capacity (TLC), the residual volume (RV) was relatively large and so the vital capacity (VC) was relatively small. These findings were more pronounced in the group with the severe curves ($\geq 60^\circ$).

The expiratory reserve volume (ERV) was considerably reduced. As a result the functional residual capacity (FRC) was less than normal with the probable consequence of an extra respiratory workload, a chance of oscillating arterial blood gas pressures and airway closure, all of which have an unfavourable effect on the arterial oxygen tension.

Following operation the results were as follows:

1. the whole group ($n = 46$)
 - average increase TLC : 6% ($2\alpha < 0,001$)
 - average increase VC : 0
 - average increase FRC : 20% ($2\alpha < 0,001$)
2. curves $< 60^\circ$ ($n = 26$)
 - average increase TLC : not significant
 - average increase VC : not significant
 - average increase FRC : 21% ($2\alpha < 0,001$)
3. curves $\geq 60^\circ$ ($n = 20$)
 - average increase TLC : 9% ($2\alpha = 0,002$)
 - average increase VC : 6% ($2\alpha = 0,05$)
 - average increase FRC : 19% ($2\alpha = 0,006$)

The most significant increase was observed in the functional residual capacity (FRC), which was almost restored to normal. The FRC-level

was thus elevated to almost normal, probably giving rise to a reduced and more efficient respiratory workload, little fluctuation in arterial gas pressures and minimal chance of reduction of the arterial oxygen tension due to airway closure.

With an increase in lung height, especially that on the concave side, the distance between the entrance of the pulmonary artery and the apex of the lung increases in such a way that at rest there is only a very small amount of perfusion in the apex of the lung. During extension the apical areas will have normal perfusion as a result of an increased pulmonary artery pressure. So the apical areas function once more and provide a measure of respiratory reserve in a manner analogous to that suggested by West (1964). There was no expiratory impairment pre- and postoperative as shown by almost normal values of the dynamic lung volumes (chapter 10).

From the point of view of energy balance the operation is advantageous due to the good correction of the spinal list and the more efficient respiration. Patients with a more advanced scoliosis had a significant increase in vital capacity and the greatest improvement in total lung capacity.

This seems to be a satisfactory explanation for the subjective feeling of well-being following a successful Harrington fusion: the patient can do more with less effort.

Thus Harrington fusion of idiopathic scoliosis during adolescence provides a lasting correction of the spinal deformity, prevents progression of respiratory impairment and even partially restores lung function.

Bijlage I

De rapporten van de "Morbidity and Mortality Committee" van de Scoliosis Research Society.

1. *Het rapport van MacEwen voor de S.R.S. in 1972*

In 1972 verscheen het eerste rapport van de "Morbidity and Mortality Committee" van de S.R.S.

Dit rapport is nadien gepubliceerd (MacEwen et al. 1975).

Dit eerste onderzoek richtte zich op de acute neurologische complicaties die zich voordoen bij de operatieve scoliose behandeling. 68 leden van de S.R.S. stuurden hun gegevens in over de periode 1965 - 1971. Bij 7885 operaties deed zich 87 maal een neurologische complicatie voor. Deze 87 gevallen vormen het onderwerp van het rapport van MacEwen.

- 18 maal deed zich een neurologische laesie voor tijdens skelettractie, waarvan 6 maal een letsel van een hersenzenuw en 12 maal een letsel van het ruggemerg, zich in 6 gevallen uitend als lange baansymptomen. De letsels aan de hersenzenuwen (VI of gecombineerd IX, X, XII) traden steeds op na te snel opgevoerde tractie en herstelden alle binnen 6 weken na onderbreking van de tractie. Hetzelfde geldt voor de gevallen waarbij zich lange baansymptomen manifesteerden. Bij de ruggemergletsels in de zin van dwarslaesieverschijnselen was behalve onderbreking van de tractie ook nog in 4 gevallen (alle vier een congenitale kyphoscoliose) een anterieure decompressie nodig om tenminste een gedeeltelijk herstel te verkrijgen.
- 42 maal werd een totale (21) of partiële (21) dwarslaesie geconstateerd in aansluiting aan een Harrington distractiespondylodese. In vele gevallen was er sprake van een zeer sterke correctie ineens tijdens operatie zonder voorafgaande tractiebehandeling. Herstel trad vooral op bij die gevallen waarbij binnen 3 uur na de operatie de distractie werd gereduceerd. De partiële laesies bleken daarbij de beste prognose te hebben.
- 17 maal trad ruggemergletsel op bij een dorsale spondylodese zonder

- instrumentatie. In 3 gevallen was er sprake van een operatiefout. In 11 gevallen was er sprake van hetzij een pre-existent neurologisch lijden, hetzij een congenitale kyphose.
- 8 maal werden ruggemergletsels geconstateerd na een osteotomie van de wervelkolom c.q. een vroeger aangebrachte dorsale spondylodese-massa.
 - 2 maal werd een plexus brachialis laesie gemeld tengevolge van een verkeerde ligging tijdens de operatie. Beide letsels genazen spontaan.

De conclusies van het rapport luiden:

1. Bij de operatieve behandeling bestaat er een duidelijk verhoogd risico bij congenitale scoliose, bij kyphose, bij pre-existent neurologisch lijden en bij zeer ernstige verkrommingen op het optreden van neurologische complicaties i.c. ruggemergbeschadigingen.
 2. Skelettractie is een zeer krachtig middel om verkrommingen te corrigeren, maar is gevaarlijk bij abrupt opvoeren van de tractie.
 3. Bij het vaststellen van neurologische complicaties is direct handelen - opheffen tractie c.q. distractie - noodzakelijk.
 4. De prognose van ruggemergletsels is beter voor de partiële dan voor totale dwarslaesies. De meeste kans op herstel maken de gevallen, waarbij binnen drie uren na de operatie de Harrington distractie wordt verwijderd c.q. gereduceerd; dit geldt voor alle gevallen, totale zowel als partiële dwarslaesies. De partiële dwarslaesies maken de grootste kans op volledig herstel.
2. *De rapporten van de "Morbidity and Mortality Committee" van de S.R.S. tussen 1972 en 1979.*

Sinds 1972 houdt de "Morbidity en Mortality Committee" van de S.R.S. een jaarlijkse enquête onder zijn leden. Aangezien de gegevens van deze rapporten niet gemakkelijk terug te vinden zijn in de literatuur, zal hier een overzicht gegeven worden van de rapporten die tot op heden verschenen.

a) De "Mortality rapporten".

In tabel I is een overzicht gegeven van de "Mortality rapporten" die tussen 1972 en 1979 werden samengesteld. Daaruit blijkt dat het mortaliteits-percentages ligt tussen 0,25% en 0,55%. Hierbij moet worden aangetekend dat de meeste gevallen met dodelijke afloop geregistreerd werden in de groep met hetzij een zeer ernstige scoliose (100°), hetzij een duidelijk verminderde cardio-pulmonale functie, hetzij met beide.

b) De "Morbidity rapporten".

Naar aanleiding van de bevindingen van MacEwen et al. (1972) is sindsdien bij de jaarlijkse enquête veel aandacht besteed aan de neurologische complicaties, omdat die - afgezien van een dodelijke afloop - terecht gezien zijn als de ergste complicaties die kunnen voorkomen bij wervelkolomoperaties. Verder heeft er in de jaren tussen 1972 en 1977 ook onderzoek plaats gehad naar het voorkomen van o.m. diepe infecties, decubitus en problemen met het osteosynthesemateriaal. Het onderzoek naar deze complicaties is echter niet zo systematisch ieder jaar herhaald.

In tabel II is een overzicht gegeven van de "Morbidity rapporten" van 1965 tot 1979, waarbij naast het aantal operaties en de operatieindicatie ook het soort operatie is vermeld. Om nog een beter inzicht te krijgen in het voorkomen en het beloop van ruggemergletsels, is deze groep apart in een tabelvorm (tabel III) bijeen gebracht.

3. *Het samenvattend rapport van Schmitt voor de S.R.S. in 1981.*

Het bestuur van de S.R.S. heeft aan de huidige voorzitter van de "Morbidity and Mortality Committee" in 1981 verzocht een afsluitende beschouwing te geven. Uit zijn samenvatting (zie ook de tabellen) concludeert hij wat betreft de neurologische laesies het volgende:

- Vrijwel onveranderlijk blijkt, dat de neurologische laesies voor de helft zijn terug te voeren op ruggemergletsels en voor de andere helft op perifere letsels.
- Wat betreft de perifere letsels blijkt dat een laesie van de plexus brachialis eigenlijk steeds een gevolg is van tractie of verkeerde ligging tijdens de operatie. De prognose voor de perifere letsels, waaronder dus ook de plexus brachialis laesies, is in de regel gunstig, d.w.z. gerekend mag worden op volledig herstel.
- Wat betreft de ruggemergletsels, waarvan de incidentie vrijwel steeds 0,5% bedraagt, blijkt dat de - aanvankelijk gelijke - verdeling tussen complete en incomplete letsels in de loop der jaren een verschuiving heeft getoond ten gunste van de incomplete letsels.
- Wat betreft de incomplete letsels blijkt de prognose in 50% van de gevallen volledig te zijn, in 50% van de gevallen gedeeltelijk.
- Wat betreft de volledige dwarslaesies blijkt, dat hiervan 25% volledig herstelt, 25% ten dele herstelt en 50% geen herstel toont.

Met andere woorden: gezien over het totaal aantal operaties van 25.700 blijkt in 0,25% een blijvende dwarslaesie op te treden.

Tabel II. Overzicht morbidity rapporten S.R.S.

	1965/1971	1975	1976	1977	1978	1979
Operaties totaal	7885	4493	5241	4652	7302	6154
- scoliose		4152	4936	3756	6168	5107
- kyphose		287	305	286	567	523
Soort operatie						
- Harrington			83,0%	71,5%	78,0%	
- Dwyer			4,7%	5,0%	4,5%	
- wervelosteotomie			5,2%	3,0%		
- wervelresectie			2,6%	1,6%		
- andere			10,4%	7,7%		
Complicatie						
1. Neurologisch	87(1,1%)	49(1,1%)	65(1,2%)	49(1,2%)	79(1%)	54(0,9%)
A) centraal - totale dwarslaesie	41	12	11	6	11	8
- partiële dwarslaesie	33	14	15	15	22	19
B) hersenzenuwen	4	1	4	4	10	
C) perifere o.a. plexuslaesies	9	22	25	24	36	27
2. Tekortschieten fixatiematerialen (breuk, loslaten)		112(2,5%)	113(2,2%)	113(2,8%)		
3. Decubitus		72(1,6%)				
4. Diepe infecties		43(0,95%)				

Opmerkingen 1976:

- 1) Ruggemergletsels alleen bij bochten >60°.
- 2) Bij toepassen wake-up test en verwijderen distractiestaat steeds geheel of partieel herstel.

1977:

- 1) Vooral instrumentatie tekort schieten bij thoracolumbale en dubbele bochten.

1978:

- 1) In twee gevallen na normale wake-up test later toch een paralyse.

1979:

- 1) In enkele gevallen toch paralyse na normale wake-up test.
- 2) Volledig herstel alle perifere zenuwletsels.

Tabel III. Beloop ruggemergletsels (morbidity rapporten S.R.S.)

	1965/1971	1975	1976	1977	1978	1979	Totaal
Totaal aantal operaties	7885	4493	5241	4625	7302	6154	35700
A) <i>Totale dwarslaesie</i>	41	12	11	6	11	8	89(0,25%)
geen herstel	24	3	6	4	7	5	49
onvolledig herstel	11	3	2	1	2	2	21
volledig herstel	6	6	0	1	2	1	19
B) <i>Partiële dwarslaesie</i>	33	14	15	15	22	19	118(0,33%)
onvolledig herstel	17	7	8	8	11	11	62
volledig herstel	16	7	7	7	11	8	56

- Wat betreft fouten c.q. mislukken van de instrumentatie vermeldt Schmitt, dat in de meeste gevallen waarin sprake was van een breuk van de distractiestaaf, dit gepaard ging met een pseudarthrose. Niettemin is in enkele gevallen een staafbreuk gemeld die niet terug te voeren was op een aanwezige pseudarthrose maar op een materiaalzwakte.

De "overall" incidentie wat betreft instrumentatie problemen blijkt 2,5% te zijn.

Voor wat betreft het uitschieten of uitscheuren van een distractiehaak ligt dit getal in de buurt van 1 tot 2%.

- Het onderzoek naar pseudarthrose is beperkt gebleven en de indruk bestaat dat de incidentie hiervan iets lager ligt dan 1%.

Bijlage II

Peroperatief bloedverlies

Van de 55 patienten, geopereerd in het OLVG, werd het peroperatieve bloedverlies steeds nauwkeurig gemeten. Bij deze 55 patienten werden in totaal 561 wervels gefuseerd d.i. 10,2 wervels per patient (dit gemiddelde ligt voor de eerste 41 patienten op 10,6 wervels per patient).

Het bloedverlies bij alle 55 patienten tesamen bedroeg 67.150ml. Dit wil zeggen gemiddeld 1220ml per operatie
120ml per wervel.

In deze groep zijn de operaties waarbij meer dan 2000ml bloedverlies werd genoteerd, nog eens nader bekeken. Nagegaan werd of een oorzaak gevonden kon worden voor het hoge bloedverlies.

In onderstaande tabel staat dit vermeld.

patientnummer	aantal gefuseerde wervels	bloedverlies in ml	oorzaak
52	10	2745	stuwing
53	10	2600	stuwing
58	11	2100	bloeding a. glutea sup.
65	11	2925	stuwing
66	11	2000	geen aanwijsbare oorzaak
67	15	2485	geen aanwijsbare oorzaak, wel extra lang traject
68	10	2000	doorscheuren proximale haak
88	10	2000	stuwing
89	10	2000	stuwing

In het merendeel van de gevallen was een veneuze stuwung tijdens de operatie de oorzaak van het grote bloedverlies. Het zal duidelijk zijn dat daarenboven de tijdsduur van de operatie langer wordt dan normaal en dat nauwkeurig werken wordt bemoeilijkt. Wij hebben duidelijk enige malen problemen gehad met een goed afstellen van het door ons gebruikte frame van Relton-Hall. Onze ervaring is, dat bij optreden van veneuze stuwung, de operatie het best onderbroken en de wond afgedekt kan worden om zo allereerst de positionering van de patient te corrigeren.

Bijlage III

I Instrumentarium

A. Diverse voorbeelden van distractie instrumentarium

boven : Harrington distractiestaaaf met aan onderzijde een vierkant uiteinde, dit ter voorkoming van roteren van de staaaf; bijbehorende haken en C-ring

onder : Harrington staaaf met rond uiteinde aan de onderzijde; de bovenste haak is gevorkt: met deze vork grijpt deze haak rond de pedikel van de wervelboog waardoor afglijden naar lateraal wordt voorkomen.

B. Zelfde instrumentarium met eraan toegevoegd de “outrigger”. Hiermede wordt de verkromming tijdens de operatie zeer geleidelijk gestrekt. De extra grote haak links in de outrigger wordt gebruikt als de wervelboog waarop deze moet afsteunen, dik is of erg diep ligt.

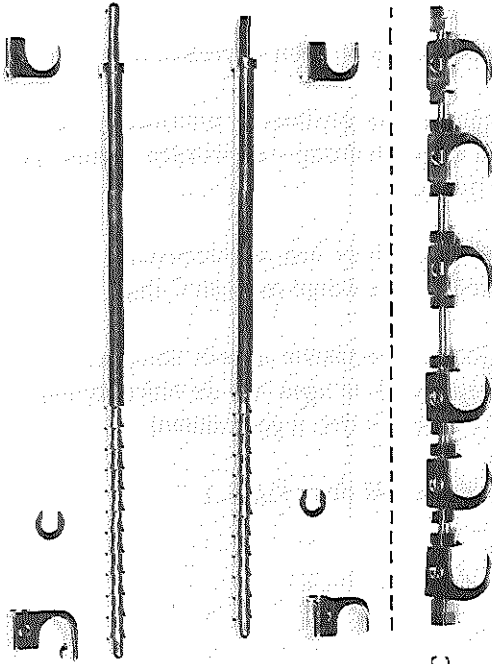
C. Voorbeelden van compressie en dwarstractie instrumentarium. Van boven naar beneden:

- compressiestaaaf volgens Harrington
- compressiestaaafje volgens Cotrel
- dwarstractiestaaafje volgens Cotrel.

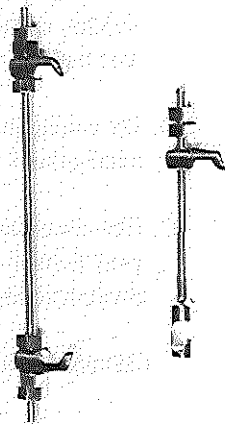
D. Detail van een Harrington compressiestaaaf:

- rechts gemonteerd met de originele Harringtonhaken - de haken worden geplaatst waarna de staaaf “doorgevoerd” moet worden
- links gemonteerd met zogenaamde Wisconsinhaken - de haken worden geplaatst waarna de staaaf “in de haken” gelegd kan worden.

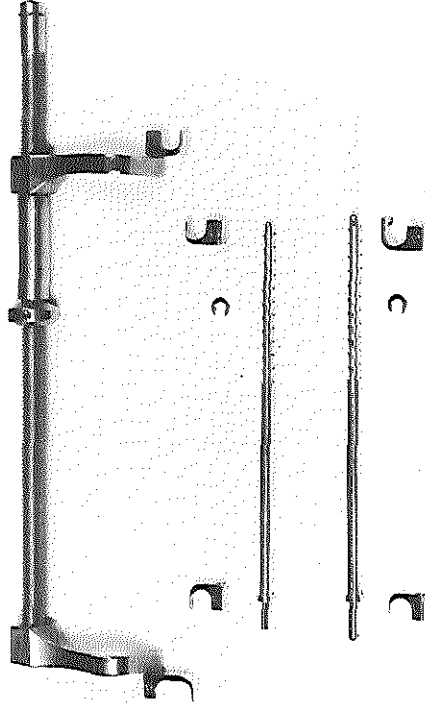
A



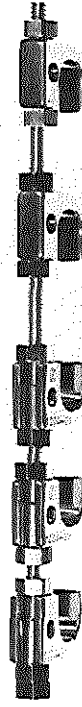
C



B



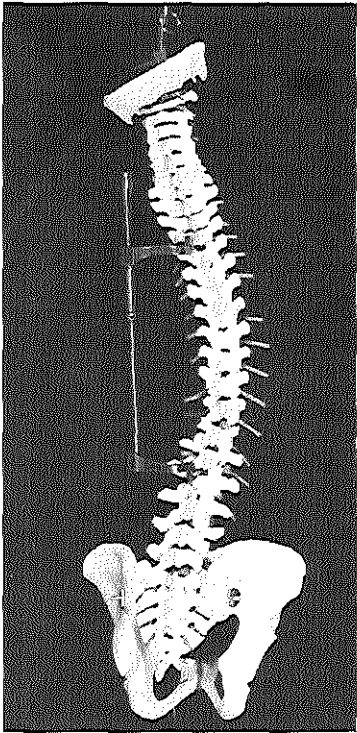
D



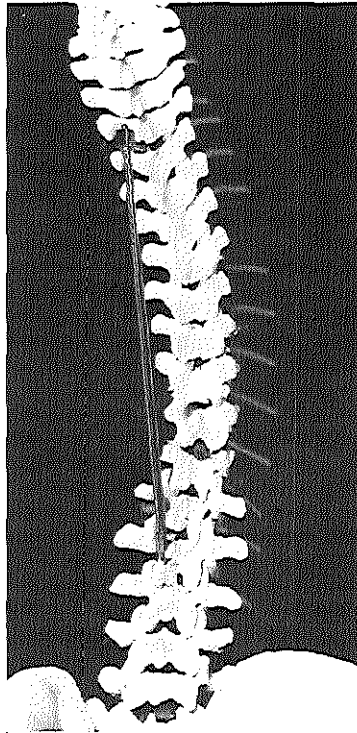
II Montage van het instrumentarium in een wervelkolom-model.

- A. De beide distractiehaken zijn geplaatst – proximaal in een intergewricht, distaal rond de wervelboog – en worden “uiteen gespreid” met behulp van de outrigger.
- B. De outrigger is vervangen door een distractiestaaaf: deze is proximaal geheel “opgekrikt” en geborgd met een C-ring.
- C. Het dwarstractie systeem, bestaande uit een compressiestaaafje volgens Cotrel – geplaatst rond de apex van de verkromming – en een dwarstractiestaaafje volgens Cotrel, is gemonteerd.

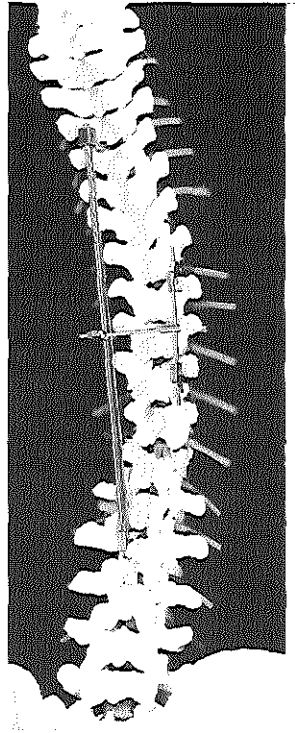
(Model ter beschikking gesteld door V.D.L.)



A



B



C

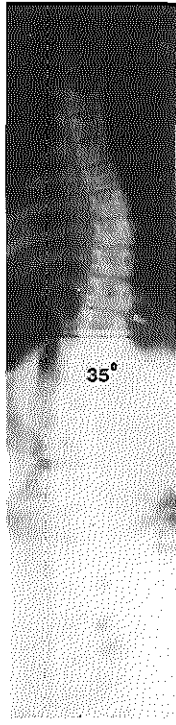
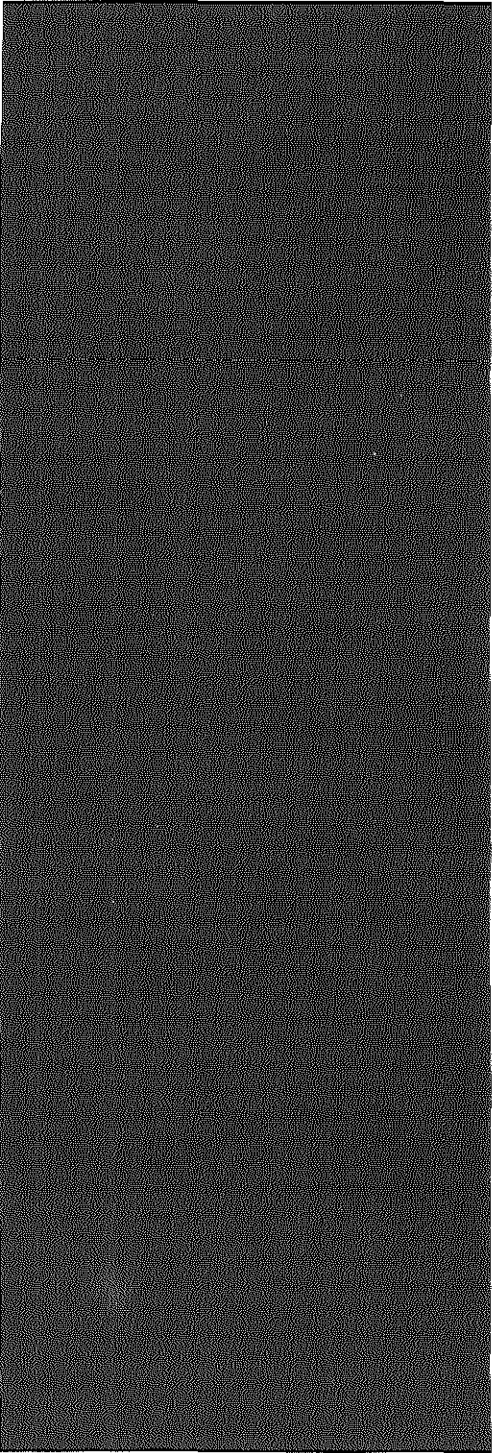
Enkele illustratieve voorbeelden:

III Patient 32; meisje

- A. 12 jaar – skeletleeftijd 10 jaar.
Idiopathische juveniele thoracale scoliose, rechts convex reikend van T₆ tot L₁: 35°.
- B. 15 jaar; alleen behandeld met fysiotherapie.
Progressie tot 74°. Desequilibratie van de romp naar rechts. Steilstand van de ribben aan de convexe zijde.
- C. 15 jaar; situatie na 2 weken halo-tibiactratie: correctie in tractie – totaal 16 kg – tot 42°.
- D. 30 jaar; situatie 15 jaar na Harrington distractie spondylodese reikend van T₅ tot L₂. Volledige consolidatie. De tussenwervelschijven in het spondylodese traject zijn sterk versmald. Scoliose 41° – uiteindelijke correctie 33°. Desequilibratie volledig gecorrigeerd; stand ribben vrijwel normaal.

Commentaar:

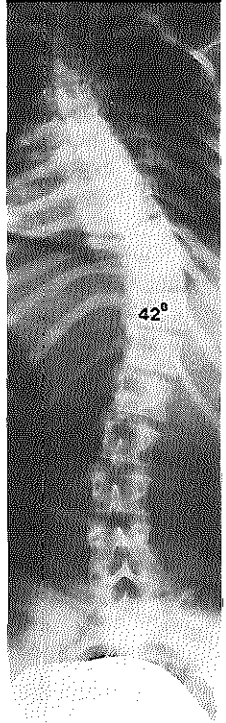
Het progressieve karakter van deze scoliose stond al vast op 12-jarige leeftijd. Er bestond toen een duidelijke achterstand van de skeletleeftijd. Op dat moment had men moeten beginnen met brace-behandeling en oefentherapie waardoor met grote waarschijnlijkheid verergering voorkomen had kunnen worden. Het uiteindelijke operatieresultaat is zeer bevredigend. Patiente is gehuwd en heeft een kantoorfunctie. Ze is klachtenvrij.



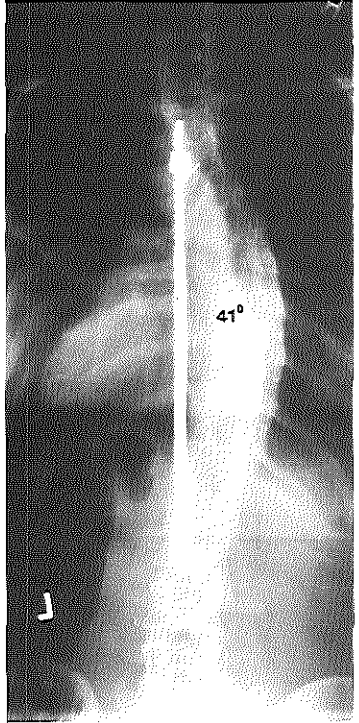
A



B



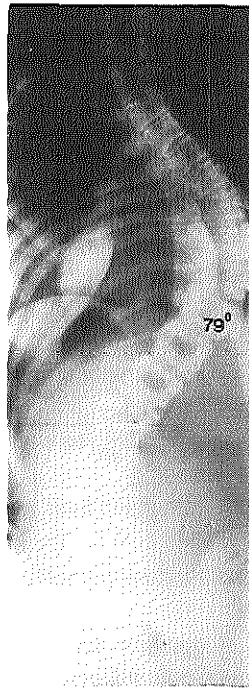
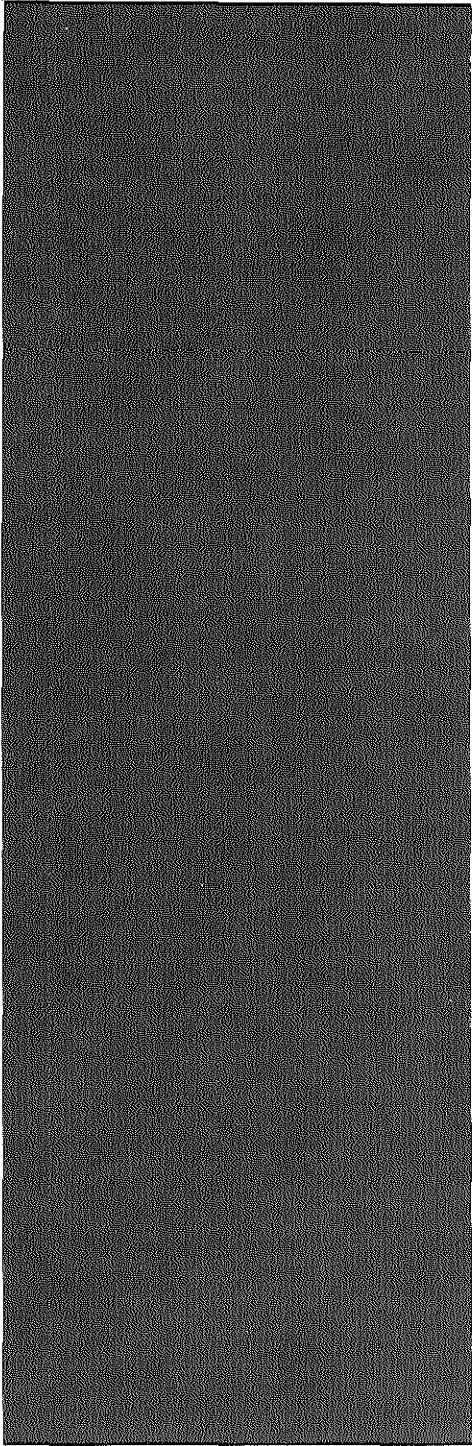
C



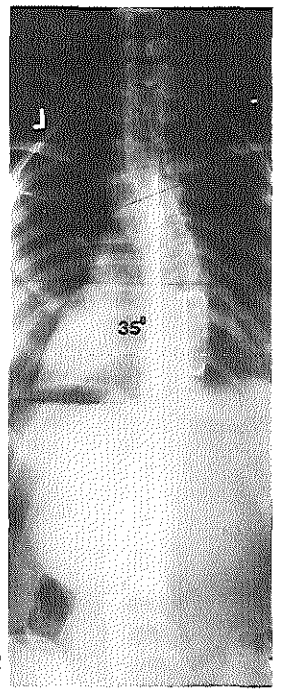
D

IV Patient 70; meisje

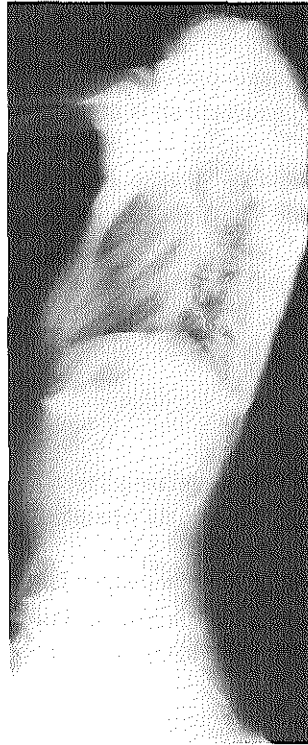
- A. 14 jaar - skeletleeftijd 14 jaar.
Idiopathische juveniele thoracale scoliose, rechts convex reikend van T₅ tot L₁: 79°. Sterke desequilibratie van de romp naar rechts en enige steilstand van de ribben aan de convexe zijde.
- B. 14 jaar; zijdelingse röntgenopname; opvallend is het ontbreken van de normale thoracale kyphose. Geringe afstand tussen wervelkolom en sternum.
- C. 16½ jaar; ruim 2 jaar na operatie. Geconsolideerde spondylolydese reikend van T₅ tot L₃, geïnstrumenteerd met een Harrington distractiestaaft + dwarstractie volgens Cotrel. Scoliose 35°; uiteindelijke correctie 44°. De romp staat in het lood, de Harringtonstaaft valt in de axiale belastingslijn. De tussenwervelschijven in het spondylodesetraject zijn sterk versmald. De steilstand van de ribben is slechts ten dele gecorrigeerd.
- D. 16½ jaar; zijdelingse röntgenopname; geen verandering in de vlakke vorm van de thoracale wervelkolom; laag lumbaal - distaal van het spondylodese traject - normale tussenwervelschijven en normale lordose.



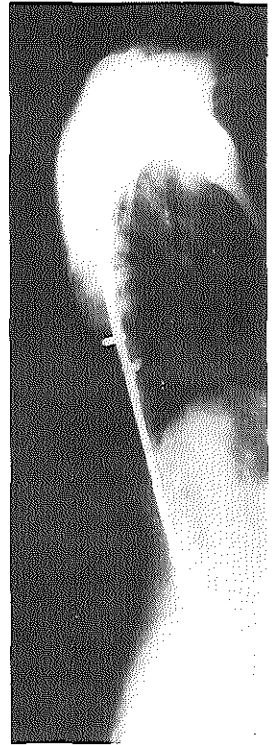
A



C



B



D

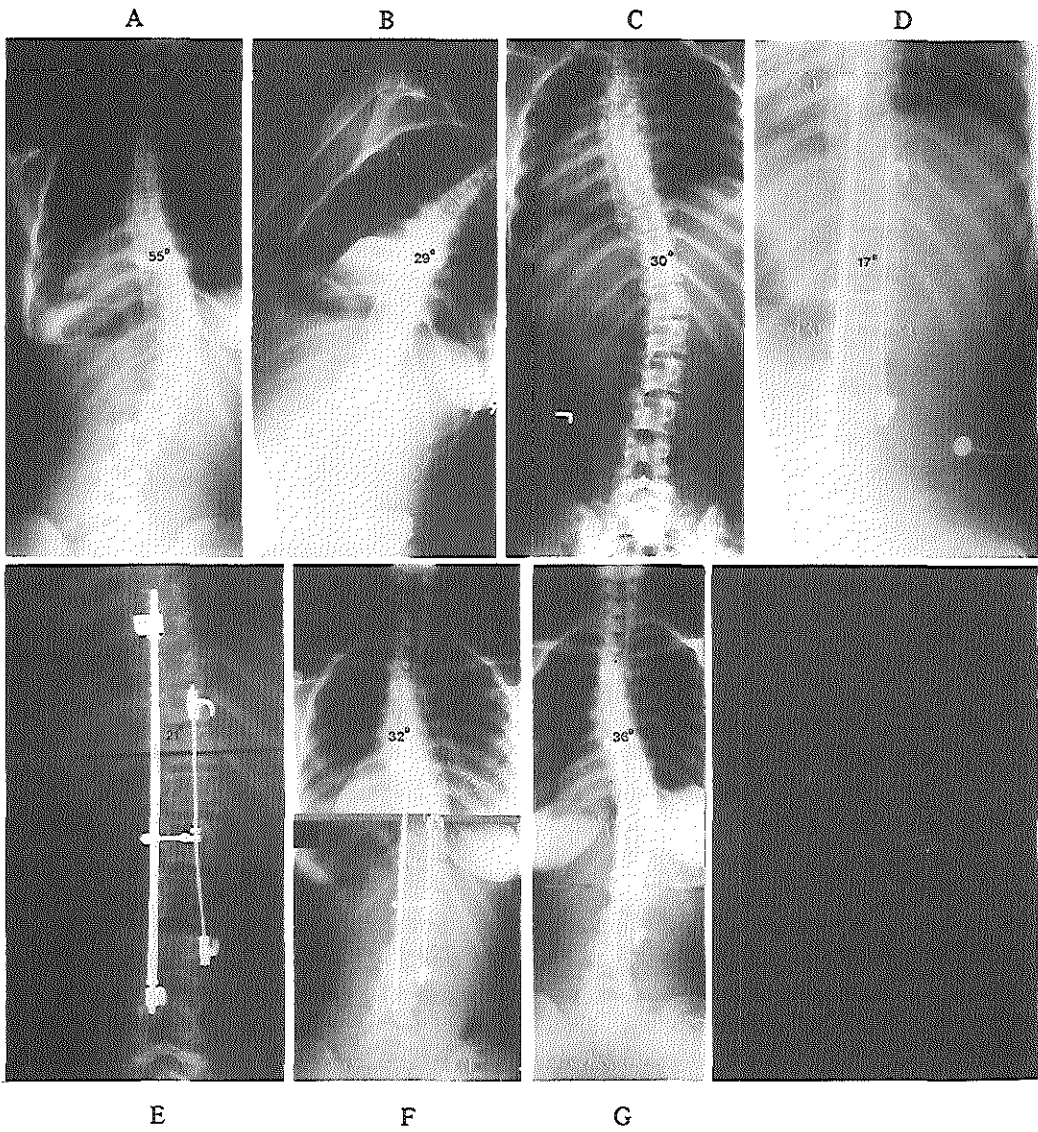
V Patient 80; meisje

- A. 13½ jaar - skeletleeftijd 14½ jaar.
Idiopathische juveniele thoracolumbale scoliose, rechts convex, reikend van T₈ tot L₂: 55°. Sterke desequilibratie van de romp naar rechts.
- B. 13½ jaar; bendingfoto naar rechts: correctie tot 29°.
- C. Idem - tractiefoto - correctie tot 30°.
- D. 13½ jaar - opname direct postoperatief: spondylodese met Harrington distractie + Cotrel dwarstractie, reikend van T₇ tot L₄. De bovenste haak staat mogelijk iets gedraaid. Scoliose 17°.
- E. 13½ jaar - opname één week postoperatief: de bovenste haak staat zeker gedraaid en is afgeden naar lateraal. Scoliose 21°.
- F. 14½ jaar - situatie één jaar later. Scoliose 32°. Pseudarthrose ter hoogte van niveau T₁₁/T₁₂.
- G. 16½ jaar - Instrumentatie-materiaal gebroken. Consolidatie lijkt bereikt. Bocht althans sinds 1½ jaar gestabiliseerd op 36°. Romp staat in het lood.

Commentaar:

Voorbeeld van een gecompliceerd verlopen behandeling met ernstige veneuze stuwings tijdens de operatie, postoperatieve wondinfectie. (beschreven onder 8.7.4.)

Uiteindelijk resultaat redelijk. Patiënte heeft af en toe rugklachten. Ze heeft geen baan. Het instrumentarium dient zeker nog verwijderd te worden; dan zal tevens blijken of de infectie voorgoed genezen is.

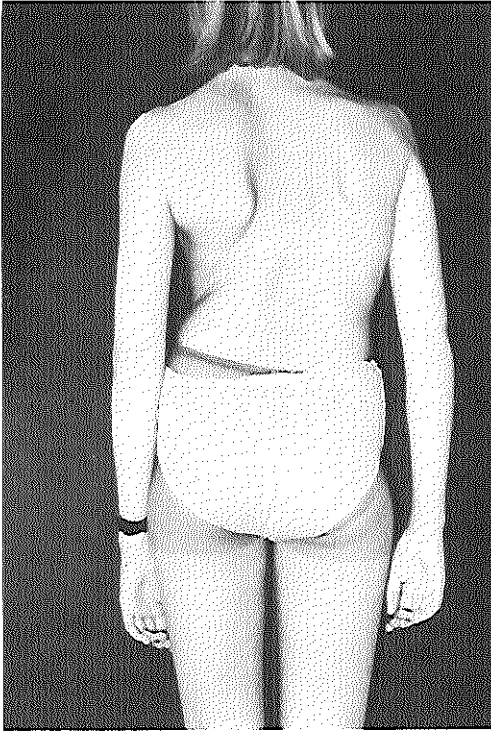


- E. Aspect van patiente gezien van achter – pre-operatief.
- F. Aspect van patiente voorovergebogen – pre-operatief.
- G. Aspect van patiente gezien van achter – 2½ jaar postoperatief.
- H. Aspect van patiente voorovergebogen – 2½ jaar postoperatief.

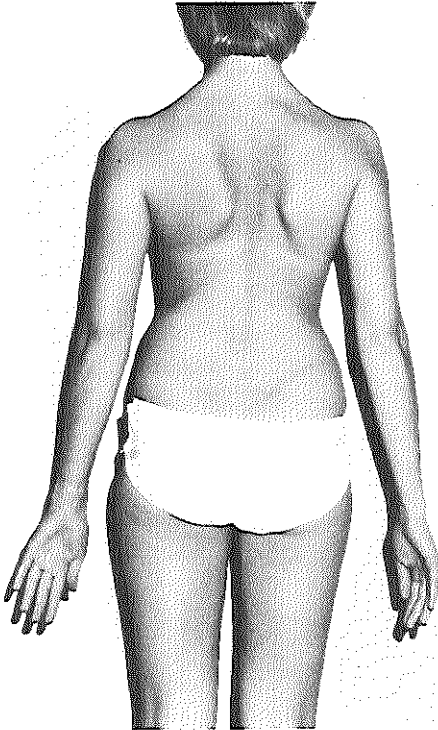
Commentaar:

Ernstige thoracale scoliose met zeer sterke disequilibratie van de romp. Om dit goed te kunnen corrigeren was het nodig het spondylodese traject naar caudaal over 2 wervels uit te breiden tot aan de eerste horizontaal verlopende tussenwervelschijf. Gelukkig was de scoliose niet erg stug waardoor een opvallend grote blijvende correctie bereikt kon worden. De cosmetische verbetering, ook van de gibbus in dit geval, is opvallend. Daar de operatie verricht werd voor het einde van de groei konden de wervel-*lichamen* nog verder groeien echter ten koste van de tussenwervelschijven. Patiente is klachtenvrij en heeft een betrekking als winkelbediende.

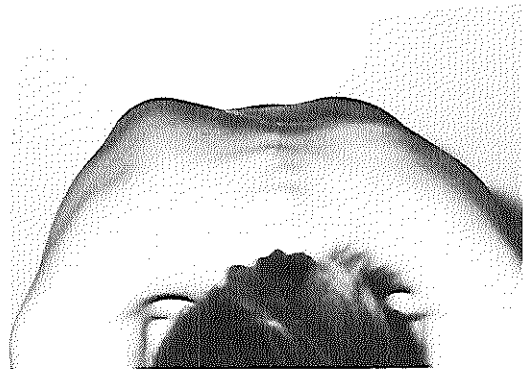
E



G



H



Literatuurlijst

Aaro, S., Dahlborn, M. (1982) The effect of Harrington instrumentation on the longitudinal axis rotation of the apical vertebra and on the spinal ribcage deformity in idiopathic scoliosis studied by the computer tomography. *Spine*, 7, 456-462.

Allan, F.G. (1954) Scoliosis: operative correction of fixed curves. *J. Bone Joint Surg.*, 36-B, 687.

Armstrong, G.W.D., Connock, S.H.G. (1975) A transverse loading system applied to a modified Harrington Instrumentation. *Clin. Orthop.*, 108, 70-76.

Baraitser, M. (1983) Genetics and syndromes in relation to scoliosis. The Phillip Zorab Scoliosis Symposium, London (in press).

Bauer, R. (1979) Die operative Behandlung der Skoliose. Huber Verlag - Bern, Stuttgart, Wien.

Beals, R.K. (1973) Nosologic and genetic aspects of scoliosis. *Clin. Orthop.*, 93, 23-31.

Bergofsky, E.H., Turino, G.H., Fishman, A.P. (1959) Cardiorespiratory failure in kyphoscoliosis. *Medicine*, 38, 263-317.

Bjure, J., Grimby, G., Nachemson, A. (1968) Correction of body height in predicting spirometric values in scoliotic patients. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.*, 21, 189-192.

Bjure, J. (1969) The effect of physical training in girls with idiopathic scoliosis. *Acta Orthop. Scand.*, 40, 325-333.

Bjure, J., Grimby, G., Kasalicky, J., Lindh, M., Nachemson, A. (1970) Respiratory impairment and airway closure with untreated idiopathic scoliosis. *Thorax*, 25, 451-456.

Blount, W.P. (1954) The treatment of scoliosis, Proceedings 6th congress "Société Internationale de Chirurgie Orthopedique et de Traumatologie". Impre. Sciences, Bruxelles: 223-226.

Blount, W.P., Schmidt, A.C., Kever, D., Leonard E.T. (1958) The Milwaukee-brace in the operative treatment. *J. Bone Joint Surg.*, 40-A, 511-528.

- Blount, W.P., Moe, J.H. (1973) The Milwaukee-brace. Williams and Wilkins Company Baltimore, 83.
- Blount, W.P., Mellencamp, D. (1977) Long-term results of idiopathic scoliosis treated with the Milwaukee-brace. *Clin. Orthop.*, 126, 47-57.
- Bobbert, A.C. (1960) Energy expenditure in level and grade walking. *J. Appl. Physiol.*, 15, 1015-1021.
- Bobechko, W.P. (1982) The instant-Harrington. 16th Annual Meeting S.R.S., Montreal.
- Bouillet, R., Vincent, A. (1967) "La scoliose idiopathique". Rapport. *Acta Orthop. Belg.*, 33, 97-388.
- Brooks, H.L. (1977) Idiopathic scoliosis: results of a prospective study. "Scoliosis" ed. by Zorab, P.A. Academic Press, London, 11-30.
- Caro, C., Dubois, A. (1961) Pulmonary function in kyphoscoliosis. *Thorax*, 16, 282-290.
- Clarisse, P. (1974) Prognostic évolutif des scolioses idiopathiques mincures de 10° à 29°, en période de croissance. Thèse med. Lyon.
- Cobb, J.R. (1948) Outline for the study of scoliosis. *Am. Acad. Orth. Surg. Instr. Course Lect.*, 5, 261-276.
- Cochram, Th., Irstam, L., Nachemson, A. (1983) Long-term anatomic and functional changes in patients with adolescent idiopathic scoliosis treated by Harrington rod fusion. *Spine*, 8, 576-584.
- Collis, D.K., Ponseti, I.V. (1969) Long-term follow-up in patients with scoliosis not treated surgically. *J. Bone Joint Surg.*, 51-A, 425-445.
- Connock, S.H.G., Armstrong, G.W.D. (1971) A transverse loading system applied to a modified Harrington Instrumentation. *J. Bone Joint Surg.*, 53-A, 194.
- Cotes, J.E. (1975) Lung function (3rd edition). Blackwell, Oxford, 345-347.
- Cotrel, M.H. (1974) Le facteur génétique dans la scoliose idiopathique. Thesis - Paris.
- Cotrel, Y. (1973) A new technique of Correction and Fusion. *Israel J. med. Sciences*, 9, 759-766.
- Cotrel, Y. (1978) Techniques nouvelles dans le traitement de la scoliose idiopathique. *Intern Orthop.*, 1, 247-265.
- Daussange, J., Rigault, P., Pouliquen, J.C., Canevet, M., Padovani, J.P., Beneux, J. (1983) L'avenir des grandes arthrodèses vertébrales pour scoliose, réalisées avec le matériel de Harrington. *Rev. Chir. Orthop.*, 69, 117-129.

- Davies, G.M., Reid, L. (1970) The growth of the alveoli and pulmonary arteries in childhood. *Thorax*, 25, 669-673.
- Deane, G., Duthie, R.B. (1973) A new projectional look at articulated spines. *Acta Orthop. Scand.*, 44, 351-365.
- Dewald, R.L., Ray, R.D. (1970) Skeletal traction for the treatment of severe scoliosis. *J. Bone Joint Surg.*, 52-A, 233-238.
- Dickson, J.H., Harrington P.R. (1973) The evolution of the Harrington instrumentation technique. *J. Bone Joint Surg.*, 55-A, 993-1002.
- Dickson, R.A., Lawton, J.D., Archer, I.A., Butt, W.P. (1984) The pathogenesis of idiopathic scoliosis. *J. Bone Joint Surg.*, 66-B, 8-15.
- Di Marco, A.F., Kelsen, S.G., Cherniak, N.S., Hough, W.H., Gothe, B. (1981) Effects on breathing of selective restriction of movement of the rib cage and abdomen. *J. Appl. Physiol.* 50(2), 412-420.
- Dollery, C.T., Gillam, P.M., Hugh-Jones, P., Zorab, P.A. (1965) Regional lung function in kyphoscoliosis. *Thorax*, 20, 175-180.
- Domisse, G.F. (1974) The blood supply of the spinal cord. A critical vascular zone in spinal surgery. *J. Bone Joint Surg.*, 56-B, 225-235.
- Domisse, G.F. (1975) The arteries and veins of the human spinal cord from birth. Churchill Livingstone, Edinburgh, London and New York.
- Duhaime, M., Labelle, P., Lebel, M., Simoneau, R., Poitras, B., Rivard, C.H., Marton, D. (1982) Traitement de la scoliose idiopathique par la technique de Harrington. *Chir. pediatri.*, 23, 17-22.
- Duval-Beaupère, G. (1971) Pathogenic Relationship between Scoliosis and Growth. "Scoliosis and Growth". Ed. by Zorab, P.A., Churchill Livingstone, Edinburgh-London, 58-63.
- Dwyer, A.F., Schafer, M.F. (1974) Anterior approach to scoliosis. *J. Bone Joint Surg.*, 65-B, 218-244.
- Edgar, M.A. (1982) Preoperative correction in adolescent idiopathic scoliosis. *J. Bone Joint Surg.*, 64-B, 530-535.
- Edgar, M.A., Metha, M.H. (1982) A long-term review of adults with fused and unfused idiopathic scoliosis. *J. Bone Joint Surg.*, 64-B, 623.
- Erwin, W.D., Dickson, J.H., Harrington, P.R. (1980) Clinical review of patients with broken Harrington rods. *J. Bone Joint Surg.*, 62-A, 1302-1307.
- Van der Eijken, J.W. (1973) "De spondylodesis posterior met toevoeging van homogeen beenbankbot bij de behandeling van de scoliose". Proefschrift, Amsterdam.

- Fishman, A.P. (1965) Pulmonary Aspects of Scoliosis. "Proceedings of a symposium on Scoliosis". Ed. by Zorab, P.A., London, 52-53.
- Gaines, R.W., Mc. Kinley, L.M., Leatherman, K.D. (1981) Effect of the Harrington compression system on the correction of the rib hump in spinal instrumentation for idiopathic scoliosis. *Spine*, 6, 489-493.
- Gazioglu, K., Goldstein, L.A., Femi-Pearse, D., Yu, P.N. (1968) Pulmonary function in idiopathic scoliosis. Comparative evaluation before and after orthopaedic correction. *J. Bone Joint Surg.*, 50-A, 1391-1399.
- Ghesquière, J. Billiet, L., Reybrouck, T., Delamotte, G., Vermeire, J. (1979) Limitation of workcapacity by chest strapping in normal subjects. *Bull. europ. Physio-path. resp.*, 15, 117.
- Gillam, P. (1965) Regional blood flow in kyphoscoliosis. "Proceedings of a symposium on scoliosis". Ed. by Zorab, P.A., London, 61-64.
- Ginsbury, H.H., Goldstein, L.A., Robinson, S.C., Chan, D.P.K. (1979) Back pain in postoperative idiopathic scoliosis, long-term follow-up study. *Spine*, 4, 518.
- Goldstein, L.A. (1966) Surgical management of scoliosis. *J. Bone Joint Surg.*, 48-A, 167-196.
- Goldstein, L.A. (1969) Treatment of idiopathic scoliosis by Harrington instrumentation and fusion with fresh autogenous iliac grafts. *J. Bone Joint Surg.*, 51-A, 209-222.
- Goldstein, L.A. (1973) The surgical treatment of idiopathic scoliosis. *Clin. Orthop.*, 93, 131-157.
- Götze, H.G. (1973) Techniken der operativen Skoliose Behandlung und deren Komplikationen, *Orthopäde*, 1, 250-263.
- Greulich, W.W., Pyle, S.I. (1959) Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist. 2nd ed. Stanford University Press, Stanford, California.
- Grouw, A. van, Nadel C.I., Weurman, R.J., Lowell, H.A. (1976) Long-term follow-up of patients with idiopathic scoliosis treated surgically. *Clin. Orthop.*, 117, 197-201.
- Gucker, T. (1962) Changes in vital capacity in scoliosis. *J. Bone Joint Surg.*, 44-A, 469-481.
- Hall, J.E. (1969) Persoonlijke mededeling.
- Hall, J.E., Nachemson, A. (1977) Debate: Scoliosis. *Spine*, 2, 318-324.
- Harrenstein, R.J. (1936) Sur la scoliose des nourissons et jeunes enfants. *Rev. Chir. Orthop.* 23, 289-307.
- Harrington, P.R. (1962) Treatment of scoliosis. *J. Bone Joint Surg.*, 44-A, 591-610.

- Harrington, P.R. (1973) The history and development of Harrington instrumentation. *Clin. Orthop.*, 93, 110-112.
- Harrington, P.R., Dickson, J.H. (1973) An eleven-year clinical investigation of Harrington instrumentation. *Clin. Orthop.*, 93, 113-130.
- Hefti, F.L., McMaster, M.J. (1983) The effect of the adolescent growth spurt on early posterior fusion in infantile and juvenile idiopathic scoliosis. *J. Bone Joint Surg.*, 65-B, 247-254.
- Henche, H.R., Morscher, E., Weisser, K. (1973) The effect of Harrington instrumentation on pulmonary function in the treatment of scoliosis. "Operative treatment of scoliosis". Ed. Chapchal, G., George Thieme, Publishers Stuttgart, 89-91.
- Henche, H.R., Morscher, E., Rutishauser, M. (1977) Die Entwicklung der Lungenfunktion nach Skoliosebehandlung durch Harrington Instrumentation. *Z. Orthop.*, 115, 816-820.
- Hepfer, G.N., Black, L., Fowler, W. (1965) Relation of lung volume to height and armspan. *Am. Rev. Resp. Dis.*, 91, 356-358.
- Herlihy, W.F. (1947) Revision of the venous system. The role of the vertebral veins. *Med. J. Australia*, 22, 661-673.
- Herman, R.M., MacEwen, G.D. (1980) Idiopathic scoliosis: a visuovestibular disorder of the central nervous system? "Scoliosis", Ed. by Zorab, P.A., and Siegler, D., Academic Press, London, 61-69.
- Herman, R.M. (1982) Pathogenesis of idiopathic scoliosis. "Proceedings of an international conference". Ed. Jacobs, R.R., Scoliosis Research Society, Chicago.
- Herndon, W.A., Ellis, R.D., Hall, J.E., Millis, B.D. (1982) Correction with a transverse loading system in the operative management of scoliosis. *Clin. Orthop.*, 165, 168-171.
- Hibbs, R.A. (1911) An operation for progressive spinal deformities. *N.Y. Med. J.*, 93, 1013-1016.
- Hibbs, R.A., Risser, J.C., Ferguson, A.B. (1931) Scoliosis treated by the fusion operation. An end-result study of 360 cases. *J. Bone Joint Surg.*, 13, 91-104.
- Hodgson, A.R. (1972) Halo-pelvic traction in scoliosis correction. "International scoliosis seminar". Jerusalem, October.
- Horal, J. (1969) The clinical appearance of low back disorders in the city of Göteborg, Sweden. *Acta Orthop. Scand.*, suppl. 118.
- Hult, L. (1954) Cervical, dorsal and lumbar spinal syndromes. *Acta Orthop. Scand.*, suppl. 17.
- Inkley, S.R. (1969) Pulmonary function in scoliosis. "Symposium on the spine". C.V. Mosby Company, Saint Louis, 180-187.

James, J.I.P. (1954) Idiopathic Scoliosis: The prognosis, diagnosis and operative indications related to the curve patterns and the age at onset. *J. Bone Joint Surg.*, 36-B, 36-49.

James, J.I.P. (1967) *Scoliosis* E.S. Livingstone Ltd. Edinburgh and London, 35-72.

James, J.I.P., (1973) The etiology of idiopathic scoliosis. *Israël J. Med. Sciences*, 9, 705-709.

Johnson, E., Westgate, H.D. (1970) Methods of predicting vital capacity in patients with thoracic scoliosis. *J. Bone Joint Surg.*, 52-A, 1433-1439.

Jones, S.J., Egdar, M.A., Ransford, A.O., Thomas, N.P. (1983) A system for the electrophysiological monitoring of the spinal cord during operations for scoliosis. *J. Bone Joint Surg.*, 65-B, 134-139.

Keiser, R.P., Schufflebarger, H.L. (1976) The Milwaukee-brace in idiopathic scoliosis. Evaluation of 123 completed cases. *Clin. Orthop.*, 118, 19-24.

Kostuik, J.P. (1979) Decision making in adult scoliosis. *Spine*, 4, 521-525.

Kumano, K., Tsuigama, N. (1982) Pulmonary function before and after surgical correction of scoliosis. *J. Bone Joint Surg.*, 64-A, 242-248.

Lacheretz, M., Guerrin, F., Robbin, H., Albecq, J.P. (1969) Le retentissement ventilatoire des scolioses de l'enfant ses modifications sous orthèse du tronc du type Milwaukee. *Rev. Chir. Orthop.*, 55, 659-674.

Leider, L.L., Moe, J.H., Winter, R.B. (1973) Early ambulation after the surgical treatment of idiopathic scoliosis. *J. Bone Joint Surg.*, 55-A, 1003-1015.

Lindh, M., Bjure, J. (1975) Lung-volumes in scoliosis before and after correction by the Harrington instrumentation method. *Acta Orthop. Scand.*, 46, 934-948.

Lindh, M. (1977) Physical performance, lung-volumes and energy expenditure in scoliosis. With special reference to treatment. Thesis. Göteborg.

Louis, R. (1982) *Surgery of the Spine*. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York.

Luque, E.R. (1982) Segmental spinal instrumentation for correction of scoliosis. *Clin. Orthop.*, 163, 192-198.

Luque, E.R. (1982) The anatomic basis and development of segmental spinal instrumentation. *Spine*, 7, 246-259.

MacEwen, G.D., Bunnell, W.P., Sriram, K. (1975) Acute neurological complications in the treatment of scoliosis. A report of the Scoliosis Research Society. *J. Bone Joint Surg.*, 57-A, 404-408.

MacEwen, G.D. (1981) Discussion. *J. Bone Joint Surg.*, 63-B, 290.

- Makley, J.T., Herndon, C.H., Inkley, S., Doershuk, C., Matthews, L.W., Post, R.H., Littell, A.S. (1968) Pulmonary function in paralytic and non-paralytic scoliosis before and after treatment. A study of 63 cases. *J. Bone Joint Surg.*, 50A, 1379-1390.
- Malcolm-Smith, N.A., McMaster, M.J. (1983) The use of induced hypotension to control bleeding during posterior fusion for scoliosis. *J. Bone Joint Surg.*, 65-B, 255-258.
- Mankin, H.J., Graham, J.J., Schack, J. (1964) Cardiopulmonary function in mild and moderate idiopathic scoliosis. *J. Bone Joint Surg.*, 46-A, 53-62.
- Marino-Zuco, C. (1938) Mezzi di osteosintesi spino-vertebrale. *O.T.A.M.*, 10, 71-82.
- Marchetti, P.G., Faldini, A., Ponte, A. (1968) Verslag van 53e congres Societa Italiana di Orthopaedia e Traumatologia. Nuovedizione Eurico Vallecchi S.T.E.B. - Via E. Zago 2 - Bologna.
- Matzen, K.A. (1983) Ergebnisse der konservativen Skoliose-Behandlung mit dem Milwaukee-korsett. *Z. Orthop.*, 121, 209-215.
- McMaster, M.J. (1980) Stability of the scoliotic spine after fusion. *J. Bone Joint Surg.*, 62-B, 59-63.
- McMaster, M.J., Merrick, M.V. (1980) The scintigraphic assessment of the scoliotic spine after fusion. *J. Bone Joint Surg.*, 62-B, 65-72.
- McMaster, M.J. (1983) Infantile idiopathic scoliosis, can it be prevented? *J. Bone Joint Surg.*, 65-B, 612-617.
- Meister, R., Heine, J. (1973) Vergleichende Untersuchungen der Lungenfunktion bei Jugendlichen Skoliose-patienten vor und nach der Operation nach Harrington. *Z. Orthop.*, 111, 749-755.
- Metha, M.H. (1977) The natural history of infantile idiopathic scoliosis. "Scoliosis", Ed. by Zorab, P.A. Academic Press, London, 103-122.
- Metha, M.H., Morel, G. (1980) The non-operative treatment of infantile idiopathic scoliosis. "Scoliosis", proceedings of the 6th Zorab-symposium. Ed. Zorab, P.A. and Siegler, D., Academic Press, London, 71-84.
- Meijer, H. (1866) Die Mechanik der Skoliose. *Virchow Archiv für Path. Anat. Bd. XXXV.*
- Michel, C.R., Jouvinroux, P. (1967) Analyse d'une statistique de 164 scolioses opérées suivant la technique de Harrington depuis avril 1963. *Acta Orthop. Belg.*, 33, 631-639.
- Michel, C.R., Onimus, M. (1979) Résultats à long terme de l'opération de Harrington. *Journées de la scoliose. A.L.D.E.R., Lyon, 1979, 359-373.*

Michel, C.R., (1983) The lumbar spine below the fusion level. Abstracts "Scoliosis and Kyphosis". 1st. European Congress on Scoliosis and Khyposis. Ed. Pecina, M., Dubrovnik, 57-58.

Milner, A., (1983) The place of lung function in children with scoliosis. The Phillip Zorab Scoliosis-symposium, London, (in press).

Moe, J.H., Valuska, J.W. (1968) Evaluation of treatment of scoliosis by Harrington instrumentation. *J. Bone Joint Surg.*, 50-A, 848.

Moe, J.H. (1969) Methods and technique of evaluating idiopathic scoliosis. "Symposium on the Spine". C.V. Mosby Company, St. Louis, 196-240.

Moe, J.H., Kettleson, D. (1970) Idiopathic scoliosis. Analysis of curve patterns and the preliminary results of Milwaukee-brace treatment in 169 patients. *J. Bone Joint Surg.*, 52-A, 1509-1533.

Moe, J.H., Cummine, J.L., Winter, R.B., Grobler, L., Bradford, D.S. (1978) *Harrington Clin. North Am.*, 2, 17-26.

Moe, J.H., Curimin, J.L., Winter, R.B., Grobler, L., Bradford, D.S. (1978) Harrington instrumentation without fusion combined with the Milwaukee-brace for difficult scoliosis problems in young children. 13th Annual meeting S.R.S., Boston.

Moe, J.H., Winter, R.B., Bradford, D.S., Lonstein, J.E. (1978) *Scoliosis and other spinal deformities.* Saunders, W.B., Philadelphia, London, Toronto.

Morscher, E. (1973) Contribution to the technique of the Harrington operation. "Operative Treatment of Scoliosis". Ed. Chapchal, G., George Thieme, Stuttgart, 71-73.

Moskowitz, A., Moe, J.H., Winter, R.B., Binner, H. (1980) Long-term follow-up of scoliosis fusion. *J. Bone Joint Surg.*, 62-A, 364-376.

Nachemson, A.L. (1968) Long-term follow-up study of non-treated scoliosis. *Acta Orthop. Scand.*, 39, 466-476.

Nachemson, A.L., Elfström, G. (1971) Intravital wireless telemetry of axial forces in Harrington distraction in patients with idiopathic scoliosis. *J. Bone Joint Surg.*, 53-A, 445-465.

Nachemson, A.L., Nordwall, A. (1977) Effectiveness of pre operative Cotrel traction for correction of idiopathic scoliosis. *J. Bone Joint Surg.*, 59-A, 504-508.

Nachemson, A.L. (1979) Adult scoliosis and backpain. *Spine*, 4, 513-517.

Nachemson, A.L., Lonstein, J., Weinstein, S. (1982) Report of the "prevalence and natural history committee". Scoliosis Research Society. Annual meeting. Denver.

Nachemson, A.L. (1983) Etiology and natural history of scoliosis. Abstracts "Scoliosis and Kyphosis". 1st European Congress on scoliosis and kyphosis, Ed. Pecina, M., Dubrovnik, 11-13.

- Nachemson, A.L. (1983) Psychological and social aspects of an long-term follow-up study of operatively treated scoliosis. Abstracts "Scoliosis and Kyphosis". 1st European Congress on Scoliosis and Kyphosis. Ed. Pecina, M., Dubrovnik, 59.
- Nickel, V.L., Perry, J., Garrett, A., Heppenstall, M. (1968) The halo. *J. Bone Joint Surg.*, 50-A, 1400-1409.
- Nilsson, U., Lundgren, K.D. (1968) Long-term prognosis in idiopathic scoliosis. *Acta Orthop. Scand.*, 39, 456-465.
- O'Brien, J.P., Hau, A.C.M.C., Hodgson, A.R. (1973) Halo-pelvic traction: a technique for severe spinal deformities. *Clin. Orthop.*, 93, 179-190.
- Perdriolle, R., Vidal, J. (1981) Etude de la courbure scoliotique. Importance de l'extension et de la rotation vertebrale. *Rev. Chir. Orthop.*, 67, 25-34.
- Plais-Cotrel, M.H. (1977) Genetic factors in idiopathic scoliosis. "Scoliosis", Ed. by Zorab P.A. Academic Press, London, 1977, 31-43.
- Ponseti, I.V., Friedman, B. (1950) Prognosis in idiopathic scoliosis. *J. Bone Joint Surg.*, 32-A, 381-395.
- Ponte, A. (1973) "Postoperative paraplegia due to hypercorrection of scoliosis". 8e SRS meeting, Göthenborg.
- Prime, J.F. (1965) Routine lung function studies in kyphoscoliosis. Proceedings of a symposium on scoliosis. Ed. by Zorab, P.A., London, 57-60.
- Reckles, L.N., Peterson, H.A., Bianco, A.J., Weidman, W.H. (1975) The association of scoliosis and congenital heartdisease. *J. Bone Joint Surg.*, 57-A, 449-455.
- Reid, L. (1969) Pathological changes in the lungs in scoliosis. "Scoliosis", Ed. by Zorab, P.A., Heinemann, London, 67-85.
- Reid, L. (1971) Lung growth. "Scoliosis and growth", Ed. by Zorab, P.A. Churchill Livingstone, Edinburgh and London, 117-121.
- Relton, J.E.S., Hall, J.E. (1963) An operation frame for spinal fusion. *J. Bone Joint Surg.*, 49-B, 327-329.
- Risser, J.C. (1958) The iliac apophysis, an invaluable sign in the management of scoliosis. *Clin. Orthop.*, 11, 111-119.
- Risser, J.C., Norquist, D.M., Cockrell, B.R., Tateiwa, M., Hoppenfeld, S. (1966) The effect of posterior spine fusion on the growing spine. *Clin. Orthop.*, 46, 127-139.
- Roaf, R. (1966) The basic anatomy of scoliosis. *J. Bone Joint Surg.*, 48-B, 786-792.
- Rogala, E.J., Drummond, D.S., Guir, J. (1978) Scoliosis: incidence and natural history. *J. Bone Joint Surg.*, 60-A, 173-176.

Salanova, G. (1967) Résultat de 30 opérations de Harrington pour scolioses idiopathiques. *Acta Orthop. Belg.*, 33, 659-668.

San Giorgi, G.M., Veraart, B.E.E.M.J., Beneken Kolmer H.H. (1966) Vitale indicaties tot operatieve behandeling van kyphoscoliosen. *Scalpel*, 8, 3-15.

Scheier, H.J.G. (1967) *Prognose und Behandlung der Skoliose*. Thieme, Stuttgart.

Scheier, H.J.G., Best, S. (1973) Vergleichende Wertung der operative Skoliosebehandlung nach Hibbs-Moe-Risser und der interne Fixation nach Harrington. *Orthopäde*, 1, 241-249.

Schüller, H.M. Veraart, B.E.E.M.J. (1983) Resultaten brace behandeling bij idiopathische scoliose. Evaluatie van 169 gevallen. Boston-brace symposium. Maartenskliniek, Nijmegen.

Schulthess, W. (1905) *Die Pathologie und Therapie der Rückengratsverkrümmungen*. Joachimsthal Handbuch der Orthopädischen Chirurgie. Bd 1, Abt 2, Jena, Fischer, G.

Schultz, A., Hirsch, C. (1973) Mechanical analysis of Harrington rod correction of idiopathic scoliosis. *J. Bone Joint Surg.* 55-A; 983-992.

Schultz, A., Hirsch, C. (1974) Mechanical analysis of techniques for improved correction of idiopathic scoliosis. *Clin. Orthop.*, 100, 66-73.

Shannon, D.C., Riseborough, E.J., Valenca, L.M., Kazemi, H. (1970) The distribution of abnormal lung function in kyphoscoliosis. *J. Bone Joint Surg.*, 52-A, 131-144.

Shneerson, J.H., Edgar, M.A. (1979) Cardiac and respiratory function in adolescent idiopathic scoliosis. *Thorax*, 34, 658-661.

Slot, G.H., Plasmans, C.M.T., Hubach, P.C.G. (1976) Surgical treatment of scoliosis by Harrington method with additional transverse traction and stabilisation. *Acta Orthop. Belg.*, 42, 387-396.

Slot, G.H. (1980) *De spondylodese volgens Dwyer bij ernstige wervelkolomdeformaties*. Proefschrift, Nijmegen.

Slot, G.H. (1982) De betekenis van het Boston-korset voor de behandeling van scoliose en kyphose. *Ned. Tijdschr. Geneesk.*, 126, 325-331.

Slot, G.H. (1982) Scoliose behandeling, de tijd dringt. *Ned. Tijdschr. Geneesk.*, 126, 335-337.

Sommerville, E.W. (1952) Rotational lordosis: the development of the single curve. *J. Bone Joint Surg.*, 34-B, 421-427.

Stagnara, P., Desbrosses, J., Michel, C.R., du Peloux, J. R. Fauchet, R., Berthou, J.D., Perdrille, R. (1965) Scolioses structurales. Résultats terminaux des traitements orthopédiques pendant la période de croissance. *Rev. Chir. Orthop.*, 51, 33-52.

Stagnara, P. (1966) *Persoonlijke mededeling*.

Veraart, B.E.E.M.J. (1970) Correctie en stabilisatie methoden in de scoliosebehandeling. *Actuele Chirurgische Technieken*, V.B. offsetdrukkerij, Groningen.

Veraart, B.E.E.M.J. (1971) De operatieve behandelingsmethode van scoliosen. *Ned. Tijdschr. Geneesk.*, 115, 1026-1028.

Veraart, B.E.E.M.J. (1973) Indications for operative treatment of scoliosis in adults. *Operative treatment of scoliosis*. Ed. by Chapchal, G., George Thieme, Stuttgart, 1973, 33.

Veraart, B.E.E.M.J. (1983) Round table discussion in "Operative treatment of scoliosis". Ed. by Chapchal, G., George Thieme, Stuttgart, 116-168.

Veraart, B.E.E.M.J., (1981) Idiopathische scoliose, herkenning en behandeling bij het opgroeiende kind. *Ned. Tijdschr. Geneesk.*, 125, 1286-1296.

Wagh, T. (1966) Intravital measurements during instrumental correction of idiopathic scoliosis. *Acta Orthop., Scand.*, suppl. 93.

Watts, H.G., Hall, J.E., Stanisch, W.M. (1977) The Boston-brace system for the treatment of low thoracic and lumbar scoliosis by the use of a girdle without superstructure. *Clin. Orthop.*, 126, 87-93.

Weinstein, S., Zavala, D.C., Ponseti, I.V. (1981) Idiopathic scoliosis. Long-term follow-up and prognosis in untreated patients. *J. Bone Joint Surg.*, 63-A, 702-712.

Weinstein, S., Ponseti, I.V. (1982) Curve progression in idiopathic scoliosis: long-term follow-up. *Scoliosis Research Society*, Denver.

Wenger, D.R., Wauters, B.S., Herring, J. (1980) Comparative mechanics of segmental spinal instrumentation versus traditional Harrington instrumentation in scoliosis treatment. 15th Annual meeting S.R.S., Chicago.

Wenger, D.R., Carollo, J.J., Wilkerson, J.A. (1982) Biomechanics of scoliosis correction by segmental spinal instrumentation. *Spine*, 7, 260-264.

Wenger, D.R., Carollo, J.J., Wilkerson, J.A., Wauters, K., Herring, J.A. (1982) Laboratory testing of segmental spinal instrumentation versus traditional Harrington instrumentation for scoliosis treatment. *Spine*, 7, 265-269.

West, J.B., Dollery, C.T., Naimark, A. (1964) Distribution of blood flow in isolated lung; relation to vascular and alveolar pressures. *J. Appl. Physiol.*, 19, 713-718.

Westgate, H.D. (1967) Pulmonary function in scoliosis. *Am. Rev. resp. Dis.*, 96, 147-153.

Westgate, H.D. (1968) Hemi lung ventilation and perfusion changes secondary to thoracic scoliosis. *J. Bone Joint Surg.*, 50-A, 845-846.

Westgate, H.D., Moe, J.H. (1969) Pulmonary function in kyphoscoliosis before and after correction by the Harrington instrumentation method. *J. Bone Joint Surg.*, 51-A, 935-946.

- Stagnara, P. (1969) Scoliosis in Adults: Surgical treatment of severe forms. *Int. Soc. for Orthop. Surg. and Traum. XI Congress*. Ed. by Zamudio. Excerpta medica, Amsterdam.
- Stagnara, P. (1971) Traction crânienne par le "Halo" de Rancho Los Amigos. *Rev. Chir. Orthop.*, 57, 287-300.
- Stagnara, P. (1973) Prognose kindlicher und jugendlicher Skoliosen. *Orthopäde*, 1, 217-231.
- Stagnara, P. (1979) "Traitement chirurgical des scolioses majeures de l'adulte". *Journées de la scoliose*. A.L.D.E.R., Lyon 375-389.
- Stagnara, P. (1979) Scoliose idiopathiques et évolution. *Journées de la scoliose*. A.L.D.E.R., Lyon, 93-116.
- Stagnara, P. (1981) "Scoliosis majeure de l'adulte". *Suppl. II, Rev. Chir. Orth.*, 67, 36-37.
- Steenart, B.A.J.M., (1971) De conservatieve scoliosebehandeling in een gespecialiseerde kliniek. *Ned. Tijdschr. Geneesk.*, 115, 1024-1025.
- Steenart, B.A.J.M., (1981) Posterior spinal fusion including the sacrum in scoliosis. *J. Bone Joint Surg.*, 63-B, 289-290.
- Suk, T.H., Alexander, L. (1939) Vascular system of the human spinal cord. *Arch. Neur. Psychiatr.*, 41, 659-670.
- Tamborino, J.M., Armburst, E.N., Moe, J.H. (1964) Harrington instrumentation in correction of scoliosis. A comparison with cast correction. *J. Bone Joint Surg.*, 46-A, 313-323.
- Tanner, J.M. (1962) *Growth at adolescence* (2nd edition). Blackwell, Oxford.
- Torell, G., Nordwall, A., Nachemson, A. (1981) The changing pattern of scoliosis treatment due to effective screening. *J. Bone Joint Surg.*, 63-A, 337-341.
- Trotter, M., Gleser, G. (1958) A re-evaluation of estimation of stature based on measurements of stature taken during life and of the long bones after death. *Am. J. Phys. Antrop.*, 16, 79-84.
- Vanmeenen, M.T., Ghesquièrre, J., Demedts, M. (1984) Effects of thoracic or abdominal strapping on exercise performance. *Bull. Europ. Physiopath. resp.*, 20, 127-132.
- Vauzelle, C., Stagnara, P., Jouvinroux, P. (1973) Functional monitoring of spinal cord activity during spinal surgery. *Clin. Orthop.*, 93, 173-178.
- Veraart, B.E.E.M.J., Beneken Kolmer, H.H. (1969) Longfunctie onderzoek bij scoliosapatiënten. *Ned. Tijdschr. Geneesk.*, 113, 847-848.

White, A.A., (1971) Kinematics of the normal spine as related to scoliosis. *J. Biomech.*, 4, 405.

White, A.A. (1969) Analysis of the mechanics of the thoracic spine in man. An experimental study on autopsy specimens. *Act. Orthop. Scand.*, suppl. 127.

White, A.A., Panjabi, M.M. (1978) *Clinical biomechanics of the spine*. J.B. Lippincott Company, Philadelphia-Toronto.

Willner, S., Uden, A. (1982) A prospective prevalence study of scoliosis in Southern Sweden. *Acta Orthop. Scand.*, 53, 233-237.

Wilson, R.L., Levine, D.B., Doherty, J.H. (1971) Surgical treatment of idiopathic scoliosis. *Clin. Orthop.*, 81, 34-47.

Winter, R.B. (1971) The effects of early fusion on spine growth. "Scoliosis and growth". Ed. by Zorab, P.A., Churchill Livingstone, Edinburgh-London. 98-104.

Wynne-Davies, R. (1968) Familial idiopathic scoliosis. *J. Bone Joint Surg.*, 50B, 24-30.

Yamada, K., Yamamoto, H., Tamura, T., Tezuka, A. (1974) Development of scoliosis under neurological basis, particularly in relation with brain-stem abnormalities. *J. Bone Joint Surg.*, 56-A, 1764.

Zetterberg, C., Hansson, T., Lidström, J., Irstam, L., Andersson, G.B.J. (1983) Postural and time-dependent effects on body height and scoliosis angle in adolescent idiopathic scoliosis. *Acta Orthop. Scand.*, 54, 836-840.

Zorab, P.A., Prime, F.J. (1963) Estimation of height from tibial length. *Lancet* 1, 195-196.

Zorab, P.A. (1973) Pulmonary function in spinal deformity. *Clin. Orthop.*, 93, 33-37.

CURRICULUM VITAE

- 19-3-1931 geboren te Kerkrade
- 1943 - 1949 gymnasium β (eerst te Rolduc, vanaf 1946 aan het Bernardinuscollege te Heerlen)
- 1949 - 1957 studie in de geneeskunde, Rijksuniversiteit te Utrecht
- 1958 - 1959 militaire dienst
- 1959 - 1962 assistent algemene heelkunde, St. Laurentius ziekenhuis te Roermond (opleider: W.J. Landman)
- 1962 - 1965 assistent orthopedie St. Radboud ziekenhuis te Nijmegen (opleider: Prof.Dr. G.M San Giorgi)
- 1965 - 1966 chef de clinique orthopedie St. Radboud ziekenhuis te Nijmegen
- 1966 - 1970 hoofd scoliose polikliniek afdeling orthopedie St. Radboud ziekenhuis te Nijmegen
- 1966 - 1974 orthopedisch chirurg St. Elisabeth's gasthuis te Arnhem en streekziekenhuis te Zevenaar; vanaf 1970 in associatie met A.C.M. Koot
- 1974 - orthopedisch chirurg en opleider orthopedie Onze Lieve Vrouwe Gasthuis te Amsterdam in associatie met Dr. J.W. van der Eijken en sinds 1978 tevens met Dr. C.M.T.J.M. Plasmans
- Sinds 1969 Corresponding Member van de Scoliosis Research Society.

De gegevens voor dit manuscript zijn afkomstig uit de orthopedische afdelingen van het St. Radboud Ziekenhuis te Nijmegen, het St. Elisabeth's Gasthuis te Arnhem en het Onze Lieve Vrouwe Gasthuis te Amsterdam en van de afdeling longfunctie van het Onze Lieve Vrouwe Gasthuis te Amsterdam.

De bewerking kwam in 1984 tot stand in Amsterdam.

Onmisbare hulp bij het tot stand komen van dit proefschrift verleenden voor het gehele longfunctie-onderzoek:

- P.J. Janssen, M.D.F.C.C.P., cardio-anaesthesist, hoofd afdeling longfunctie O.L.V.G. te Amsterdam
- Mirjam van Pelt, hoofdlaborante afdeling longfunctie O.L.V.G. te Amsterdam

voor het verzamelen en rubriceren van de gegevens vele assistenten met name:

- William Neve
- Cees Doets
- Frank Wijffels

voor het ordenen en uittypen van het manuscript:

- Bernadette Nooij, hoofd secretariaat orthopaedie O.L.V.G. te Amsterdam

voor gegevens over de theorie van Dickson:

- R.M. Castelein, assistent orthopedie Ziekenhuis Leyenburg te 's Gravenhage

voor de statistische berekeningen:

- Jack Kennedy, hoofd isotopenlaboratorium O.L.V.G. te Amsterdam

voor tekeningen en fotografie:

- Bob Walman, hoofd Audiovisuele dienst O.L.V.G. te Amsterdam
- Madeleine de Vries, secretaresse klinische chemie O.L.V.G. te Amsterdam

voor de Engelse vertaling:

- Malcolm Fidler, F.R.C.S., Slotervaart ziekenhuis te Amsterdam

voor de correctie van de drukproeven:

- Dr. Henk Kruijswijk, Dr. Wijbren Taconis en Dr. Maarten Esseveld. stafleden O.L.V.G. te Amsterdam

De D.H. Heijne Stichting gaf financiële steun bij het onderzoek.

