

# VU Research Portal

## Adolescent idiopathic scoliosis: spinal fusion and beyond

Holewijn, R.M.

2019

### **document version**

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication in VU Research Portal](#)

### **citation for published version (APA)**

Holewijn, R. M. (2019). *Adolescent idiopathic scoliosis: spinal fusion and beyond*. [PhD-Thesis - Research and graduation internal, Vrije Universiteit Amsterdam].

### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

### **Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

### **E-mail address:**

[vuresearchportal.ub@vu.nl](mailto:vuresearchportal.ub@vu.nl)

## Nederlandse samenvatting

### Achtergrond

Adolescente idiopathische scoliose (AIS) wordt gekenmerkt door een deformiteit van de wervelkolom. Dit resulteert onder andere in een zijwaartse kromming van de wervelkolom. Daarnaast treedt er een asymmetrie van de schouders, ribben en taille op. AIS treft vooral vrouwelijke patiënten tussen de 10 en 17 jaar. Zij ervaren de vervorming van hun romp als dusdanig ontsierend dat het hun kwaliteit van leven negatief beïnvloedt. Bovendien kan AIS progressief zijn en op latere leeftijd leiden tot rugklachten en in het uiterste geval tot cardiorespiratoire problemen.

De deformiteit kan chirurgisch gecorrigeerd worden. De meest gebruikte techniek stoelt op een posterieure benadering. Hierbij kunnen de posterieure ligamenten (ligamentum supraspinale, interspinale en ligamentum flavum) en/of benige delen (facetgewrichten en lamina) van de wervelkolom verwijderd worden om de wervelkolom flexibeler te maken en een betere correctie mogelijk te maken. De kromming van de wervelkolom wordt gecorrigeerd en de wervelkolom wordt in balans gezet. Aansluitend wordt de wervelkolom gefixeerd door middel van een zogenaamde spondylodese om de correctie te behouden. Deze operatietechniek, *posterior spinal correction and fusion (PSF)*, gaat gepaard met een groot litteken, veel bloedverlies, langdurig ziekenhuisverblijf en een lange operatieduur. Patiënten zijn over het algemeen erg tevreden met het resultaat, maar na de operatie rapporteren ze een afname in fysieke activiteit en deelname aan sport. Op langere termijn rapporteren sommigen rugklachten, die mogelijk gerelateerd zijn aan degeneratie van de aangrenzende niet-gefixeerde segmenten van de wervelkolom (*adjacent segment degeneration, ASD*).

Bovenstaande constatering geven aan dat er nog belangrijke vragen zijn te formuleren op het gebied van de chirurgische behandeling van AIS: Wat zijn de postoperatieve effecten van de huidige PSF chirurgie? Wat is de impact van de spondylodese op fysieke functie in het dagelijks leven? Kan een minder invasieve ingreep zonder spondylodese een alternatief bieden?

Het eerste deel van dit proefschrift verdiept ons begrip van de effecten van PSF chirurgie op de biomechanica van de wervelkolom om postoperatieve klachten te verklaren en aanknopingspunten te identificeren voor minder invasieve

chirurgie. Het tweede deel van dit proefschrift belicht de (on)mogelijkheden van een alternatieve, potentieel aanzienlijk minder invasieve, operatietechniek zonder spondylodese.

### Bevindingen en implicaties

De effectiviteit van posterieure resecties, die worden uitgevoerd bij chirurgische PSF behandeling van AIS, staan ter discussie; klinische studies laten tegenstrijdige resultaten zien, terwijl deze resecties resulteren in extra peroperatief bloedverlies en operatieduur. Ondanks decennia van gebruik is er nog onvoldoende inzicht in de mate waarin posterieure spinale ligamenten en ossale delen bijdragen aan de spinale flexibiliteit die nodig is om de deformiteit van de wervelkolom te corrigeren. Derhalve wordt in **hoofdstuk 2** de impact van posterieure resecties op de flexibiliteit van wervelkolommen van humane kadavers in kaart gebracht. Na het achtereenvolgens verwijderen van alle posterieure elementen werd de flexibiliteit (*range of motion, ROM*) geanalyseerd in vier bewegingsrichtingen: flexie, extensie, laterale buiging en axiale rotatie. De ROM bleek in flexie en axiale rotatie toe te nemen na resectie van de supraen interspinale ligamenten, inferieure facetten en het ligamentum flavum. Een additionele verwijdering van het superieure facet resulteerde alleen in flexierichting in een kleine extra toename in ROM. Derhalve lijkt een beperkte resectie voldoende effectief in de meeste patiënten.

Biomechanische analyses zoals hierboven besproken worden momenteel gedaan op niet-gebalsemde humane kadavers, welke kortdurend bruikbaar zijn en een potentieel besmettingsgevaar vormen voor de onderzoeker. Het balsemen van kaders neemt deze twee nadelen weg, maar de huidige balsemmethoden verstijven het weefsel dusdanig dat biomechanische analyses niet meer mogelijk zijn. In **hoofdstuk 3** wordt de toepassing van een nieuwe balsemmethode, Fix for Life (F4L), geanalyseerd. De hypothese was dat deze balsemtechniek het weefsel niet verstijft. Het experiment toonde aan dat het weefsel inderdaad minder verstijft met F4L. Echter, ook met F4L verstijft het weefsel dusdanig dat het niet geschikt is voor biomechanische analyses. F4L houdt het weefsel wel meer natuurgetrouw dan traditionele balsemmethoden en kan dus wel worden toegepast in een educatieve setting, waar nu ook vaak nog gebruik wordt gemaakt van traditioneel gebalsemde lichamen.

De mate van postoperatief (fysiek) herstel na PSF chirurgie waarbij de wervelkolom gefixeerd wordt is opmerkelijk. Zeker aangezien het de gangbare opvatting is dat een flexibele wervelkolom cruciaal is voor bewegingen in het dagelijks leven, zoals lopen. Een hypothese is dat patiënten na de operatie bewegingen en/of houdingen ontwikkelen die compenseren voor het verlies van flexibiliteit van de wervelkolom. Hierover bestaat echter geen eenduidig wetenschappelijk bewijs. Verwacht wordt dat meer inzicht in de effecten van een spondylodese nieuwe aanknopingspunten zal bieden om korte termijn effecten (bijvoorbeeld verminderde postoperatieve fysieke functie en activiteit) en lange termijn effecten (bijvoorbeeld ASD) te verklaren en vervolgens ook te behandelen of voorkomen. In dit proefschrift worden drie hypothesen rondom potentiële compensatie mechanismen onderzocht:

1. Spondylodese resulteert in een verminderde ROM van het bekken tijdens gang, waardoor de paslengte afneemt. Om loopsnelheid te behouden neemt de pasfrequentie toe (**hoofdstuk 4**).
2. Spondylodese resulteert in verminderde ROM van het gefuseerde deel van de wervelkolom tijdens gang, waardoor de ROM van de totale wervelkolom afneemt. Om de ROM van de totale wervelkolom gelijk te houden neemt de ROM van het niet-gefuseerde deel van de wervelkolom toe (**hoofdstuk 5**).
3. Spondylodese beperkt de tegengestelde rotatie tussen thorax en bekken die optreedt bij hogere loopsnelheden. Om de totale tegenrotatie tussen het bovenlichaam en het bekken te handhaven neemt de tegengestelde rotatie tussen schouders en thorax toe (**hoofdstuk 6**).

Om bovenstaande hypothesen te testen werd bij een groep AIS patiënten het gangpatroon geanalyseerd voor en na PSF chirurgie. Tegen alle verwachtingen in werden alle drie de hypothesen verworpen. Een opmerkelijke bevinding was dat de totale ROM van de wervelkolom afneemt, zowel het deel waar de spondylodese is gedaan, als het deel dat niet geopereerd is. Tegelijkertijd is het bekend dat AIS patiënten die postoperatief een meer dan gemiddelde afname in flexibiliteit hebben, ook minder fysiek actief zijn en meer rugklachten hebben. Verondersteld wordt dat postoperatieve fysiotherapie mogelijk van toegevoegde waarde is om deze gereduceerde flexibiliteit te behandelen.

Naast doorontwikkeling van de huidige chirurgische technieken kunnen nieuwe, minder invasieve, technieken zonder spondylodese een stap voorwaarts bieden in de behandeling van AIS. In dit proefschrift werd een nieuw implantaat getest dat ontworpen is voor een minder invasieve scolioscorrectie zonder spondylodese. Dit implantaat bestaat uit een staaf die stapsgewijs in lengte kan toenemen en daarmee de scoliose geleidelijk zou kunnen reduceren. Deze staaf wordt bevestigd aan de wervelkolom, aan de concave (holle) zijde van de kromming, middels flexibele verbindingen. Voor de evaluatie van deze nieuwe techniek werd een gefaseerde aanpak toegepast om risico's te beperken.

De eerste stap in de evaluatie van het nieuwe implantaat was een prospectieve risicoanalyse in een multidisciplinair team (**hoofdstuk 7**). Vanwege de flexibele verbindingen tussen de staaf en de wervelkolom werd verondersteld dat de flexibiliteit van de wervelkolom behouden zou blijven na het plaatsen van het nieuwe implantaat. Uit de prospectieve risicoanalyse volgde de noodzaak om deze hypothese te testen. In een laboratoriumexperiment werd daarom het effect van het implantaat op de biomechanische eigenschappen van niet-gebalsemde kadaverwervelkolommen getest (**hoofdstuk 8**). In lijn met de hypothese bleek het nieuwe implantaat de flexibiliteit van de kadaverwervelkolom minder te reduceren dan de reguliere rigide implantaten zoals gebruikt bij de huidige PSF techniek. Het nieuwe implantaat reduceert echter wel de ROM van de wervelkolom, waardoor er krachten op het implantaat komen te staan tijdens dagelijkse bewegingen. Derhalve is er een potentieel risico op materiaalbreuk of osteolyse/loslating ter plaatse van de implantaat-bot overgang. Voor het nieuwe implantaat werd dit risico als aanwezig, maar laag ingeschat.

De laatste stap was een prospectieve klinische evaluatie van het nieuwe implantaat in AIS patiënten. In **hoofdstuk 9** worden de voorlopige resultaten van deze studie uiteen gezet. We zien dat het nieuwe implantaat de beoogde positieve effecten heeft op chirurgische parameters; een kleiner litteken, minder bloedverlies en kortere operatieduur. Daarentegen was het effect op de correctie van de deformiteit beperkter dan in het geval van de PSF chirurgie. Daarnaast zijn er, ondanks een grondige risicoen biomechanische analyse vooraf in één op de drie patiënten complicaties opgetreden waarvoor uiteindelijk ook revisie chirurgie nodig was. Op het moment van schrijven is inclusie voor de klinische studie daarom gestopt. De reeds behandelde patiënten worden zorgvuldig gevolgd om de mogelijke oorzaak van de complicaties scherper in beeld te krijgen zodat we in de toekomst beter kunnen inschatten welke patiënten baat hebben bij de nieuwe techniek.

### **Conclusies**

Dit proefschrift evalueert de effecten van huidige en nieuwe chirurgische technieken voor de behandeling van AIS. Hiervoor werden *in vitro* en *in vivo* studies uitgevoerd.

Ten eerste is de huidige, invasieve, chirurgische techniek (*posterior spinal correction and fusion, PSF*) tegen het licht gehouden. Dit proefschrift laat zien dat uitgebreide posterieure resecties bij PSF chirurgie, welke een belangrijke bijdrage leveren aan het peroperatieve bloedverlies en de operatieduur, niet resulteren in betere correctiemogelijkheden dan een beperkte resectie. Daarnaast leidt deze PSF chirurgie met spondylodese tot een afname van de bewegelijkheid tijdens dagelijkse fysieke activiteiten zoals het lopen. Dit onderstreept de behoefte aan nieuwe chirurgische technieken zonder spondylodese.

In het tweede deel van dit proefschrift werd derhalve een mogelijk nieuw implantaat geanalyseerd welke bestaat uit een verlengbare staaf en flexibele verbindingen met de wervelkolom. Ondanks dat de wervelkolom bewegelijker blijft in vergelijking met PSF chirurgie, en de operatie aanzienlijk minder invasief is, blijkt dit implantaat in zijn huidige vorm nog ongeschikt voor een brede toepassing in de dagelijkse klinische praktijk. Doorontwikkeling van het implantaatontwerp en de chirurgische techniek is nodig om de kans op complicaties te verminderen. Dit proefschrift en toekomstige studies brengen ons een stap dichterbij betere technieken voor de behandeling van patiënten met adolescente idiopathische scoliose.