

University of Groningen

Monitoring scoliosis progression

Dewi, Dyah Ekashanti Octorina

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

2011

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Dewi, D. E. O. (2011). *Monitoring scoliosis progression: optimizing positioning and ultrasound imaging*. s.n.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

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.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

Samenvatting



Scoliose is een drie-dimensionale vervorming van de wervelkolom, gekarakteriseerd door een zijwaartse vervorming en axiale rotatie van de wervels. Het is één van de meest gecompliceerde problemen in de Orthopedie, met name omdat de oorzaak in veel gevallen niet bekend is. Als ingeschat wordt, dat scoliose progressief is, wordt de patiënt regelmatig geobserveerd om op tijd te kunnen ingrijpen. Dit observeren moet nauwkeurig gebeuren om tijdstip en mate van ingrijpen goed te kunnen bepalen.

De gouden standaard van deze observatie is het nemen van twee röntgenfoto's, een laterale en een anterior-posterior foto. Nadeel van röntgenfoto's is de stralingsbelasting. Hierdoor is de frequentie sterk beperkt. Een ander nadeel is het feit, dat een röntgenfoto een twee-dimensionaal beeld geeft van een drie-dimensionale structuur, waardoor een goede inschatting van de mate van vervorming lastig is. Een derde probleem is het feit, dat de houding van de patiënt tijdens het maken van de opnames kan veranderen, waardoor het lijkt, alsof de mate van scoliose is veranderd.

Voorgesteld wordt om ultrageluid-scanning toe te passen om de vorm van de wervelkolom in beeld te brengen. De haalbaarheid hiervan is al aangetoond, maar de afbeeldingskwaliteit is nog niet hoog. Als dit wordt verbeterd en wordt gecombineerd met een systeem, dat de houding van een patiënt op een reproduceerbare wijze kan voorschrijven, dan worden bovengenoemde problemen opgelost en kan het volgen van scoliose nauwkeurig uitgevoerd worden.

Het doel van de studie, beschreven in dit proefschrift was het verbeteren van een scannings-systeem van de wervelkolom om progressie van scoliose nauwkeurig te kunnen volgen. De focus lag op twee deelgebieden:

Houdingsreproduceerbaarheid in staande positie en Kwaliteitsverbetering van 3D-ultrageluids-scanning van de wervelkolom

Deze studie heeft een methodiek opgeleverd (Figure. 10.1), waarmee de progressie van scoliose nauwkeurig kan worden gevolgd, zodat op het juiste moment met de juiste therapie kan worden ingegrepen.

In **hoofdstuk 2** is een overzicht gegeven van de behandeling van scoliose. Een schoolkind ondergaat een eenvoudige lichamelijke screening. Als scoliose wordt vermoed, wordt het kind doorverwezen naar de huisarts. Als deze dit vermoeden bevestigt, wordt het kind doorverwezen naar de Orthopedisch chirurg. Meestal worden dan twee röntgenfoto's gemaakt, een laterale en een anterior-posterior foto. Tegenwoordig is een beter alternatief voorhanden, het EOS-systeem. Dit systeem maakt twee scans van de wervelkolom, een laterale en een anterior-posterior, en wel tegelijkertijd. Vervolgens wordt van de opnames een quasi CT-beeld gemaakt. Naast een verminderde stralingsbelasting is ook de invloed van een veranderde houding tussen de twee opnames afwezig. Bovendien is de beeldkwaliteit veel beter. De prijs van dit systeem is echter nog erg hoog, waardoor de beschikbaarheid beperkt zal blijven.

Tijdens de röntgenopnames worden de patiënten verzocht ontspannen rechtop te staan. Deze houding is echter niet goed reproduceerbaar. Een volgende opname kan door een gewijzigde houding een ander beeld opleveren, waardoor de

diagnose verstoord wordt. Een balansplaat, de *BalancAid*, is ontwikkeld om de patiënt te dwingen een specifieke rechtopstaande houding aan te nemen. Bij gezonde vrijwilligers is onderzocht, of deze balansplaat inderdaad een verbetering van de reproduceerbaarheid oplevert. Dit onderzoek is beschreven in **hoofdstuk 3**. Uit deze studie blijkt, dat er inderdaad een betere reproduceerbaarheid optreedt in vergelijking met de huidige procedure.

Als de patiënt op de *BalancAid* staat, moeten beide armen in een bepaalde positie worden geplaatst, zodat de glenohumerale verstoring en de invloed van de standen van de arm op de houdingsreproduceerbaarheid minimaal is. Echter, de optimale armpositie is niet bekend. Daarom is een studie uitgevoerd naar de beste positie van de armen. Dit onderzoek, beschreven in **hoofdstuk 4**, resulteerde in een optimale armpositie, waarbij de handen een stok vasthouden en de vuisten zich ter hoogte van de sleutelbeenderen bevinden.

Als vervolg werd onderzoek uitgevoerd op scoliotische patiënten om erachter te komen of de *BalancAid* en de armpositie gunstig is voor scoliotische patiënten die een röntgenfoto moet ondergaan. Uit dit onderzoek naar jonge vrouwelijke scoliotische patiënten, zoals vermeld in **hoofdstuk 5**, blijkt dat een dergelijke procedure leidt tot een vergrote reproduceerbaarheid. Dit verhoogt de nauwkeurigheid van de diagnose, zoals het vaststellen van de Cobb-hoek bij patiënten met beginnende scoliose. De toepassing van de geselecteerde armpositie tijdens het staan op de *BalancAid* draagt bij aan deze verbetering van de reproduceerbaarheid.

Een vergelijking van de houdingsreproduceerbaarheid van gezonde vrijwilligers en jonge scoliotische patiënten laat zien, dat gezonde vrijwilligers in staat zijn een betere houdingsreproduceerbaarheid te realiseren dan scoliotische patiënten. Dit kan zijn veroorzaakt door verschillende factoren:

- Scoliotische patiënten hebben een disbalans in hun lichaam als gevolg van wervelkolomvervormingen. Dit compenseren kan moeilijk zijn.
- De oorzaak van scoliose is niet bekend. Het is zeer waarschijnlijk multifactorieel en kan onder meer een disbalans in de spierkracht inhouden. Dit kan van invloed zijn op hun balans.
- Scoliose is vaak aanwezig in slanke, lange meisjes. Zij kunnen een disbalans hebben tussen spierkracht en massatraagheid. Dit kan invloed hebben op hun balans.

Ook voor het uitvoeren van 3D-echografie is houdingsreproduceerbaarheid belangrijk. De verwachting is dat de houdingsvariabiliteit kan worden vermindert bij het gebruik van de *BalancAid* en de voorgeschreven armpositie.

De enige verschillen tussen het nemen van röntgenfoto's en 3D-echografie zijn het gebruik van een ultrasone probe, en een langere meettijd die beide de balans kunnen verstoren. Gelukkig bleek uit een onderzoek, beschreven in **hoofdstuk 6** dat deze verstoring niet optrad. Dus de *BalancAid* en de voorgeschreven armpositie zijn ook gunstig voor 3D-echografie.

Bij de toepassing van de *BalancAid* voor 3D-echografie van de wervelkolom in staande positie is er een complicerende factor: Hoewel de procedure een goede balans oplevert, is er geen garantie voor een goede 3D-reconstructie van de 2D-echografiebeelden. Een lichte rompbeweging is niet groot genoeg was om de balans te verstoren, maar wel groot genoeg om de 3D-reconstructie te verstoren. Om dit te compenseren is een schouder-stabilisator ontworpen. Bij een in-vivo test met jonge, vrouwelijke scoliotische patiënten bleek de combinatie van de *BalancAid*, armpositie en schouderstabilisator een 3D-reconstructie van de wervelkolom te kunnen genereren van een goede kwaliteit. Dit onderzoek is beschreven in **hoofdstuk 7**.

Voor het verkrijgen van de beste beelden qua botoppervlak-reflectie zijn verschillende factoren, zoals echo-instellingen, de wijze van scannen en probe-positionering bestudeerd. De optimale instellingen zijn vervolgens getest op 3 gezonde vrijwilligers en 5 scoliotische patiënten. Hieruit bleken enkele beperkingen voor scoliotische patiënten te bestaan:

- De mogelijkheid om te balanceren is beperkt.
- De tijd, waarin de adem kan worden ingehouden tijdens scannen is beperkt.
- Elke scoliotische patiënt is uniek. Sommigen hebben specifieke concave en convexe delen die een specifieke probebeweging vereisen. Soms is er een holte in de rug, die een goede scan verhindert.
- De scanbeweging hangt af van de vervormingen. Prominente vervormingen vergemakkelijken de scanning, omdat de positie van de wervelkolom duidelijk zichtbaar is.

Door de combinatie van positie-informatie in de ruimte en de 2D-echografiebeelden kunnen de frames worden gereconstrueerd in een 3D-echografiebeeld. Bin-filling en hole-filling technieken zijn nodig om een goede kwaliteit van het 3D-beeld te realiseren. Hole-filling wordt toegepast om ontbrekende voxels in te vullen. De bestaande methode hiervoor, de Olympic operator, is verbeterd en getest in **hoofdstuk 8**.

Het nadeel van echografie is de slechte kwaliteit van de beelden als gevolg van de aanwezigheid van speckle-ruis, die het beeldcontrast verslechtert, randen en details vervaagt en de zichtbaarheid van weefselstructuren en interfaces verslechtert. Specifiek voor echografie van de wervelkolom is reductie van speckle-ruis van essentieel belang om devorm van de wervelkolom nauwkeurig te kunnen vaststellen. Nonlinear diffusion filters hebben al aangetoond speckle-ruis te kunnen verminderen. Echter, instabiliteit van zo'n filter leidt tot een niet-optimaal resultaat. Het gebruik van de viscous levelingmethode bij de postprocessing blijkt een grote verbetering op te leveren en is beschreven en onderzocht in **hoofdstuk 9** van dit proefschrift.

De beschreven procedure die gebruik maakt van 3D-echografie, de *BalancAid*, armpositie en schoudersteun, levert 3D-beelden van een goede kwaliteit op. Om de procedure gereed te maken voor klinische toepassingen, moeten de volgende activiteiten nog uitgevoerd worden:

- **Vergelijking met een gouden standaard**
Aangezien niet alle delen van de wervels zichtbaar gemaakt kunnen worden in het 3D-echografiebeeld van de wervelkolom, is validatie met een andere beeldvormende modaliteit van cruciaal belang. Een MRI-scan is bruikbaar, maar heeft als nadeel, dat de patiënt niet in staande positie kan worden gescand. Als alternatief wordt het EOS-systeem voorgesteld. De patiënt wordt staand gescand, het is een snelle scanmethode. Momenteel is het nog niet mogelijk de ruwe 3D-data te verkrijgen, maar als dit mogelijk is, is deze methode de ideale gouden standaard.
- **Automatische bepaling van relevante werveldelen**
De semi-automatische procedure om relevante werveldelen te bepalen, waarmee de oriëntatie van de wervels kan worden bepaald, ontwikkeld in vorig onderzoek, is niet geschikt voor de klinische praktijk. Een volledig automatische versie moet worden ontwikkeld. Dit is haalbaar door te focussen op de 3D-vorm van werveldelen en sjablonen te ontwikkelen die deze werveldelen zal herkennen aan hun 3D-vorm.
- **Analyse van meer scoliotische patiënten**
Het gebruik van de *BalancAid*, voorgeschreven armpositie, en schouder stabilisator in de 3D-echografie systeem heeft bewezen in staat te zijn een goed 3D-echografiebeeld op te leveren. Echter, er zijn tot nu toe 5 scoliotische patiënten onderzocht. Een serie van 5 is niet representatief, dus in de toekomst moeten meer patiënten onderzocht worden.

Tot slot, het gebruik van de *BalancAid* en de voorgeschreven armpositie is gunstig voor röntgenopnames. Het gebruik van de *BalancAid*, voorgeschreven armpositie en schouder stabilisator in de 3D-echografie systeem is ook een goede manier om de vorm van een scoliotische wervelkolom te bepalen op een reproduceerbare en nauwkeurige wijze.

De nieuwe hole filling procedure verbetert de kwaliteit van de 3D-echografie beeld van scoliotische patiënten. Ruisreductie door middel van viscous leveling van nonlinear diffusion filters is een goede methode voor het verkrijgen van een hoogwaardig 3D-echografiebeeld.

Het gebruik van het onderzochte 3D echografiesysteem maakt het mogelijk de progressie van scoliose op een veiligere manier te volgen, zodat de meting vaker kan worden uitgevoerd, wat resulteert in een betere diagnose.

