



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Roentgen stereophotogrammetric analysis to study dynamics and migration of stent grafts

Koning, O.H.J.

Citation

Koning, O. H. J. (2009, June 25). *Roentgen stereophotogrammetric analysis to study dynamics and migration of stent grafts*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/13870>

Version: Corrected Publisher's Version

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/13870>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

CHAPTER

12

**Samenvatting, toekomst perspectieven en
conclusies**

Verklarende woordenlijst:

AAA abdominaal aorta aneurysma, verwijde buikslagader

EVAR endovasculaire aorta reparatie, behandeling van een aneurysma met een endoprothese

Endoprothese (eng: stent-graft) kunststof vaatprothese met een metalen (stent) geraamte voor bevestiging aan / in de vaatwand

Fluoroscopie filmtechniek met röntgen beelden

In-vivo in een levend wezen

Nauwkeurigheid grootte van de meetfout ten opzicht van een gouden standaard

Precisie maat voor de afwijking in uitkomst bij een herhaalde meting

RSA röntgen stereofotogrammetrische analyse, plaatsbepaling met stereo röntgenbeelden

Temporele resolutie het aantal metingen per tijdseenheid

Het aneurysma van de aorta is een plaatselijke toename van anderhalf maal de normale diameter van de hoofdlichaamsslagader. In de praktijk betekent dit dat we spreken van een abdominaal aorta (buikslagader) aneurysma, ofwel AAA, bij een diameter van meer dan 3-3,5 cm. Er is een langzame toename van de diameter. Klachten in dit stadium zijn meestal afwezig of zeer gering. Het AAA komt in Nederland bij 2,1% van de mensen ouder dan 55 jaar voor. Dit percentage stijgt met toename van de leeftijd en verschillende risicofactoren. Bij mannen boven de 60 jaar werd in 11,4% een AAA gevonden. Over de afgelopen decennia wordt een toename van het vóórkomen van AAA gezien.

Het belangrijkste risico van een aneurysma is dat het scheurt, een ruptuur. Bij een ruptuur is een sterfte risico beschreven tot 75-90%. Het doel van de behandeling is dan ook om het aneurysma uit te schakelen voordat het scheurt. Daarnaast wordt, vooralsnog experimenteel, onderzoek gedaan naar medicamenteuze groeiremming.

Het AAA wordt in principe behandeld als de diameter 5,5 cm of groter is. Boven 5,5 cm stijgt het risico op ruptuur snel. Sinds 1991 is, naast de gebruikelijke "open" operatieve behandeling, een nieuwe behandeling ontwikkeld: de endovasculaire aneurysmareparatie of EVAR. Met deze behandeling wordt het AAA uitgeschakeld via de binnenkant van de slagader. Dit gebeurt door een endoprothese (stent-graft) via de lies in te brengen en zodoende het AAA te overbruggen. Hierdoor herstelt de patiënt sneller dan na een "open" operatie via een buikincisie. Het belangrijkste voordeel van EVAR ten opzichte van de "open" operatie is dat het complicatie- en operatie-sterfterisico van EVAR lager is door het minder invasieve karakter van de ingreep.

EVAR heeft sinds de eerste introductie een stormachtige ontwikkeling doorgemaakt. De prothese kwaliteit en duurzaamheid zijn enorm toegenomen en EVAR is onderdeel geworden van de standaardbehandeling van aneurysmata. Jaarlijks worden vele duizenden patiënten over de wereld behandeld via EVAR. Naast het zeer aantrekkelijke korte termijn voordeel van een minimaal invasieve behandeling met EVAR, zijn er echter lange termijn risico's. De lange termijn complicaties zijn onder andere afknikken, trombose (verstopping) en endolekkage (druk op het AAA door bloeddruk of -stroom via zijtakken of langs de prothese). Daarnaast zijn migratie en materiaalfalen / -desintegratie belangrijke risico's. De lange termijn aneurysma gerelateerde sterfte van 1-2% per jaar na EVAR is grotendeels te verklaren door deze complicaties. Om de complicaties in een vroeg stadium op te sporen wordt intensieve controle van patiënten na EVAR verricht. Dit onderzoek gebeurt met CT, echo en standaard buikoverzichts(röntgen) foto's. De verschillende methoden hebben specifieke nadelen en zijn kostbaar, waardoor de kosteneffectiviteit van EVAR wordt verminderd.

Migratie van de endoprothese is het verschuiven van de endoprothese binnen het bloedvat waardoor het aneurysma weer onder druk komt te staan met als gevolg opnieuw risico op ruptuur. Met de verdere ontwikkeling van de endoprothesen en het versterken van de fixatie aan de wand door bijvoorbeeld haakjes, is het risico op migratie afgenomen. Desondanks wordt migratie nog steeds in 1% - 66% van de patiënten gevonden, afhankelijk van de gebruikte opsporingsmethode en onderzoeksserie.

Materiaalfalen kan eveneens ruptuur tot gevolg hebben. Het materiaalfalen ontstaat als gevolg van de continue repeterende krachten en bewegingen door de hart- en ademhalingscyclus en kan ontstaan ondanks de uitgebreide preklinische testen van nieuwe endoprothesen. De complicaties na EVAR ten gevolge van deze dynamica zijn geanalyseerd en hebben geleid tot verdwijnen, aanpassen of volledig vernieuwen van endoprothesen en hun testmethodes.

Met de huidige beschikbare beeldvormende technieken is het onmogelijk om de 3 dimensionale dynamica van een endoprothese in het lichaam exact te kwantificeren. Om die reden is ook in het verleden gebleken dat preklinische testen (achteraf) onvoldoende bleken waardoor materiaalfalen kon optreden. Bewegingen als torsie en rotatie werden pas duidelijk nadat endoprothesen faalden en dit falen in het laboratorium werd gereconstrueerd.

Vergaren van kennis over de krachten en bewegingen waaraan een endoprothese wordt blootgesteld na plaatsing zijn van groot belang om de kwaliteit en duurzaamheid van de behandeling en de preklinische tests te vergroten.

Dit proefschrift bestudeert nieuwe methoden om endoprothesemigratie en -dynamica op te sporen en te kwantificeren.

Deel 1: Controle van endoprothese migratie na EVAR

Hoofdstuk 1 gaat verder in op aneurysmatische aandoeningen, EVAR en de lange termijn risico's. Eén van die risico's is zoals gezegd endoprothesemigratie. De klinische gouden standaard voor controle op endoprothesemigratie is CT-angiografie (CTA). CTA heeft als belangrijkste nadelen dat hiervoor contrastmiddelen worden gebruikt die schadelijk zijn voor de nieren, CTA hoge kosten heeft en een logistieke belasting is voor de ziekenhuisorganisatie. Daarnaast geeft CTA een redelijk forse stralenbelasting. Als alternatief kunnen standaard röntgen buikoverzichts-foto's (X-BOZ, Eng: AXR) worden gebruikt. Zowel bij CTA als X-BOZ wordt de positie van een endoprothese bepaald door een persoon die de afstand meet tussen de endoprothese en een referentiepunt. Het referentiepunt bij CTA is een zijtak van de aorta, bij X-BOZ is dit een wervel-lichaam. Doordat een persoon deze afstand meet is er een risico op meetvariatie tussen twee metingen door dezelfde of verschillende personen (resp. intra- en inter-observervariatie). De klinische nauwkeurigheid van beide methoden is niet gevalideerd. Daarnaast zijn er specifieke nadelen van beide methoden die in Hoofdstuk 1 worden besproken.

Als alternatief voor CTA en X-BOZ zou Röntgen Stereofotogrammetrische Analyse (RSA) kunnen dienen. RSA heeft een lange en succesvolle geschiedenis binnen de orthopedie voor de detectie en kwantificering van microbewegingen van gewrichtsprothesen. Met behulp van gekalibreerde stereo röntgenfoto's wordt de plaats van de prothese bepaald ten opzichte van referentiemarkers die tijdens de operatie worden ingebracht. Voor EVAR betekent dit dat tijdens de EVAR procedure referentiemarkers in de aortawand moeten worden geplaatst. In Hoofdstuk 2 wordt de techniek van RSA in detail besproken. Voor het gebruik van RSA als controle op migratie na EVAR zijn verschillende technische- en validatievragen die beantwoord dienen te worden. Deze worden, samen met het onderzoek naar de nauwkeurigheid van detectie van migratie door CTA en X-BOZ, besproken in Deel 1 van dit proefschrift.

Validatie van RSA als methode om migratie vast te stellen

Statisch model

In Hoofdstuk 3 wordt beschreven hoe RSA is gevalideerd en de nauwkeurigheid voor de detectie van endoprothesemigratie is vergeleken met CT. Een plastic model werd gemaakt van een aorta met endoprothese. Met een micrometer kon de endoprothese worden "gemigreerd". De migratie meetresultaten van CT en RSA werden met elkaar en de micrometer, de gouden standaard, vergeleken.

CT analyse werd verricht met de best beschikbare resolutie en meetmethode, met 3D beeldreconstructie. Om te corrigeren voor inter-observervariabiliteit in de metingen werden 3 personen gevraagd CT metingen te verrichten.

De resultaten toonden aan dat migratiemeting met RSA mogelijk was en zeer nauwkeurig in dit statische model. De gemiddelde fout van RSA was 0,002 mm (SD=0.044, max. fout 0.10 mm). Dit was significant nauwkeuriger dan CT ($P < 0.0001$), dat een gemiddelde meetfout had van 0.14 mm (SD=0.29 mm, max. fout 1.0 mm). Er was geen significante inter-observervariabiliteit. ($p=0.17$).

Omdat (cyclische, pulserende) beweging de nauwkeurigheid van de meting nadelig zou kunnen beïnvloeden, werd een volgend onderzoek verricht.

RSA in een pulsatiele omgeving

In Hoofdstuk 4 wordt een experiment beschreven met pulserende veranderingen, net als tijdens de hartslag. Een varkensorta werd verbonden aan een humane wervelkolom. Een pulserende circulatie werd ingesteld door de aorta. In de aorta werd een model van een endoprothese gepositioneerd, compleet met markers voor RSA analyse. Een zijtak werd geconstrueerd om een nierslagader na te bootsen. Aan de aortawand werden referentiemarkers geplaatst waaronder een potentiële endovasculaire referentiemarker voor toekomstig klinisch gebruik. Opnieuw werden RSA en CTA gebruikt om migratie te meten.

Dit onderzoek toonde aan dat migratiemeting met RSA mogelijk en nauwkeurig was in dit model, ondanks pulserende bewegingen. RSA metingen waren nauwkeuriger dan die met CT. De gebruikte endovasculaire marker bleek veelbelovend door goede meetresultaten.

Voordat klinische introductie mogelijk zou kunnen worden moest eerst de haalbaarheid van RSA en de endovasculaire marker worden getest in een levend model (*in-vivo*). Om die reden werd een dierproef verricht.

RSA in-vivo

In Hoofdstuk 5 wordt een studie met twee grote, 100 kg zware varkens beschreven. Een model van een endoprothese werd in de aorta gebracht. Standaard RSA markers werden op de aorta gefixeerd en endovasculaire referentiemarkers werden aan de binnenzijde van de aorta bevestigd. De standaard referentiemarker die het dichtst bij de endoprothese lag werd gebruikt als referentiepunt voor CT meting.

De studie toonde aan dat migratiemeting met RSA (zeer precies) mogelijk was *in-vivo*, ondanks omgevende weefsels en hart- en ademhalingsactie. De precisie van RSA was groter dan die

van CT. Bij CT meting werd in dit onderzoek een zeer duidelijk gedefinieerd referentiepunt gebruikt, in tegenstelling tot de praktijk, waarbij een (minder duidelijk gedefinieerde) zijtak van de aorta wordt gebruikt. Wij concludeerden dat gebruik van een externe referentiemarker de nauwkeurigheid van CT meting kan vergroten, zonder de noodzaak van gebruik van (schadelijk) contrastmiddel.

De endovasculaire marker zoals deze werd gebruikt in dit diermodel was onvoldoende zichtbaar om te gebruiken als referentiemarker voor RSA. Om dit wel mogelijk te maken dient de marker te worden aangepast, bv. met een gouden of een platina ringetje. Verder onderzoek naar ontwerp en veiligheid dient te worden verricht.

Aorta referentiemarkers en RSA

Behalve zichtbaarheid van de marker zijn er andere belangrijke aspecten die verder moeten worden uitgezocht. Een daarvan is wat de beste positie is van de marker ten opzichte van de endoprothese. In Hoofdstuk 4 wordt beschreven dat een toenemende afstand tussen de referentiemarker en de endoprothese, conform resultaten in de orthopedische literatuur, een onnauwkeurigheid veroorzaakt. De referentie marker dient dus zo dicht mogelijk bij de endoprothese te worden geplaatst. In Hoofdstuk 5 wordt de diermodelstudie beschreven. Hier vonden we dat de endovasculaire markers zonder problemen konden worden geplaatst en gerepositioneerd. Bij postmortaal onderzoek van de varkens werden geen complicaties gevonden.

Een andere vraag is hoeveel referentie markers nodig zijn om de endoprothese positie nauwkeurig te meten. In de orthopedie worden meerdere markers geplaatst, omdat dit tot nauwkeuriger metingen leidt. In endovasculaire chirurgie betekent het plaatsen van een referentie marker een extra procedure en daardoor een (mogelijk gering) extra risico. Reduceren van het aantal referentiemarkers is dus wenselijk.

Nauwkeurigheid van RSA met één referentie marker

In Hoofdstuk 6 wordt beschreven hoe de beelden van het pulserende model en de diermodelstudie opnieuw werden geanalyseerd met RSA waarbij één aorta referentiemarker werd gebruikt in plaats van het eerder gebruikte cluster van referentiemarkers.

De resultaten toonden opnieuw een zeer nauwkeurige bepaling van migratie, ondanks geringe afname van nauwkeurigheid door reductie van de referentie markers tot het minimum. Eén aorta referentiemarker lijkt dus voldoende om migratie na EVAR te controleren.

Klinische toepasbaarheid x-boz voor migratie detectie

Standaard buikoverzichtsfoto's (X-BOZ) worden in sommige klinieken gebruikt om endoprothesepositie en eventuele -migratie te meten. X-BOZ heeft verschillende voordelen in vergelijking tot CT. Door deze voordelen is het een gemakkelijk en voor de hand liggend klinisch alternatief voor CT. De nauwkeurigheid / meetfout van X-BOZ is in een statische modelstudie beschreven als 2 mm. Klinische precisie en inter-observervariatie zijn niet beschreven. Bij het meten van endoprothesepositie met X-BOZ wordt een wervellichaam als referentie punt gebruikt. Er bestaat een risico dat de nauwkeurigheid van de meetmethode wordt verminderd doordat de aorta met de endoprothese als gevolg van de hartcyclus en ademhaling beweegt ten opzichte van de wervelkolom. Hierdoor kunnen niet bestaande endoprothesemigraties worden gemeten (vals-positieve uitslag) of opgetreden migraties worden gemist (vals-negatieve uitslag). Deze bewegingen kunnen oplopen tot 5,8 mm, zoals gemeten in een patiënt beschreven in Hoofdstuk 9.

Door toename in ervaring van endovasculaire specialisten wordt de acceptabele minimale lengte van de normale aorta (de "aneurysmahals") waaraan de endoprothese wordt bevestigd steeds kleiner. Op dit moment wordt in sommige gevallen een aneurysmahals van slechts 5 mm geaccepteerd, waardoor klinisch relevante migratie al bij enkele millimeters kan optreden. Hierdoor is toenemende nauwkeurigheid van detectie methoden noodzakelijk.

In Hoofdstuk 7 wordt een studie beschreven waarin X-BOZ wordt vergeleken met RSA. In een model werden endoprothese migraties nagebootst en gemeten met RSA en X-BOZ. De X-BOZ metingen werden verricht door vijf personen. Hierdoor kon de meetfout van X-BOZ ten opzichte van RSA worden bepaald. Daarnaast werd endoprothesemigratie gemeten door vijf personen aan de hand van X-BOZ opnames van vier patiënten. Hierdoor kon de klinische precisie van X-BOZ worden bepaald.

De gemiddelde meetfout van X-BOZ ten opzichte van RSA was 3.0 mm. 16% van de metingen had een fout groter dan 5 mm. Bij de klinische metingen was de variatie 3.0 ± 4.5 mm. De maximale meetvariatie tussen twee personen was 33 mm.

Deze resultaten zijn verontrustend omdat een dergelijke variatie en meetfout het risico op vals-positieve en vals-negatieve uitslagen zeer groot maakt. Om die reden concluderen wij dat X-BOZ onvoldoende nauwkeurig en precies is om klinische endoprothesemigratie te meten, met name bij patiënten met een zeer korte aneurysmahals.

RSA in endovasculaire chirurgie: toekomstperspectief

RSA heeft verschillende voordelen in vergelijking met CTA voor endoprothesecontrole. Het is patiënt- en doktervriendelijk, er is geen schadelijk contrastmiddel nodig, het is weinig belastend voor het logistieke systeem van het ziekenhuis, goedkoop en geeft weinig stralenbelasting. Daarnaast is RSA nauwkeuriger dan CT voor het meten van endoprothesemigratie. Met nauwkeurige endoprothese positiemeting wordt meer migratie gevonden. Als meer gedetailleerde informatie beschikbaar is kunnen diverse vragen worden beantwoord, bijvoorbeeld over migratie patronen: Blijft migratie optreden als het eenmaal begint? Stabiliseert het na enige tijd? Zijn er endoprothese type-specifieke patronen herkenbaar?

Deel 2: Endoprothese-dynamica

Deel 2 van dit proefschrift gaat over 3-dimensionale endoprothese beweging na EVAR. Deze herhaalde endoprothesebewegingen ontstaan door een interactie tussen krachten van de hart- en ademhalingscyclus en de aortawand. Kennis van deze bewegingen is beperkt door de beperkingen van de beschikbare meetmethoden. Door deze beperkte kennis ontstaan onbedoelde fouten in endoprotheseconstructie en preklinische testmethodes. Hierdoor kan een endoprothese kapot gaan en dit kan de dood van de patiënt tot gevolg hebben. Op dit moment zijn cine-CT en –MRI de twee klinisch beschikbare methoden van onderzoek. Deze hebben beide echter beperkingen en specifieke nadelen. De reconstructies van de beelden naar een bewegend beeld ontstaan door combinaties van verschillende opnames en zijn dus niet “real-time”.

Belangrijkste nadeel is dat cine-CT en –MRI alleen kunnen meten in één plat vlak. Hierdoor kunnen de complexe, 3-dimensionale bewegingen van een endoprothese niet in zijn geheel worden bestudeerd. Het gaat hier namelijk om bewegingen buiten het in beeld gebrachte, platte vlak (“out-of-plane motion”). In het bijzonder is het meten van rotatiebeweging onmogelijk. Deel 2 van dit proefschrift beschrijft de ontwikkeling, validatie en klinische introductie van Fluoroscopische Röntgen Stereofotogrammetrische Analyse (FRSA). FRSA is een combinatie van conventionele RSA en nieuwe digitale beeldvorming.

In Hoofdstuk 2 worden de technische aspecten van FRSA beschreven. In tegenstelling tot RSA voor lange termijn migratiemeting, heeft FRSA geen extra toegevoegde aorta referentiemarkers nodig om metingen mogelijk te maken. De beelden worden verkregen met een bi-plane röntgenapparaat dat gebruikt wordt in de interventie cardiologie. De RSA software werd opnieuw geprogrammeerd om kalibratie van de beelden mogelijk te maken. Verder werd de software onveranderd gebruikt.

In tegenstelling tot cine-CT en –MRI zijn er geen beperkingen met betrekking tot bewegingsrichting, type endoprothese, duur van de opnamereeks of ECG afwijkingen.

Validatie van FRSA

In Hoofdstuk 8 wordt een validatie studie beschreven van FRSA. De nauwkeurigheid en precisie werden aan de hand van een model bepaald. Vervolgens werd met 30 beelden per seconde de 3-dimensionale positieverandering gemeten van de stent-markers, het centrum van de top van de stent, het zwaartepunt van de stent en de diameterverandering van de stent. De positieverandering van de markers kon in alle richtingen worden gemeten met een minimale meetfout en een zeer hoge precisie.

De röntgenstralenbelasting van FRSA werd in een apart experiment bepaald. Voor drie seconden onderzoek werd een belasting gemeten van 0,1 mSv. Dit is minimaal vergeleken bij een CT-scan met een stralenbelasting van 17 mSv, een onderzoek dat de EVAR patiëntengroep diverse malen moet ondergaan voor de behandeling.

Het is voor FRSA niet nodig om extra markers op de stent aan te brengen. De markeerpunten die worden gebruikt voor het plaatsen van de stent tijdens de EVAR procedure, en enkele stent laspunten volstaan voor deze analyse. Om die reden kon de volgende stap, een patiëntenonderzoek, worden gezet.

FRSA in klinische endoprothese-dynamica analyse

In Hoofdstuk 9 worden de eerste resultaten beschreven van een studie van twee patiënten. Een patiënt werd met EVAR behandeld in de thoracale (borstkas) aorta, en een patiënt in de abdominale (buik) aorta. Endoprothesebeweging ten gevolge van de hartcyclus werd gemeten tijdens ademstilstand. Tevens werd beweging van de abdominale endoprothese ten gevolge van de ademhaling gemeten.

Drie-dimensionale endoprothesebeweging kon worden gemeten zonder problemen. Aan het begin van de systole (het samen knijpen van het hart) toonde de thoracale endoprothese een diameter toename en een beweging richting het hart. Dit werd gevolgd door een beweging in tegengestelde richting voorbij het startpunt, gevolgd door een langzame afname van de diameter en een terugkeer naar de uitgangspositie. Als deze beweging met een cine-CT of –MRI wordt gevolgd dan is het segment van aorta met endoprothese alleen tijdens het begin, het passeren van het startpunt en bij het weer eindigen op het startpunt kortdurend in beeld. De rest van de metingen worden steeds verricht aan een ander segment. Om die reden is FRSA een veel krachtiger instrument dan cine-CT en –MRI voor het nauwkeurig meten van

3D-bewegingen van endoprothesen. Daarnaast zijn de verkregen FRSA beelden “real-time”, zonder reconstructies aan de hand van het ECG (hartfilmpje) van de patiënt zoals bij CT en MRI.

Als gevolg van de ademhaling werd een beweging van de endoprothese ten opzichte van de wervelkolom gemeten van bijna 6 mm. Als X-BOZ wordt gebruikt voor het vaststellen van endoprothese migratie, zoals in deel 1 werd besproken, dan kan deze beweging van 6 mm t.o.v. de wervelkolom betrekkelijk eenvoudig resulteren in een vals-positieve of vals-negatieve uitslag aangezien de wervelkolom het referentie punt voor deze meting is.

Deze studies tonen duidelijk aan dat FRSA een klinisch toepasbare, niet-invasieve methode is om 3-dimensionale positie veranderingen “real-time” gedetailleerd te kwantificeren, inclusief rotatie bewegingen.

FRSA in endovasculaire chirurgie: toekomstperspectief

Op dit moment is de enige beperking van de techniek dat specifieke markers nodig zijn om beweging te meten en dat het beeldveld beperkt is door de detectorgrootte van het fluoroscopiaapparaat. Grotere detectoren zijn verkrijgbaar. Als alternatief voor markerdetectie kan geautomatiseerde patroonherkenning (van het beeldpatroon van de endoprothese) worden gebruikt om de metingen te verrichten.

Meer, gedetailleerde gegevens over endoprothesebeweging tijdens hart- en adem-cyclus zijn nodig om het gedrag van endoprothesen in-vivo beter te begrijpen. Met deze kennis wordt het mogelijk om virtuele modellen te maken en materiaalfalen, zoals metaalmoeheid, te bestuderen. Op basis van de gemeten bewegingen kunnen de krachten die op een endoprothese worden uitgeoefend beter worden berekend. Gecontroleerd kan worden of de preklinische testopstellingen adequaat zijn gebouwd en zonodig kunnen deze worden verbeterd. Nieuwe endoprothesen zouden na beperkte klinische introductie mogelijk moeten worden beoordeeld met FRSA om onverwachte bewegingen op te sporen en om te beoordelen of de preklinische testen adequaat zijn verricht en mogelijk materiaalfalen te voorspellen door modellering op basis van klinische data. Ernstige complicaties en terugnemmen van de endoprothese van de markt ten gevolge van materiaalfalen na wijdverbreide introductie zou voorkomen kunnen worden door betere testopstellingen en vroege detectie van onverwachte endoprothese bewegingen.

De medisch ethische toetsingscommissie van het LUMC heeft toestemming gegeven om verder onderzoek te verrichten naar de beweging van verschillende endoprothesen.

Addendum

Risico van stralen belasting tgv beeldvorming rond EVAR

Beeldvormende technieken met röntgenstralen worden gebruikt tijdens de EVAR procedure, de preoperatieve planning en postoperatieve controles. De totale stralenbelasting is relatief hoog en er bestaan zorgen over door stralen veroorzaakte kwaadaardige tumoren. In Hoofdstuk 10 wordt de patiëntdosis en het extra risico op sterfte aan kanker berekend voor een patiënt van 55, 65, 75 en 80 jaar aan de hand van rekenmodellen.

De aanzienlijke cumulatieve stralendosis die werd opgebouwd leidde tot een gering risico voor de patiënten na EVAR, vooral wanneer dit risico werd vergeleken met de sterfterisico's door vaatziekten in deze populatie.

Conclusies

- Röntgen stereofotogrammetrische analyse is een haalbare en nauwkeurige methode om endoprothesemigratie op te sporen in-vivo.
- Eén aorta referentiemarker is voldoende om endoprothesemigratie nauwkeurig op te sporen en moet zo dicht mogelijk bij de endoprothese worden geplaatst voor maximale nauwkeurigheid.
- Standaard buikoverzichtsfoto's zijn onvoldoende nauwkeurig en precies om endoprothesemigratie op te sporen. Dit is met name riskant bij patiënten met een korte aneurysmahals (korter dan 2 - 3 cm).
- Plaatsing van een endovasculaire aorta referentiemarker zal nauwkeuriger detectie van endoprothesemigratie mogelijk maken met CT, zonder gebruik van intraveneus contrastmiddel.
- FRSA heeft een bewezen hoge nauwkeurigheid en temporele resolutie voor het real-time meten van drie-dimensionale endoprothese-dynamica in een pulserende omgeving. Het is mogelijk geworden om 3D metingen te verrichten bij patiënten na EVAR.
- Stralen belasting bij patiënten na EVAR neemt snel toe. Echter, de hieraan verbonden risico's zijn bescheiden en klein vergeleken bij AAA gerelateerde risico's.