PROTOCOLOPTIMALISATIE BIJ CTA-CORONAIREN

Omtrent de optimale waarden voor de jodiumconcentratie in de contrastvloeistof, maximale hartfrequentie en de fase in het RR-interval.



Elbrich Gerritsma

Ilse Tijdeman

Praktijkgericht Onderzoek

Protocoloptimalisatie bij CTA-coronairen

*Omtrent de optimale waarden voor de jodiumconcentratie in de contrastvloeistof, maximale hartfrequentie en de fase in het RR-interval.*

Praktijkgericht Onderzoek

Auteurs: E. Gerritsma 305799 e.gerritsma@st.hanze.nl

I. Tijdeman 341876 i.tijdeman@st.hanze.nl

Opleiding: Hanzehogeschool Groningen

Academie voor Gezondheidsstudies

Medisch Beeldvormende en Radiotherapeutische Technieken

Opdrachtgever: A. Vegter

 Refaja Ziekenhuis Stadskanaal

 Praktijkbegeleider, MBB’er

Onderzoeksbegeleider: P. Schenkers

 Hanzehogeschool Groningen

Docent MBRT

Co-beoordelaar: S. Haarmans-Jonkman

 Hanzehogeschool Groningen

 Docent MBRT

Datum: 23 mei 2019





# Voorwoord

Dit praktijkgericht onderzoek is geschreven als afstudeeropdracht voor de opleiding Medische Beeldvormende en Radiotherapeutische Technieken (MBRT) aan de Hanzehogeschool te Groningen. Het onderwerp van de scriptie, protocoloptimalisatie bij CTA-coronairen, is aangeleverd door de afdeling radiologie in het Refaja Ziekenhuis Stadskanaal.

Graag maken wij van deze gelegenheid gebruik om de volgende mensen te bedanken:

* A. Vegter en J. van Dalen
* P. Schenkers, S. Haarmans-Jonkman, S. Laarakkers en R. Visser
* A. van der Werp en H. Stallmann
* Medestudenten PO groep 8

Hiernaast willen we graag de gehele afdeling radiologie in het Refaja Ziekenhuis Stadskanaal bedanken voor de medewerking en behulpzaamheid.

Groningen, 23 mei 2019

E. Gerritsma en I. Tijdeman

# Abstract (NL)

Protocoloptimalisatie bij CTA-Coronairen

*Omtrent de optimale waarden voor de jodiumconcentratie in de contrastvloeistof, maximale hartfrequentie en de fase in het RR-interval.*

Auteurs: E. Gerritsma en I. Tijdeman

Opdrachtgever: A. Vegter, MBB’er, werkzaam in het Refaja Ziekenhuis Stadskanaal

Groningen, mei 2019

Het doel van dit retrospectieve onderzoek is om aanbevelingen te geven over de jodiumconcentratie in de contrastvloeistof, de maximale hartfrequentie en de correcte fase in het RR-interval van de hartfrequentie voor een goed te beoordelen Computer Tomografie Angiografie Coronairen (CTAC) scan, in het Refaja Ziekenhuis voor een Philips iCT 256-slice.

110 van de 126 patiënten die een CTAC-scan hebben gehad zijn geïncludeerd. Twee radiologen hebben 14 scans beoordeeld op de densiteit van de contrastvloeistof. De beoordeelbaarheid van de CTAC-scans zijn gescoord door de uitvoerders van het onderzoek met een cijfer tussen de 0 en de 10. De score is vergeleken met de hartfrequentie om een maximale waarde te bepalen voor een goed te beoordelen CTAC-scan. Ook is de score vergeleken met de fases in het RR-interval van 72% en 78%.

Een jodiumconcentratie in de contrastvloeistof van 300 mg I/ml scoort 3,4±0,69 en een jodiumconcentratie van 350 mg I/ml scoort 3,4±0,71 (p=1,000). Een significante negatieve correlatie is aanwezig tussen de hartfrequentie en de score. De groep ≤65 slagen per minuut (bpm) scoort gemiddeld 9,5±0,86 en de groep >65 bpm scoort 7,4±2,18 (p<0,000). De fase in het RR-interval van 72% geeft een gemiddelde score van 9,1±1,67 en 8,5±1,68 en 78% scoort gemiddeld 9,4±0,88 (p=0,062).

Een jodiumconcentratie in de contrastvloeistof van 300 mg I/ml wordt aanbevolen. Ook wordt een maximale hartfrequentie van 65 bpm geadviseerd met een fase in het RR-interval van de hartfrequentie van 77%. Verder onderzoek wordt geadviseerd naar de optimale voorbereiding.

# Abstract (EN)

Protocol optimization for CTA-Coronary

*Concerns the optimum values for the iodine concentration in the contrast fluid, maximum heartrate and the phase in the RR-interval.*

Authors: E. Gerritsma en I. Tijdeman

Initiator: A. Vegter, employed in the Refaja Hospital Stadskanaal

Groningen, May 2019

The purpose of this retrospective study is to make recommendations on the iodine concentration in the contrast fluid, the maximum heartrate and the correct phase in the RR-interval for a diagnostically acceptable Computed Tomography Angiography Coronary (CTAC) scan, in the Refaja Hospital for a Philips iCT 256-slice.

110 of the 126 patients who had a CTAC-scan were included. Two radiologists have assessed 14 scans for the density of the contrast fluid. The assessability of the CTAC-scans were scored by the investigators with a score between 0 and 10. The score is compared with the heartrate in order to obtain a maximum value for a properly assessable CTAC-scan. The score is also compared with the phase in the RR-interval of 72% and 78%.

The contrast with an iodine concentration of 300 mg I/ml scores 3.4±0.69 and an iodine concentration of 350 mg I/ml scores 3.4±0.71 (p=1,000). A significant negative correlation is found between the heartrate and the score. The ≤65 beats per minute (bpm) group averages 9.5±0.86 and the group >65 bpm averages 7.4±2.18 (p<0,000). The phase of 72% in the RR-interval has a mean score of 9.1±1.67 and 8.5±1.68 and 78% has a mean score of 9.4±0.88 (p=0062).

The contrast with an iodine concentration of 300 mg I/ml is recommended. Also, a maximum heartrate of 65 bpm is advised with a phase in the RR-interval of 77%. It is recommended to do further research into the optimal preparation.

Inhoudsopgave

[Inleiding 6](#_Toc9519501)

[Theoretisch Kader 7](#_Toc9519502)

[Indicatie 7](#_Toc9519503)

[Prospectief vs Retrospectief 7](#_Toc9519504)

[Jodiumconcentratie 8](#_Toc9519505)

[Hartfrequentie 8](#_Toc9519506)

[RR-interval 9](#_Toc9519507)

[Methode 11](#_Toc9519508)

[Onderzoeksopzet 11](#_Toc9519509)

[Patiëntenpopulatie 11](#_Toc9519510)

[Philips iCT 256-slice scantechniek 11](#_Toc9519511)

[Evaluatie van beeldkwaliteit 12](#_Toc9519512)

[Statistische Analyse 13](#_Toc9519513)

[Resultaten 14](#_Toc9519514)

[Patiëntenpopulatie 14](#_Toc9519515)

[Jodiumconcentratie 14](#_Toc9519516)

[Hartfrequentie 16](#_Toc9519517)

[RR-interval 17](#_Toc9519518)

[Radiologen 17](#_Toc9519519)

[Discussie en conclusie 18](#_Toc9519520)

[Literatuurlijst 21](#_Toc9519521)

[Bijlage 1 23](#_Toc9519522)

[Bijlage 2 24](#_Toc9519523)

[Bijlage 3 25](#_Toc9519524)

# Inleiding

Coronaire hartziekten zijn ziekten welke het gevolg zijn van atherosclerose of afwijkingen in de coronaire arteriën. Het zijn de meest voorkomende hart- en vaatziekten in Nederland (1). Een snelle opkomst in te zien in de toepassing van Computer Tomografie Angiografie Coronairen (CTAC) scan sinds de eerste aanbevelingen. Het is een niet-invasieve techniek waarbij het hart en de coronaire arteriën in beeld gebracht kunnen worden (2).

CTAC-scans met een Philips iCT 256-slice zorgen voor accurate diagnostische prestaties en een hoge gevoeligheid en specificiteit voor de detectie van ziekten in de grote coronaire arteriën. De drie grote coronaire arteriën zijn de rechter coronair arterie (RCA), linker anterior descendens (LAD) en de circumflex (CX). Tevens is de linker hoofdstam (LM) een belangrijk verbindingsstuk tussen de aorta ascendens en de splitsing in de LAD en CX (2). Vanwege de constante hartbeweging en de korte rustfase in de hartfrequentie, is CT-technologie met een hoge temporele resolutie en een korte acquisitietijd essentieel om de coronaire arteriën zonder substantiële bewegingsartefacten af te beelden (3). Wanneer de hartfrequentie te hoog is en de fase in het RR-interval onjuist, zullen bewegingsartefacten voorkomen op de scan en hiermee de beeldkwaliteit verlagen.

Bij het maken van een CTAC-scan is het mogelijk om prospectief en retrospectief te scannen. Prospectieve technieken (“step-and-shoot”) bieden een significante dosisreductie tot 80% voor een volledig onderzoek van het hart en de coronaire arteriën, ten opzichte van retrospectieve technieken. Prospectieve elektrocardiogram-triggering (ECG) is een methode waarbij de scangegevens worden verzameld in een vooraf gespecificeerde fase in het RR-interval (4). Alle CTAC-scans zijn onderzoeken waarbij contrastvloeistof wordt gebruikt. De beeldkwaliteit hangt onder andere af van de contrastruisverhouding (CNR), hier moet rekening mee worden gehouden bij het kiezen van de jodiumconcentratie in de contrastvloeistof. Het gebruikte contrastvolume varieert van 50 ml tot 100 ml afhankelijk van de voorkeuren van het ziekenhuis. Optimale beelden vereisen een hoge intra-arteriële opacificatie van meer dan 250 Hounsfield waarden (HU). Een nauwkeurige timing van de CTAC-scan is noodzakelijk wanneer bolus-tracking wordt gebruikt, hierbij wordt getriggerd op het linker atrium, de aorta ascendens of de aorta descendens (5). Wanneer onder andere de hierboven genoemde parameters niet optimaal zijn toegepast, kunnen artefacten ontstaan die de beoordeelbaarheid van de coronaire arteriën nadelig beïnvloeden.

Het Refaja Ziekenhuis (Zh) Stadskanaal is in juni 2018 begonnen met het maken van CTAC-scans, hiervoor wordt een Philips iCT 256-slice gebruikt. Op deze CTAC-scans zijn artefacten aanwezig welke van invloed waren op de beoordeling van de coronaire arteriën, waardoor 39% van de gemaakte CTAC-scans niet met zekerheid kon worden verslagen. De artefacten kunnen ontstaan door de verschillende factoren zoals hartfrequentie, fase in het RR-interval en de jodiumconcentratie in de contrastvloeistof. De fase in het RR-interval en de jodiumconcentratie zijn in het Refaja Zh aangepast. Ook worden strengere eisen gesteld aan de maximale hartfrequentie. De parameters zijn na elkaar aangepast, wat leidt tot het ontstaan van drie patiëntengroepen. Door middel van de patiëntengroepen worden de parameters vergeleken met de beoordeelbaarheid van de CTAC-scans.

Het doel van dit retrospectieve onderzoek is om aanbevelingen te geven over de meest optimale waarden van de aangepaste parameters in het Refaja Zh voor een Philips iCT 256-slice. Waardoor het aantal slecht beoordeelbare CTAC-scans verlaagd wordt.

# Theoretisch Kader

## Indicatie

Het maken van een CTAC-scan heeft talrijke klinische toepassingen. De belangrijkste toepassing is de beoordeling van patiënten met mogelijke coronaire atherosclerose, maar met een relatief laag ziekterisico. Dit heeft als doel om coronaire stenose uit te sluiten en de noodzaak van een invasieve hartkatheterisatie te voorkomen. Dit omvat patiënten met verschillende klinische scenario’s. Voorbeelden hiervan zijn patiënten met atypische symptomen, hartfalen, onduidelijke ECG veranderingen of stresstestresultaten en voordat niet-coronaire hartchirurgie wordt uitgevoerd. Beoordeling van anatomische varianten van de coronaire arteriën is ook een indicatie, maar deze is minder frequent. Andere toepassingen van een CTAC-scan zijn ook mogelijk, maar worden momenteel niet ondersteund door voldoende wetenschappelijk onderzoek. Zoals het bieden van peri-interventionele informatie, het detecteren van terugkerende stenose in de stent of het verschaffen van risicostratificatie (6).

## Prospectief vs Retrospectief

Twee verschillende technieken, weergegeven op afbeelding 1, kunnen gebruikt worden bij het verkrijgen van een CTAC-scan. De retrospectieve en prospectieve techniek. Retrospectieve ECG-triggering maakt gebruikt van een helical acquisitie. De CTAC-scan wordt gemaakt van het gehele RR-interval, tijdens de scan beweegt de tafel met de patiënt langzaam door de scanner (2). De CTAC-scan wordt gemaakt gedurende één inademing van de patiënt. Het ECG-signaal wordt geregistreerd tijdens de verwerving van de cardiale beelden. Dit signaal wordt gebruikt om R-top markers toe te voegen aan de ruwe data. Deze markers maken het mogelijk om retrospectief elke gewenste fase in het RR-interval te reconstrueren. Om de reconstructie zonder bewegingsartefacten mogelijk te maken wordt gescand met een lage overlappende pitch (7).



Afbeelding 1. Schematische weergave van retrospectieve en prospectieve ECG-triggering (8)

In tegenstelling tot de retrospectieve techniek maakt de prospectieve scantechniek gebruik van de step-and-shoot acquisitie. De scan wordt gemaakt in een vooraf ingestelde fase van het RR-interval, waarin de minste beweging van het hart en de coronaire arteriën verwacht wordt. Het is dan ook noodzakelijk dat de patiënt een regulaire hartfrequentie heeft. Voor deze scanmethode is telkens één hartslag nodig om de tafel te verschuiven en één hartslag om een gedeelte van het hart te scannen. Dit wordt herhaald totdat het volledige hart is gescand (2).
Bij de prospectieve scantechniek is het gebruik van een fasetolerantie een optie. Hierbij wordt het acquisitiewindow verruimt met 3% of 5% waardoor reconstructie van de ruwe data op verschillende fases mogelijk is binnen dit window. Het risico van een niet-diagnostisch onderzoek wordt hierbij verminderd ten koste van de stralingsdosis (2).

De lage pitch die bij de retrospectieve techniek wordt toegepast, zorgt voor een hoge stralingsdosis. Het gebruik van prospectieve triggering zorgt voor een significante dosisreductie tot 80%, in vergelijking met een CTAC-scan gemaakt met een retrospectieve techniek, waarbij de beeldkwaliteit gelijk is (4). Echter, de retrospectieve techniek is geschikter om toe te passen wanneer sprake is van enkele onregelmatigheden in de hartfrequentie en wanneer de patiënt een relatief hoge hartfrequentie heeft. In tegenstelling tot prospectieve ECG-triggering, wat een regulaire en lage hartfrequentie nodig heeft voor een goede beeldkwaliteit. Ook is de correcte fase in het RR-interval van de hartfrequentie die vooraf is ingesteld van belang, indien deze niet optimaal is ontstaan bewegingsartefacten die de beoordeelbaarheid negatief beïnvloeden (2, 9). Tevens kan met de retrospectieve methode het volledige fase-bereik uit de ruwe data worden verkregen waardoor het mogelijk is de ventriculaire of valvulaire functie te kunnen evalueren. Echter wordt alleen een klein deel van de ruwe data gebruikt voor reconstructies, de verdere data is onnodig. Ook wordt de sensitiviteit van de retrospectieve techniek zwaar beïnvloed door zware calcificaties (2).

## Jodiumconcentratie

De beeldkwaliteit is mede afhankelijk van de CNR. Het doel van het gebruik van jodiumhoudende contrastvloeistoffen is om contrast te verkrijgen en daarmee de HU te verhogen waar nature weinig contrast aanwezig is (10). De optimale beeldkwaliteit wordt verkregen door een aankleuring van meer dan 250 HU. Hiervoor hebben contrastvloeistoffen met een hoge jodiumconcentratie de voorkeur, hieronder wordt 270-400 mg I/ml verstaan. Verwarming van de contrastvloeistof verbetert de viscositeit en dit is nodig om een injectiesnelheid tussen de 5 en 7 ml/sec mogelijk te maken. Het contrastvolume is een functie van de injectiesnelheid en de injectieduur. Na het injecteren van de contrastvloeistof vindt bolustracking plaats met daaropvolgend de CTAC-scan. De injectieduur moet net zo lang, of iets langer zijn, dan de duur vanaf injecteren tot het eind van de CTAC-scan. Hierdoor varieert het contrastvolume normaliter tussen de 50 en 100 ml (2). De contrastvloeistof wat gebruikt wordt in dit onderzoek is iohexol, wat onder de merknaam Omnipaque® wordt verkocht. Iohexol is een non-ionisch monomeer. Het voordeel van een non-ionisch monomeer ten opzichte van een ionisch-monomeer is de verminderende osmolariteit, hierdoor is de non-ionische contrastvloeistof minder osmoltoxisch. Dit houdt in dat de kans op contrastreacties verkleind wordt (10). Omnipaque® is verkrijgbaar in vijf verschillende jodiumconcentraties, namelijk 140, 180, 240, 300 en 350 mg I/ml (11). De hogere jodiumconcentraties van 300 en 350, zijn geschikt om CTAC-scans mee te maken. Dit zorgt voor een hoge densiteit in de coronaire arteriën, wat nodig is om pathologie in de coronaire arteriën te diagnosticeren (10). Verder kan een flush van contrastvloeistof en natriumchloride (NaCl) gebruikt worden bij toediening van de contrastvloeistof, door de flush hoeft minder contrastvloeistof gebruikt te worden. Tevens zorgt het voor een vermindering van troebelings-artefacten rondom de vena cava superior (12).

## Hartfrequentie

De noodzaak om de hartfrequentie te verlagen hangt af van de temporele resolutie van de scanner, de methode van beeldacquisitie en de indicatie voor beeldvorming. De korte scantijd van een Philips iCT 256-slice vermindert de gevoeligheid voor een onregelmatige en hogere hartfrequentie (13). Desondanks wordt de meest optimale beeldkwaliteit, zoals te zien op afbeelding 2A, bereikt wanneer de patiënt een lage en regelmatige hartfrequentie heeft, onafhankelijk van welk type CT-scanner wordt gebruikt.

Het scanbereik van de Philips iCT 256-slice is 8,0 cm, dit is te klein om het gehele hart in één acquisitie te kunnen scannen en daarom worden twee acquisities gemaakt. Door de variabiliteit in de hartfrequentie kan het voorkomen dat de fase in het RR-interval verschilt tussen deze twee acquisities. Dit beeld zich af als een verspringing tussen de twee acquisities ter plaatse van de overgang, dit is op afbeelding 2B afgebeeld. Muenzel *et al.* laat zien dat wanneer wordt gescand op een Philips iCT 256-slice, met een hartfrequentie lager dan 65 slagen per minuut (bpm), de verspringing kleiner is dan bij een hartfrequentie hoger dan 65 bpm. Hierbij is een significante toename te zien van de grootte van de verspringing (p<0,001) (4). Wanneer de hartfrequentie boven de 65 bpm komt, ontstaan significant meer bewegingsartefacten in het midsegment van de RCA, zoals te zien is op afbeelding 2C. Het midsegment van de RCA is het meest gevoelig voor bewegingsartefacten, dit wordt veroorzaakt door de hoge snelheid van de bloedstroom en de grote verplaatsing van de arterie tijdens een cardiale samentrekking. Ook het proximale en distale segment van de RCA, het distale segment van de LAD en de mid- en distale segment van de CX hebben significant meer bewegings-artefacten. De LM, proximale en midsegment LAD en proximale segment CX hebben geen significante verschillen in bewegingsartefacten (4).

Afbeelding 2. Op afbeelding 2A is een goed te beoordelen CTAC-scan te zien. Op afbeelding 2B is ter plaatse van de overgang tussen de twee acquisities een verspringing te zien. Op afbeelding 2C is een slecht te beoordelen CTAC-scan te zien met bewegingsartefacten.

Tevens is een regulaire hartfrequentie van belang voor een diagnostisch goed te beoordelen CTAC-scan. De CT-scanner maakt een schatting wanneer de volgende hartslag komt. De schatting kan onjuist zijn wanneer veranderingen, door hartritmestoornissen, in de hartfrequentie aanwezig zijn. Het beoogde RR-interval is dan onjuist, waardoor in een andere fase gescand wordt en de kans op bewegingsartefacten vergroot wordt (14).

## RR-interval

Een ECG bestaat uit enkele vaste pieken die als leidraad worden gebruikt bij het aflezen van een ECG. Het begint met een P-top, dit is het samentrekken van de atria. Daarna volgt het QRS-complex, dit geeft het samentrekken van de ventrikels weer. De T-top duidt op het ontspannen van het myocard, op afbeelding 3 is een ECG weergegeven. Het RR-interval is de tijd tussen twee R-toppen. Bij een prospectieve CTAC-scan wordt gescand op een bepaalde fase in het RR-interval. Deze fase wordt vooraf ingesteld. Gedurende het RR-interval beweegt ieder gedeelte van het hart op een ander moment. Het is daarom van belang dat het percentage in het RR-interval zo wordt gekozen dat het hart zo min mogelijk beweegt en dus zorgt voor zo min mogelijk bewegingsartefacten op de CTAC-scan (15).

Afbeelding 3. Typische ECG met het RR-interval (17)

In de literatuur wordt gesproken over verschillende fases in het RR-interval die als optimaal beschouwd worden. Bastarrika *et al.* spreekt over een fase van 40% en 75%, maar Mok *et al*. spreekt over een optimale fase in het RR-interval van 44% en 77%. Heartflow adviseert een fase te hanteren van 78%, wanneer gebruik wordt gemaakt van een Philips iCT 256-slice (3, 16, 17).

# Methode

## Onderzoeksopzet

Om de meest optimale waarden te bepalen van de aangepaste parameters in het Refaja Zh, zijn verschillende meetprocedures gehanteerd om de parameters te beoordelen. De CTAC-scans gemaakt tussen juni 2018 en maart 2019 zijn verkregen voor dit onderzoek. Hieruit zijn patiëntengroepen ontstaan, die worden gebruikt voor het vaststellen van de meest optimale waarden van de fase in het RR-interval, de hartfrequentie en de jodiumconcentratie in de contrastvloeistof. Om de meest optimale waarden te kunnen vaststellen is een score opgesteld van 0 tot 10, wat de beoordeelbaarheid van de CTAC-scans weergeeft. Door de score uit te zetten tegen de fase in het RR-interval en de hartfrequentie is bepaald wat de invloed van deze parameters op de score is. Een vragenlijst met betrekking tot de kwaliteit van het contrast op de CTAC-scans is opgezet voor het vergelijken van de jodiumconcentratie in de contrastvloeistof.

Doordat het een retrospectief onderzoek betreft waaraan geen proefpersonen deel hebben genomen, is de Wet Medisch wetenschappelijk Onderzoek niet noodzakelijk. Door het anonimiseren van de patiëntendatabase is de Wet Bescherming Persoonsgegevens niet van toepassing.

## Patiëntenpopulatie

De patiëntenpopulatie bestaat uit CTAC-scans die gemaakt zijn in het Refaja Zh in de periode tussen 4 juni 2018 en 7 maart 2019. De CTAC-scans van 126 patiënten zijn retrospectief verkregen.

Een inclusiecriteria voor dit onderzoek is een fase in het RR-interval van 72% en 78%. Dit omdat het Refaja Zh deze twee percentages het langst heeft gebruikt waardoor de grootste patiëntengroepen zijn ontstaan. Tevens is het van belang dat de flow van het toegediende contrastvloeistof 5 ml/sec was, een lagere flow heeft onder andere invloed op de densiteit van de contrastvloeistof waardoor vergelijking bemoeilijkt werd. Een exclusiecriteria is de patiënten die gescand zijn met 120 kilovolt (kV), het hogere aantal kV heeft namelijk invloed op de densiteit in de contrastvloeistof en daardoor ook op de vergelijking. Tevens vielen patiënten met een calciumscore hoger dan 400 Agatston Eenheden af. Het Refaja Zh heeft dit na een bepaalde periode zelf ook gehandhaafd, omdat de specificiteit significant verlaagd werd (18). Wanneer de inclusie- en exclusiecriteria zijn toegepast, zijn drie patiëntengroepen ontstaan gebaseerd op de scan parameters. Middels deze drie patiëntengroepen zijn de parameters vergeleken en konden de juiste parameters worden bepaald.

## Philips iCT 256-slice scantechniek

Alle CTAC-scans zijn uitgevoerd op een Philips iCT 256-slice (Brilliance iCT; Philips Medical Systems, Eindhoven, Nederland). Patiënten zijn gescand in cranio-caudale richting, het scangebied begint bij de carina en eindigt bij het diafragma. Patiënten kregen een contrastvolume ingespoten met een dual-head injector (MEDRAD® Stellant D Dual Syringe CT Injection System) variërend van 75 tot 104 ml met een flow van 5 ml/sec. Eerst is een bolus met contrastvloeistof toegediend, hierna volgde een gemengde bolus met daarin contrastvloeistof en 35 ml NaCl. Ten slotte is gespoeld met een bolus van 50 ml NaCl. De contrastvloeistof die gebruikt is, is het non-ionische monomeer iohexol van het merk Omnipaque®. De jodiumconcentratie in de contrastvloeistof varieerde tussen de 300 en de 350 mg I/ml. Voorafgaand aan de CTAC-scan is een surview uitgevoerd. Een automatische bolus tracking techniek is gebruikt voor een optimale starttijd. Op de surview is de triggerlocatie ingesteld ter hoogte van de carina. De HU is gemeten met een regio van interesse (ROI) in de aorta descendens of de aorta ascendens. Bij deze gemeten waarde is 100 HU opgeteld om de hoogte van de contrastpiek te bepalen. Wanneer de contrastpiek wordt behaald, startte de CTAC-scan automatisch met een delay van 9,5 seconden. Bij de CTAC-scan zijn de volgende acquisitieparameters gebruikt: buisspanning van 100 kV, doseright index van 15, detector collimatie 128 x 0,625 mm, een gantry rotatietijd van 0,27 s en een fase in het RR-interval van 72% of 78%. Alle gebruikte acquisitieparameters zijn te vinden in bijlage 1. De CTAC-scans zijn gereconstrueerd met de Iterative Model Reconstruction (IMR) van Philips.

## Evaluatie van beeldkwaliteit

Om de correcte waarden voor de aangepaste parameters te bepalen, zijn verschillende meetprocedures gehanteerd. Hieronder wordt beschreven hoe de meetprocedures zijn uitgevoerd.

In de verslaglegging van de radiologen staat beschreven hoe de kwaliteit van de CTAC-scans is en hoeveel delen van de coronaire arteriën te beoordelen zijn. De RCA, LAD en CX zijn onderverdeeld in een proximaal, mid en distaal gedeelte. De LM bestaat uit één deel. Dit komt erop neer dat in de verslaglegging tien delen beoordeeld zijn. De uitvoerders van het onderzoek hebben middels deze beoordeling een score gekoppeld aan de geïncludeerde CTAC-scans voor verdere verwerking in het onderzoek. Tevens is genoteerd welke delen niet beoordeelbaar zijn. De score is een cijfer tussen de 0 en de 10, welke als volgt is gegeven:

1. Geen enkel deel is te beoordelen;
2. Eén deel is te beoordelen;
3. Twee delen zijn te beoordelen;
4. Drie delen zijn te beoordelen;
5. Vier delen zijn te beoordelen;
6. Vijf delen zijn te beoordelen;
7. Zes delen zijn te beoordelen;
8. Zeven delen zijn te beoordelen;
9. Acht delen zijn te beoordelen;
10. Negen delen zijn te beoordelen;
11. Alle delen zijn te beoordelen.

Verder hebben de uitvoerders van het onderzoek veertien CTAC-scans geblindeerd, waarvan zeven met een jodiumconcentratie van 300 mg I/ml en zeven met een jodiumconcentratie van 350 mg I/ml. De onderzoeken zijn geblindeerd in Sectra PACS IDS7, waarin de radiologen standaard verslaglegging uitvoeren. De CTAC-scans zijn blind voorgelegd bij de twee radiologen, die de verslaglegging van de CTAC-scans binnen Treant uitvoeren. De radiologen hebben een scoreformulier ingevuld per CTAC-scan, met vragen over de densiteit van de contrastvloeistof, het aanbod van de contrastvloeistof in de coronaire arteriën en hoe de CTAC-scans over het algemeen te beoordelen zijn met betrekking tot het contrast. De score is gegeven aan de hand van een vier- puntschaal. Met de opties onvoldoende, matig, voldoende en goed. Het scoreformulier is bijgevoegd in bijlage 2. Hoe de radiologen de veertien CTAC-scans hebben gescoord is met elkaar vergeleken.

De hartfrequentie van de patiënten is uitgezet tegen de 10-punts score gegeven aan de CTAC-scans. Wanneer de score hoog is, is de betreffende hartfrequentie geschikt voor het maken van een goed te beoordelen CTAC-scan. Eerst zijn twee groepen opgesteld, één groep met een bpm ≤65 en één groep met een bpm >65. Tussen de groepen is een vergelijking tussen hartfrequentie en de score uitgevoerd. Om een specifieke maximale hartfrequentie te bepalen, zijn kleine groepen gemaakt waarbij groep 1 een hartfrequentie heeft ≤55 bpm. Vervolgens zijn zeven groepen gemaakt waar twee hartfrequenties onder vallen en groep 9 heeft een hartfrequentie ≥70 bpm. Door gebruik te maken van kleinere groepen kan specifieker worden bepaald welk hartfrequentie geschikt is voor het maken van CTAC-scans.

De correcte fase in het RR-interval van de hartfrequentie, zodat zo min mogelijk bewegingsartefacten aanwezig zijn op de CTAC-scan, is subjectief bepaald. De grote coronaire arteriën zijn beoordeeld in de verslaglegging van de CTAC-scans. Met de score is bepaald welke fase, 72% of 78%, zorgt voor minder artefacten en een beter te beoordelen CTAC-scan tot gevolg heeft. Het bepalen van de juiste fase in het RR-interval is gedaan door de gegeven score uit te zetten tegen de fases in het RR-interval.

## Statistische Analyse

De statistische analyse is uitgevoerd met het programma IBM Statistical Package of Social Science versie 25. De vergelijking van patiëntkarakteristieken is uitgevoerd met normaliteitstesten. Om het verschil in jodiumconcentratie tussen 300 mg I/ml en 350 mg I/ml te toetsen is een Levene’s test uitgevoerd. Om te toetsen of een correlatie tussen de hartfrequentie en de beoordeelbaarheid van de scan aanwezig is, is een Pearson Test uitgevoerd tussen de hartfrequentie en de score. Deze toetsen zijn uitgevoerd per scanprotocol. Ook is Levene’s test uitgevoerd om het verschil tussen bepaalde hartfrequenties te toetsen. Welch’s test is uitgevoerd om te toetsen of een verschil aanwezig is tussen de gebruikte scanfases in het RR-interval en de beoordeelbaarheid van de scan. Hierbij werden de score en de fase in het RR-interval van de groepen 2 en 3 met elkaar getoetst. De beoordeling van de CTAC-scans is uitgevoerd door meerdere radiologen. De radiologen kunnen verschillen in mening wat betreft de beoordeling van een segment. Om dit te toetsen is Levene’s test uitgevoerd. De p-waarde van <0,05 is beschouwd als significantieniveau in dit onderzoek.

# Resultaten

## Patiëntenpopulatie

Na het toepassen van de in- en exclusiecriteria zijn 16 patiënten uitgesloten van deelname aan het onderzoek. De geïncludeerde patiëntenpopulatie bestaat uit 110 patiënten. Een overzicht van de patiëntkarakteristieken is weergegeven in tabel 1. De patiënten zijn onderverdeeld in drie patiëntengroepen, gebaseerd op de scan parameters. Groep 1 bevat 63 patiënten en is gescand met een jodiumconcentratie van 300 mg I/ml en de fase in het RR-interval van 72%. In groep 2 bevinden zich 12 patiënten en deze groep is gescand met een jodiumconcentratie van 350 mg I/ml en de fase in het RR-interval van 72%. Groep 3 bevat 35 patiënten en is gescand met een jodiumconcentratie van 350 mg I/ml en de fase in het RR-interval van 78%. Van alle CTAC-scans binnen de patiëntenpopulatie zijn 88 CTAC-scans gemaakt met een hartfrequentie lager of gelijk aan 65 bpm. En 21 CTAC-scans zijn gemaakt met een hartfrequentie hoger dan 65 bpm. Van één patiënt was de hartfrequentie niet bekend.

Tabel 1. Patiëntkarakteristieken en variabelen tijdens de CTAC-scans

|  |  |
| --- | --- |
| Variabelen | Patiënten (n = 110\*) |
| Leeftijd (jaren) | 54 ± 10,53 |
| Geslacht (man/vrouw) | 45/65 (41%/59%) |
| Lengte (m) | 1,74 ± 0,10 |
| Gewicht (kg) | 84,0 ± 17,8 |
| Body Mass Index (kg/m2) | 27,8 ± 5,47 |
|  |  |
| Bpm tijdens CTAC-scan | 58 ± 7,25 |
| % RR-interval (72/78 (%)) | 75/35 (68%/32%) |
| Contrastconcentratie (300/350 (mg I/ml)) | 63/47 (57%/43%) |
| Contrastvolume (ml) | 82,1 ± 12,27 |
| Calciumscore (AE) | 38,0 ± 80,46 |

Data wordt uitgedrukt als getal of als gemiddelde ± standaarddeviatie.
\* Bpm tijdens CTAC-scan: n = 109

Alle 110 CTAC-scans zijn beoordeeld door drie radiologen. De eerste radioloog heeft 84 CTAC-scans beoordeeld en 18 CTAC-scans zijn beoordeeld door de tweede radioloog. De derde radioloog heeft 6 CTAC-scans beoordeeld in een drukke periode, deze radioloog beoordeeld normaliter geen CTAC-scans. De uitvoerders van dit onderzoek hebben aan de hand van de beoordeling een score toebedeeld, waaruit blijkt dat de gemiddelde score van de CTAC-scans 9,1 ± 1,48 is. Hierbij hebben 67 CTAC-scans een score van 10, 19 CTAC-scans een score van 9, 10 CTAC-scans een score van 8 en 14 CTAC-scans van 7 of lager. Eén of meer segmenten zijn niet of slecht te beoordelen indien de score lager is dan 10. Hierbij is de RCA 39 keer niet geheel te beoordelen (proximaal 10 keer, mid 16 keer, distaal 13 keer). De LAD is 28 keer niet geheel te beoordelen (proximaal 4 keer, mid 10 keer, distaal 14 keer). De CX is 28 keer niet geheel te beoordelen (proximaal 6 keer, mid 8 keer, distaal 14 keer) en de LM is één keer niet te beoordelen.

## Jodiumconcentratie

De twee radiologen die normaliter de verslaglegging van de CTAC-scans uitvoeren, hebben een scoreformulier ingevuld voor veertien geblindeerde CTAC-scans. De score is gegeven aan de hand van een vier- puntschaal. Met de opties onvoldoende, matig, voldoende en goed. Hieruit is een vergelijking gemaakt tussen contrastvloeistof met een jodium-concentratie van 300 mg I/ml en 350 mg I/ml. Een voorbeeld van twee geblindeerde CTAC-scans is te zien op afbeelding 4.

Levene’s test toont geen significant verschil tussen CTAC-scans met een contrastvloeistof met een jodiumconcentratie van 300 mg I/ml en 350 mg I/ml (p=1,000). De jodium-concentratie van 300 mg I/ml scoort 3,4 ± 0,69 en de jodiumconcentratie van 350 mg I/ml scoort 3,4 ± 0,71. De CTAC-scans waarbij gebruik is gemaakt van 300 mg I/ml, scoren op het gebied van densiteit van de contrastvloeistof 3,6 ± 0,56 en de CTAC-scans waarbij gebruik is gemaakt van 350 mg I/ml, scoren op het gebied van densiteit van de contrastvloeistof 3,5 ± 0,69. De afgrenzing van de coronaire arteriën scoort bij een jodiumconcentratie van 300 mg I/ml 3,0 ± 0,68 en bij een jodiumconcentratie van 350 mg I/ml 3,3 ± 0,61. De algehele beoordeelbaarheid van de CTAC-scans met betrekking tot het contrast wordt bij een jodiumconcentratie van 300 mg I/ml gescoord op 3,4 ± 0,76 en bij een jodiumconcentratie van 350 mg I/ml 3,5 ± 0,76. De verschillen tussen de beide radiologen en de totaal score zijn weergegeven in tabel 2. Ook blijkt uit het score-formulier dat beide radiologen 9 van de 14 keer een CTAC-scan met een jodiumconcentratie van 300 mg I/ml aanzagen voor een CTAC-scan met een jodiumconcentratie van 350 mg I/ml.

Afbeelding 4. Twee geblindeerde CTAC-scans. Op afbeelding 4A is een scan te zien met een jodiumconcentratie van 300 mg I/ml en op afbeelding 4B is een scan te zien met een jodiumconcentratie van 350 mg I/ml.

Tabel 2. Score jodiumconcentratie in de contrastvloeistof

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  | 300 mg I/ml | 350 mg I/ml |
| *Afgrenzing van de coronaire arteriën* | Radioloog 1 | 3,0 ± 0,82 | 3,3 ± 0,76 |
| Radioloog 2 | 3,0 ± 0,58 | 3,3 ± 0,49 |
| **Totaal** | **3,0 ± 0,68** | **3,3 ± 0,61** |
| *Densiteit van de contrastvloeistof in de coronaire arteriën* | Radioloog 1 | 3,6 ± 0,79 | 3,4 ± 0,53 |
| Radioloog 2 | 3,7 ± 0,49 | 3,6 ± 0,79 |
| **Totaal** | **3,6 ± 0,63** | **3,5 ± 0,65** |
| *Densiteit van de contrastvloeistof in het hart* | Radioloog 1 | 3,7 ± 0,49 | 3,4 ± 0,79 |
| Radioloog 2 | 3,6 ± 0,53 | 3,6 ± 0,79 |
| **Totaal** | **3,6 ± 0,50** | **3,5 ± 0,76** |
| *Contrastaanbod in de distale segmenten*  | Radioloog 1 | 3,4 ± 0,79 | 3,1 ± 0,90 |
| Radioloog 2 | 3,0 ± 0,58 | 3,1 ± 0,69  |
| **Totaal** | **3,2 ± 0,70** | **3,1 ± 0,77** |
| *Algemene beoordeelbaarheid m.b.t. contrast*  | Radioloog 1 | 3,2 ± 0,98 | 3,4 ± 0,79 |
| Radioloog 2 | 3,7 ± 0,49 | 3,6 ± 0,79 |
| **Totaal** | **3,4 ± 0,76** | **3,5 ± 0,76** |

## Hartfrequentie

Aan de hand van de scan parameters zijn de drie patiëntengroepen ontstaan. Door de uitvoerders van het onderzoek is een score gekoppeld aan de CTAC-scans. Hiermee is binnen de groepen een vergelijking uitgevoerd tussen de hartfrequentie en de score. De Pearson test toont een significante negatieve correlatie tussen de hartfrequentie en de score in groep 1 (r=-0,38; p<0,002) en in groep 3 (r=-0,49; p<0,003). De test toonde geen significante correlatie in groep 2 (r=-0,48; p=0,117). De scatter plot van figuur 1 geeft de gegeven score uitgezet tegen de hartfrequentie weer.

Figuur 1. Scatter plot hartfrequentie (bpm) versus score van de 3 patiëntengroepen

Levene’s test laat zien dat sprake is van een significant verschil in de gemiddelde score voor de groepen ≤65 en >65 bpm (p<0,000). De CTAC-scans met een hartfrequentie ≤65 bpm levert een gemiddelde score op van 9,5 ± 0,86. De CTAC-scans met een hartfrequentie >65 bpm levert een gemiddelde score op van 7,4 ± 2,18. In figuur 2 is de hartfrequentie, opgedeeld in de 9 kleine groepen, uitgezet tegen de score. Door het zichtbare verschil tussen de groep 64-65 bpm en 66-67 bpm is een vergelijking gemaakt tussen deze groepen en de score. Hieruit volgt dat de CTAC-scans met een hartfrequentie van 66-67 bpm een significant lagere score oplevert dan de CTAC-scans met een hartfrequentie van 64-65 bpm (p=0,026).



Figuur 2. Boxplot hartfrequentie (bpm) versus score

RR-interval

Welch’s test laat zien dat geen statistische significantie is tussen de beoordeelbaarheid van de score en de fase in het RR-interval van 72% en 78% (p=0,090). De groepen zijn gescand met hetzelfde protocol, alleen is de fase in het RR-interval 72% bij groep 1 en 2 en 78% bij groep 3. De beoordeelbaarheid per groep is weergegeven in figuur 3. Groep 1 heeft een gemiddelde score van 9,1 ± 1,67, de gemiddelde score van groep 2 is 8,5 ± 1,68 en groep 3 heeft een gemiddelde score van 9,4 ± 0,88. Wel is te zien in het figuur dat groep 2 vaker een gegeven score onder de 9 heeft dan groep 3. *Figuur 3. De score voor de beoordeelbaarheid van de CTAC-scan voor de verschillende patiëntengroepen.*

Radiologen

De 110 CTAC-scans zijn beoordeeld door drie radiologen binnen Treant Zorggroep. De uitvoerders van het onderzoek hebben middels de verslaglegging een score gekoppeld aan de CTAC-scans. Radioloog 1 heeft 86 scans beoordeeld waaruit een gemiddelde score volgt van 9,1. Radioloog 2 heeft 18 scans beoordeeld waaruit een gemiddelde score volgt van 9,6 en radioloog 3 heeft 6 scans beoordeeld waaruit een gemiddelde score van 8,8 volgt. Radioloog 1 en 2 zijn vaste radiologen voor het verslaan van CTAC-scans en radioloog 3 heeft geholpen tijdens een drukkere periode en wordt daarom niet meegenomen in de vergelijking. De scores van de radiologen 1 en 2 zijn met elkaar vergeleken en hieruit blijkt geen significant verschil (p=0,062).

# Discussie en conclusie

Het doel van dit onderzoek is het bepalen van de meest optimale waarden van de aangepaste parameters van de CTAC-scans in het Refaja Zh. De aangepaste parameters zijn de jodiumconcentratie in de contrastvloeistof en de fase in het RR-interval. Tevens worden aanbevelingen gedaan betreffende de maximale hartfrequentie waarmee een goed te beoordelen CTAC-scan gemaakt kan worden. De resultaten worden hieronder gekoppeld aan het doel van dit onderzoek en deze resultaten worden vergeleken met literatuur. Tijdens het vergelijken met literatuur is enkel gebruik gemaakt van literatuur waarbij onderzoek is gedaan met een Philips iCT 256-slice met een temporele resolutie van 270 ms.

Tijdens het vergelijken van de jodiumconcentraties van 300 mg I/ml en 350 mg I/ml in de contrastvloeistoffen zijn geen significante verschillen aangetoond. Weliswaar is te zien dat de jodiumconcentratie van 300 mg I/ml hoger scoort betreffende de densiteit van de contrastvloeistof in het hart en de coronaire arteriën. Wel scoort de jodiumconcentratie van 350 mg I/ml hoger op de afgrenzing van de coronaire arteriën en de algemene beoordeling met betrekking tot het contrast. Echter werd tijdens de blinde beoordeling 9 van de 14 keer een CTAC-scan met een jodiumconcentratie van 300 mg I/ml aangezien voor een CTAC-scan met een jodiumconcentratie van 350 mg I/ml. Wat erop duidt dat minimaal verschil te zien is tussen de densiteit van het contrast en dus tussen de beide jodiumconcentraties in de contrastvloeistof. Aangezien de verschillen niet significant zijn, en niet of nauwelijks te zien zijn, moet rekening worden gehouden met de andere voor- en nadelen van de jodiumconcentraties in de contrastvloeistof. Zo is het logistiek gemakkelijker om de contrastvloeistof met een jodiumconcentratie van 300 mg I/ml te gebruiken, aangezien deze jodiumconcentratie in de contrastvloeistof ook bij alle overige onderzoeken wordt gebruikt in het Refaja Zh.

Ook wordt uit het onderzoek opgemaakt dat een lage hartfrequentie, met voorkeur onder de 65 bpm, een positieve invloed heeft op de beoordeelbaarheid van de CTAC-scan. Dit blijkt uit de resultaten waarbij sprake is van een matig negatieve correlatie in de groepen 1 en 3 tussen de hartfrequentie en de score. Dit houdt in dat in de meeste gevallen wanneer de hartfrequentie toeneemt, de score en daarmee de beoordeelbaarheid van de coronaire arteriën afneemt. Verder laten de resultaten een significant verschil zien in de gemiddelde gegeven score tussen ≤65 en >65 bpm. De gemiddelde score is hoger bij een hartfrequentie van ≤65 bpm. Tevens komt naar voren dat wanneer gescand wordt met een hartfrequentie van 66 of 67 bpm de gemiddelde score significant lager wordt dan wanneer een maximale hartfrequentie van 65 bpm aangehouden wordt. De resultaten van dit onderzoek komen overeen met het artikel Muenzel *et al.*, die ook een maximale hartfrequentie van 65 bpm aanhoudt. Verder spreekt Muenzel *et al.* ook over een significante correlatie tussen de hartfrequentie en de verspringingen ter plaatse van de overgang van de twee acquisities (p<0,001) (4). Law *et al.* en Sun *et al.* spreken daarentegen over een grenswaarde van 70 bpm en uit de resultaten van Mok *et al.* komt een grenswaarde van 72 bpm naar voren (3, 9, 13).

Verder kan opgemaakt worden dat een fase van 78% in het RR-interval een lichte voorkeur heeft. Uit de resultaten van de statistische vergelijking tussen 72% en 78% blijkt geen significant verschil. Wel is te zien dat de groep met een fase in het RR-interval van 78% minder vaak een gegeven score onder de 9 heeft, hieruit is opgemaakt dat de fase van 78% een lichte voorkeur heeft. Echter spreken andere onderzoeken over andere fases in het RR-interval die in dit onderzoek niet zijn onderzocht. Zo spreken Yang *et al.* en Mok *et al.* over een optimale fase in het RR-interval van 77% voor een hartfrequentie onder de 59 bpm (3, 19). Scannen in de diastolische periode zou geschikt moeten zijn voor bewegingsartefact vrije CTAC-scans tot een hartfrequentie van 90 bpm. Ook dit geldt voor een Philips iCT 256-slice met een temporele resolutie van 270 ms (3, 20). Echter geeft dit onderzoek een negatieve correlatie aan van de beoordeelbaarheid bij een toenemende hartfrequentie, ook Yang *et al.* bevestigt dit (19). Dit kan erop duiden dat een fase in de diastolische periode niet optimaal is wanneer gescand wordt met een hoge hartfrequentie. Wanneer de hartfrequentie boven de 72 bpm komt, wordt een fase in de systolische periode geprefereerd, eventueel aanvullen met een fase in de diastolische periode (19). De uitkomsten van de meest optimale fase in de systolische periode komen niet overeen in de verschillende onderzoeken, zoals dit bij de fase in de diastolische periode wel het geval is. Waarbij Lessick *et al.* over 40% spreekt, heeft Mok *et al.* het over 44% en Yang *et al.* spreekt over 49% (3, 19, 20).

Over het algemeen is de beoordeling van de RCA moeilijker dan het beoordelen van de linker coronaire arteriën. Met een lage en rustige hartfrequentie kunnen de bewegings-artefacten van de RCA verminderd worden (1). Dit is ook terug te zien in de resultaten van het onderzoek. Wanneer de hartfrequentie lager is, is de beoordeling van de CTAC-scans hoger. Om een lage en rustige hartfrequentie te bereiken moet middels farmacologische middelen de patiënt goed worden voorbereid op de CTAC-scan.

Een beperking van dit onderzoek is, dat het een retrospectieve studie is van klinische gevallen. Hierbij zijn niet alle parameters strikt gereguleerd. De MBB’ers die de CTAC-scans hebben gemaakt, hebben bepaalde parameters schriftelijk moeten noteren. Echter is het niet altijd gebeurd en sommige data is niet terug te vinden in de ruwe data. Hierdoor kan bias voorkomen. Ook is tijdens de evaluatie van de beoordeelbaarheid van de CTAC-scans alleen rekening gehouden met de bewegingsartefacten. Andere aspecten met betrekking tot de beeldkwaliteit, zoals signaalruisverhoudingen en met calcium verwante (blooming) artefacten zijn niet meegenomen in dit onderzoek. Daarnaast heeft pathologie in een proximaal- of midsegment van de coronaire arteriën een grotere klinische impact op de patiënt, dan pathologische afwijkingen in een distaal segment. Hier is tijdens het geven van de score voor de beoordeelbaarheid van de CTAC-scans geen rekening mee gehouden. Dit is een beperking van de score in dit onderzoek. Een andere beperking is dat de variabiliteit van de hartfrequentie, oftewel de variatie in tijd tussen twee hartslagen, niet meegenomen is. Echter laat Chen *et al.* geen significante correlatie zien tussen de beoordeelbaarheid van de CTAC-scans en de hartfrequentie variabiliteit (p<0,001). Ook Mok *et al.* spreekt van geen significante correlatie (3, 18). Dit houdt in dat de hartfrequentie variabiliteit niet van invloed is op de beoordeelbaarheid van de CTAC-scan. Dat in groep 2 geen significante correlatie aanwezig is tussen de hartfrequentie en de score kan komen door de grootte van de groep. Deze betreft maar twaalf patiënten. Dit kan ook van invloed zijn op de berekening van de fases in het RR-interval, waarbij groep 2 met groep 3 is vergeleken en geen significantie is aangetoond. Ten slotte zijn alle CTAC-scans door drie verschillende radiologen verslagen. Deze scans zijn door één van de drie radiologen verslagen op één moment in de tijd. De intra- en interbeoordelaarsbetrouwbaarheid zijn daardoor niet van toepassing, wat de betrouwbaarheid van het onderzoek verlaagd. Ook wordt de betrouwbaarheid verlaagd doordat een verschil aanwezig is in de beoordeling van de radiologen. Het verschil is niet significant (p=0,062) maar wel aanwezig.

Uit de resultaten van dit onderzoek kunnen de volgende aanbevelingen gegeven worden. Deze aanbevelingen zijn gericht aan het Refaja Zh. en zijn toe te passen op een Philips iCT 256-slice. Als eerste wordt geadviseerd te scannen met een jodiumconcentratie in de contrastvloeistof die de logistieke voorkeur heeft, voor het Refaja Zh. is dit 300 mg I/ml. Aangezien geen significante verschillen aanwezig zijn tussen de beide concentraties. Verder wordt een maximale hartfrequentie van 65 bpm aanbevolen. Wanneer deze maximale hartfrequentie wordt aangehouden wordt aanbevolen te scannen met een fase in het RR-interval van 77%. Als de maximale hartfrequentie niet wordt aangehouden kan met deze fase worden gescand tot een hartfrequentie van 72 bpm. Indien wordt gescand met een hartfrequentie hoger dan 72 bpm, wordt geadviseerd te scannen in de systolische periode, eventueel aanvullend met een fase in de diastolische periode. Echter zal de optimale fase in de systolische periode verder moeten worden onderzocht. Ook moet worden onderzocht of scannen in de systolische en diastolische periode genoeg informatie oplevert dat het opweegt tegen de hogere stralingsdosis. Om een hartfrequentie van ≤65 bpm te bereiken is een goede voorbereiding van belang. Het advies is om verder onderzoek uit te voeren naar de meest optimale voorbereiding voor patiënten die een CTAC-scan ondergaan.

De volgende optimale waarden van de aangepaste parameters kunnen geconcludeerd worden. Een jodiumconcentratie in de contrastvloeistof van 300 mg I/ml, een maximale hartfrequentie van 65 bpm en een fase in het RR-interval van 77%.

# Literatuurlijst

1. **Volksgezondheidenzorg.** Coronaire hartziekten. *Volksgezondheidenzorg.* [Online] RIVM, 2018.

2. *SCCT guidelines for the performance and acquisition of coronary computed tomographic angiography: A report of the Society of Cardiovascular Computed Tomography Guidelines Committe Endorsed by the North American Society of Cardiovascular Imaging (NASCI).* **Abbara, S., et al.** sl : Journal of Cardiovascular Computed Tomography, 2016, Journal of Cardiovascular CT, pp. 435-449.

3. *Optimal Systolic and Diastolic Image Reconstruction Windows for Coronary 256-slice CT Angiography.* **Mok, G.S.P., et al.** sl : Academic Radiology, November 2010, Academic Radiology.

4. *Step and shoot coronary CT angiography using 256-slice CT: effect of heart rate and heart rate variability on image quality.* **Muenzel, D., et al.** 21, sl : European Society of Radiology, 2011, Vol. 2011.

5. *Coronary CT angiography.* **Kuchynka, P., et al.** 2015, Cor et Vasa, pp. 425-432.

6. *Top Ten clinical indications for coronary CT angiography.* **Achenbach, S.** sl : Applied radiology, 2008, Applied Radiology .

7. **Budoff, Matthew J. en Shinbane, Jerold S.** *Cardiac CT Imaging: Diagnosis of Cardiovascular Disease.* Londen : Springer Verlag, 2010.

8. *How to use a prospective gated technique for cardiac CT.* **Earls, J. P.** 3, sl : Journal of Cardiovascular Computed Tomography, 2009, Vol. 2009.

9. *Multislice CT angiography in cardiac imaging: prospective ECG-gating or retrospective ECG-gating?* **Sun, Z.** sl : Biomedical Imaging and Interventional Journal, 2009.

10. **Hakkert, M, et al.** *Computertomografie Techniek, onderzoek en stralingshygiëne.* Amsterdam : Reed Business, 2010.

11. **GE Healthcare.** Omnipaque, injectievloeistof, röntgencontrastmiddel. *Samenvatting van de productkenmerken.* mei 2015.

12. *Reduction of Contrast Material Dose and Artifacts by a Saline Flush Using a Double Power Injector in Helical CT of the Thorax.* **Haage, P., et al.** sl : American Journal of Roentgenology, 2000, American Journal of Roentgenology, pp. 1049-1053.

13. *Retrospective Gating vs. Prospective Triggering for Noninvasive Coronary Angiography.* **Law, W.Y., et al.** sl : Academic Radiology, 2011.

14. *Coronary CT angiography with prospective ECG-triggering: an effective alternative to invasive coronary angiography.* **Sun, Z.** sl : Cardiovascular Diagnosis and Therapy, 2012, Cardiovascular Diagnosis and Therapy, pp. 28-37.

15. **Hartstichting.** Hartfilmpje (ECG). *Hartstichting.* [Online] 2019. [Citaat van: 22 maart 2019.] https://www.hartstichting.nl/hart-en-vaatziekten/medische-onderzoeken/hartfilmpje-(ecg).

16. **Leipsic, J.** CCTA Resources. *Heartflow.* [Online] https://hfdc-corpweb.s3-us-west-2.amazonaws.com/assets/docs/Philips-Cardiac-CCTA-Protocol\_042617/Philips-Cardiac-CCTA-Protocol\_042617.html.

17. *Dual Source CT coronary imaging in heart transplant recipients: image quality and optimal reconstruction interval.* **Bastarrika, G., et al.** 18, sl : Euopean Radiology, 2008, Vol. 2008.

18. *The effect of calcium score on the diagnostic accuracy of coronary computed tomography angiography.* **Chen, C.C., et al.** 2011, The International Journal of Cardiovascular Imaging, pp. 37-42.

19. *Potential Dose Reduction of Optimal ECG-controlled Tube Current Modulation for 256-slice CT Coronary Angiography.* **Yang, C.C., et al.** sl : Academic Radiology, 2011.

20. *Automatic Determination of Differential Coronary Artery Motion Minima for Cardiac Computed Tomography Optimal Phase Selection.* **Lessick, J., et al.** 2015, Academic Radiology.

Bijlage 1
Scanparameters

|  |  |
| --- | --- |
| Parameters | Waarden |
| Buisspanning | 100 kV |
| Buislading | 206 mAs (gemiddelde volwassene) |
| Plakdikte | 0,8 mm |
| Increment | 0,4 mm |
| Collimatie | 128 x 0,625 |
| Pitch | 0 |
| Rotatietijd | 0,27 s |
| Field of Fiew | 159 mm |
| Matrix | 512 x 512 |
| Fase | 72% – 78% |
| Fasetolerantie | 0 |
| Doseright Index | 15 |
| AEC\* | Ja |

\* Automatic Exposure Control

# Bijlage 2

Scoreformulier jodiumconcentratie in de contrastvloeistof