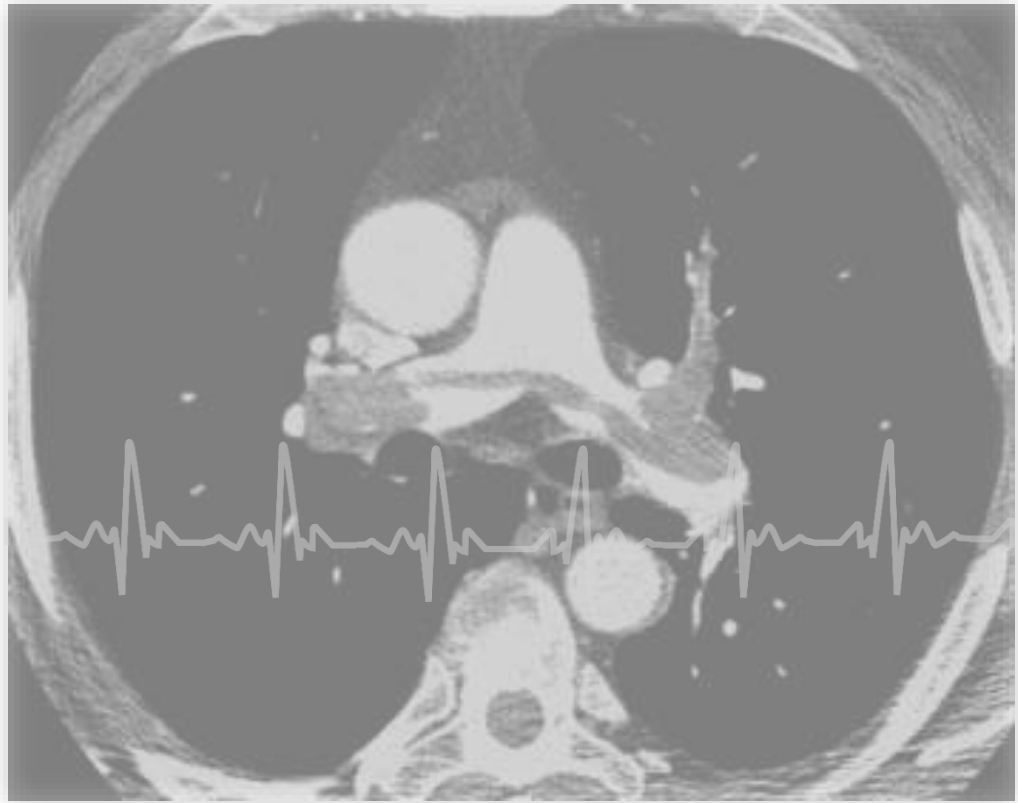




**Hanzehogeschool
Groningen**
University of Applied Sciences



ECG-GETRIGGERD SCANNEN BIJ CT PULMONAIRE ANGIOGRAFIE

Een systematische review

RENEE HULST
AUKJE KNIJFF

2019

Titel: ECG-getriggerd scannen bij CT pulmonaire angiografie
Subtitel: Een systematische review

Auteurs: Renee Hulst en Aukje Knijff
Studentnummers: 343264 en 342269
E-mail: r.hulst@st.hanze.nl, a.knijff@st.hanze.nl

Opleiding: Medisch Beeldvormende en Radiotherapeutische Technieken (MBRT)
Hanzehogeschool, Groningen

Plaats van uitgave: Groningen
Datum van voltooiing: Mei, 2019

Opdrachtgever: H. Harders
Hoofd Radiologie
Treant Zorggroep, locatie Scheper
Mail: h.harders@treant.nl

Onderzoeksbegeleider: R.P.J. van der Wee, MA
Docent MBRT
Hanzehogeschool Groningen
Mail: r.p.j.van.der.wee@pl.hanze.nl

Co-beoordeelaar: P. Plasman, MSc
Docent MBRT
Hanzehogeschool Groningen
Mail: p.plasman@pl.hanze.nl

Bron omslagafbeelding:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095461110600624X>
<https://pngtree.com/free-png-vectors/ecg>

Voorwoord

Deze afstudeerscriptie is geschreven in het kader van de opleiding Medisch Beeldvormende en Radiotherapeutische Technieken van de Hanzehogeschool in Groningen.

Het onderwerp van deze scriptie is aangedragen door de afdeling radiologie van Treant Zorggroep, locatie Scheper in Emmen. De rol van opdrachtgever werd vervuld door Hendrik Harders, tevens als hoofd radiologie werkzaam bij Treant Zorggroep, locatie Scheper in Emmen.

Allereerst willen wij de opdrachtgever bedanken voor de afstudeeropdracht. Daarnaast willen Janneke Lammers en Bart-Jan van der Toom bedanken voor de goede begeleiding en feedback die wij hebben ontvangen vanuit het ziekenhuis.

Als laatste willen wij een aantal docenten bedanken voor de begeleiding in het proces, het geven van hun feedback en het beantwoorden van onze vragen. Deze docenten zijn Kitty Schillemans, Ruth van der Wee en Willemke Nijholt, die tevens de praktijkgericht onderzoek lessen hebben verzorgd.

Dit onderzoek is uitgevoerd tussen februari 2019 en mei 2019.

R. Hulst en A. Knijff

Samenvatting

Inleiding

Longembolieën zijn veelvoorkomend in Nederland. De gouden standaard voor het diagnosticeren is computertomografie pulmonaire angiografie (CTPA). Het streven is hoge beeldkwaliteit te behalen met zo laag mogelijke stralingsdosis en contrastdosis. Bij CTPA kan de beeldkwaliteit negatief worden beïnvloed door cardiale bewegingsartefacten. Het toepassen van elektrocardiogram (ECG)-triggering bij CT scannen zou een oplossing zijn, met behoud van beeldkwaliteit en lagere of gelijkblijvende stralingsdosis. In deze systematische review worden de voor- en nadelen van ECG-triggering bij CTPA ten opzichte van contrast getriggerd scannen onderzocht.

Methode

In deze systematische review is door middel van zoekstringen gezocht naar literatuur in drie medische databanken. In- en exclusiecriteria zijn opgesteld en de selectieprocedure is beschreven. De artikelen zijn beoordeeld op kwaliteit. De resultaten met betrekking tot beeldkwaliteit en diagnosticeren, stralingsdosis en contrastgebruik zijn geanalyseerd. Een algemeen geldend advies en een specifiek advies voor Treant Zorggroep, locatie Scheper zijn opgesteld.

Resultaten

Twintig studies zijn geïnccludeerd. ECG-triggering levert een significante vermindering van cardiale bewegingsartefacten met behoud of verbetering van beeldkwaliteit en stralingsdosis en gelijkblijvend of verhoogd contrastgebruik. Bij contrast getriggerd scannen wordt verlaging in stralingsdosis en contrastgebruik behaald door verlaging van de buisspanning, bij gelijkblijvende beeldkwaliteit.

Conclusie

Positieve adviezen zijn opgesteld wat betreft het toepassen van ECG-triggering bij CTPA. Echter zijn deze gebaseerd op een klein aantal en uiteenlopende studies. Meer onderzoek wat betreft ECG-triggering bij CTPA is nodig om een wel onderbouwd advies op te kunnen stellen.

Abstract

Introduction

Pulmonary embolisms are common in The Netherlands. The golden standard for diagnosis is the use of computed tomography pulmonary angiography (CTPA). The aim providing images with high image quality, but with low radiation and contrast doses. Cardiac pulsation artefacts can disadvantage the image quality of CTPA. Adaption of electrocardiograph (ECG)-triggering would be a solution, with keeping constant image quality and equal or lower radiation doses. In this systematic review the advantages and disadvantages of ECG-triggering compared to contrast triggering for the use of CTPA will be examined.

Method

With the use of search strings literature was found in three medical databases. In- and exclusion criteria were applied, and the selection procedure was described. Quality of the articles was assessed. Results containing image quality and diagnostic accuracy, radiation dose and contrast dose were analysed. At the end, a general advice and an advice specifically for Treant Zorggroep, location Scheper, Emmen were created.

Results

Twenty studies were included. The use of ECG-triggering gives a significant reduction of cardiac pulsation artefacts in CTPA, with an equal or better image quality and radiation dose and an equal or higher contrast dose. A lower radiation dose and contrast dose can be achieved in contrast triggered CT by lowering the tube voltage.

Conclusion

Positive advices were given to the use of ECG-triggering with CTPA. However, these advices were based on a diverse and small amount of studies. More research into ECG-triggering on CTPA has to be done to give a well substantiated advice.

Inhoudsopgave

Voorwoord.....	2
Samenvatting	3
Abstract.....	4
Inleiding	7
Theoretisch kader	9
Longembolieën	9
Contrasttriggering.....	9
ECG-triggering.....	10
Beeldkwaliteit	10
Stralingsdosis	11
Contrastmiddel	11
Methode	13
Onderzoeksdesign.....	13
Dataset.....	13
Selectiecriteria	13
Selectieprocedure	14
Beoordeling kwaliteit.....	14
Data-analyse	14
Resultaten	16
Studie selectie.....	16
Kwaliteit van de artikelen	16
Kwaliteit van de studie.....	17
Evidence tables	17
Beeldkwaliteit en het diagnosticeren	17
Stralingsdosis	18
Contrastgebruik	18
Discussie.....	26
Sterktes en limitaties	28
Aanbevelingen en conclusie	30
Conclusie.....	30
Bronnenlijst.....	31
Bijlage 1 Zoekstring 1	35
Pubmed.....	35
Cochrane Library	35
Trip Medical Database	35

Bijlage 2 Zoekstring 2	36
Pubmed	36
Cochrane Library	36
Trip Medical Database	36
Bijlage 3 Checklist voor toepasbaarheid	37
Bijlage 4 Checklist voor betrouwbaarheid/validiteit	38
Bijlage 5: Gedetailleerde flowchart per zoekstring	39
Bijlage 6: Karakteristieken tabel	40
Bijlage 7: Resultaten SafeAssignment	44

Inleiding

Naar schatting ontwikkelen per jaar tienduizend Nederlanders een longembolie.¹ Hierdoor is de vraagstelling longembolie een veel voorkomende vraagstelling op de afdeling radiologie. De vroegere gouden standaard voor het diagnosticeren van longembolieën was het uitvoeren van een invasieve pulmonaire angiografie. Tegenwoordig wordt eerder gekozen voor diagnosticeren met behulp van ventilatie-perfusie scintigrafie of computertomografie (CT), met name CT pulmonaire angiografie (CTPA). De CT is gekozen als de huidige gouden standaard vanwege de hoge sensitiviteit en specificiteit en daarnaast is het vergeleken met de invasieve pulmonaire angiografie erg patiëntvriendelijk.² Hiervoor wordt vaak gebruik gemaakt van een protocol specifiek voor longembolieën. Echter verschilt dit protocol sterk onder de ziekenhuizen in Nederland. Het streven van iedere afdeling is om te scannen met de hoogst haalbare beeldkwaliteit en de laagst mogelijke stralings- en contrastdosis voor de patiënt. Een hoge beeldkwaliteit is van klinisch belang om fout negatieve uitslagen te voorkomen en een zo accuraat mogelijke diagnose te kunnen stellen. Daarnaast is de laagst mogelijke stralingsdosis van groot belang voor de patiënt om de stralingsrisico's die kunnen optreden te verkleinen. Hierbij wordt het As Low As Reasonably Achievable (ALARA) principe gehanteerd. Het streven is een zo laag mogelijke stralingsdosis, waarbij voldoende beeldkwaliteit wordt gewaarborgd. Daarnaast wordt bij een CTPA gebruik gemaakt van contrastmiddel. Een hogere dosis contrastmiddel vergroot de kans op het ontwikkelen van nefropathie. Om deze reden is het van belang dat de hoeveelheid contrastmiddel voor de patiënt zo laag mogelijk wordt gehouden.³

Uit wetenschappelijk onderzoek is gebleken dat elektrocardiogram (ECG)-getriggerd scannen mogelijk een betere beeldkwaliteit en een lagere of gelijkblijvende patiëntdosis kan geven ten opzichte van contrast-getriggerd scannen.^{4,5} ECG-getriggerd scannen kan zowel prospectief als retrospectief. Bij prospectieve ECG-triggering wordt gebruik gemaakt van een axiale scanmethode 'step-and-shoot'. Hierbij wordt het hart steeds in één fase gescand, waardoor het hart als ware stil wordt gezet in het beeld en beweging minder zichtbaar is. Daarnaast kan door het herhalend kort scannen de stralingsdosis worden verlaagd met 60 tot 80 procent ten opzichte van het standaard spiraal scannen. Bij de retrospectieve methode wordt in de eerste instantie wel spiraal gescand en wordt de ECG-synchronisatie in de reconstructie toegepast.⁶ In de cardiovasculaire CT-protocollen wordt al regelmatig gebruik gemaakt van ECG-getriggerd scannen om bewegingsartefacten van het hart te verminderen en te scannen met een significant lagere stralingsdosis. Hierbij wordt de beeldkwaliteit behouden of verbeterd. Dit is significant aangetoond in verschillende wetenschappelijk studies.^{6,7} In de pulmonaire CT-protocollen is het echter nog geen gewoonte om ECG-triggering toe te passen in het protocol, maar wordt de beeldkwaliteit soms wel verstoord door beweging van het hart.^{2,3} Onvoldoende onderzoek of onvoldoende voordelen van toepassing van ECG-triggering in het protocol kan hier mogelijk een reden van zijn.

De afdeling radiologie van Treant Zorggroep, locatie Scheper heeft de vraag of ECG-getriggerd scannen voor de vraagstelling 'longembolie' een beter alternatief is op het huidig protocol dat toegepast wordt. De afdeling weet van het bestaan van ECG-getriggerd scannen en wil graag achtergrondonderzoek laten doen met de focus op techniek, stralingsdosis, het contrastgebruik, beeldkwaliteit en de mogelijkheid tot diagnose stellen. Kenmerken van het huidige protocol zijn; het contrast-getriggerd scannen op een 64-slice CT, het gebruik van 100 kilovoltage (kV) en Automatic Exposure Control (AEC) en een gewichtsafhankelijke contrastdosis.

In dit onderzoek wordt, middels een systematische review, ECG-getriggerd CT scannen bij volwassen patiënten met indicatie longembolieën vergeleken met contrast getriggerd scannen. Hierbij wordt gelet op voor- en nadelen qua techniek, stralingsdosis, contrastgebruik, beeldkwaliteit en het diagnosticeren. Het doel van dit onderzoek is het vormen van een advies voor het al dan niet invoeren van een protocol met toepassing van ECG-getriggerd scannen bij de vraagstelling longembolieën op CT voor Treant Zorggroep, locatie Scheper.

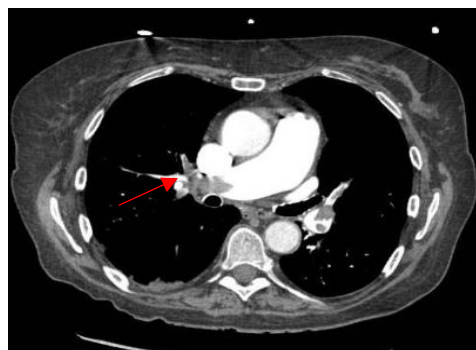
Theoretisch kader

Longembolieën

Longembolieën is een relatief veel voorkomende vraagstelling op de radiodiagnostiek. Wanneer iemand een longembolie heeft, heeft diegene een verstopping in een longarterie of vertakking ervan. De long heeft hierdoor een verminderde bloedtoevoer, waardoor minder zuurstof in het bloed komt en benauwdheid volgt. De meest voorkomende oorzaak is diep veneuze trombose, waarbij één van de trombi losschiet en de longen bereikt.⁸ Ter voorkoming dat een trombus gaat groeien of nieuwe gevormd worden, wordt een patiënt doorgaans behandeld met bloedverdunners.⁹ De meeste patiënten die mogelijk longembolieën hebben, komen vrijwel altijd via de spoedeisende hulp. De klachten die zij kunnen ondervinden zijn; benauwdheidsklachten, pijn op de borst, tachypneu, tachycardie of bradycardie, hoesten en transpireren.¹ Bij deze patiënten zal een bloedonderzoek verricht worden om de D-dimeer te bepalen. Hiermee wordt gekeken naar de stollingswaarden in het bloed. Een verhoogde D-dimeer wijst op een afbraakproces van een trombus in het lichaam. Wat vaak voorkomt bij patiënten verdacht op longembolie.¹⁰ De gouden standaard voor het stellen van een definitieve diagnose is CT.²

Contrasttriggering

Bij het diagnosticeren met CT kan gebruik worden gemaakt van verschillende scanmethoden. Een methode die veel gebruikt wordt voor de vraagstelling 'longembolieën' is contrast getriggerd scannen. Deze scanmethode maakt gebruik van jodiumhoudend contrast dat intraveneus toegediend wordt. Door middel van dit contrast worden de vaten beter afgebeeld ten opzichte van de omliggende structuren. Ook afwijkingen in de vaten zelf, zoals longembolieën, worden beter zichtbaar. De HU (Hounsfield Units) van bloed en trombus liggen zo dicht bij elkaar, dat zonder contrast geen onderscheid gemaakt kan worden. Door het gebruik van contrast neemt de HU van bloed toe en die van de trombus blijft gelijk. Zie figuur 1.



Figuur 1: Axiale coupe van een CTPA. De rode pijl geeft een embolie in de rechter pulmonalis weer.¹¹

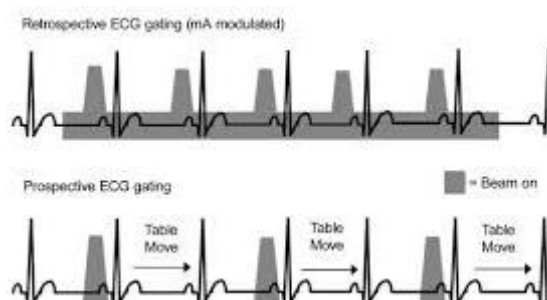
Voor contrasttriggering bestaan verschillende methoden, waaronder het gebruik van een vaste tijdsdelay, het gebruik van een testbolus of bolustracking. Bij het gebruik van een testbolus wordt eerst een kleine hoeveelheid contrastmiddel ingespoten en wordt aan de hand hiervan de delay tijd bepaald. Daarna wordt de rest van het contrastmiddel ingespoten en wordt de scan gestart. Bij bolustracking wordt de gehele hoeveelheid contrastmiddel ingespoten en wordt de scan gestart op het moment dat een vooraf ingestelde drempel in HU bereikt wordt.^{12,13}

ECG-triggering

ECG-triggering is een andere scanmethode die kan worden toegepast op een CT-scan van de thorax regio. Het doel van deze techniek is om bewegingsartefacten veroorzaakt door het hart te onderdrukken. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van het ECG-beeld van het hart, waarin de verschillende fases van het hart weergegeven worden.^{6,7} Bij het afbeelden van de pulmonale vaten kunnen artefacten ontstaan door beweging van het hart. Denk hierbij aan vervaging van de vaatwanden, donkere schaduwen in het contrastrijke bloed, lijn artefacten in de longitudinale richting van de vaten en verdubbeling van vaten, bronchiën en lobaire fissuren. Dit vermindert de beeldkwaliteit en ook de mogelijkheid tot diagnosticeren van de afbeeldingen.^{14,15} Door toepassing van ECG-triggering op het CT-protocol kunnen deze artefacten worden verminderd. De verschillende vormen van ECG-triggering zijn: prospectieve en retrospectieve ECG-triggering.

Bij retrospectieve ECG-triggering wordt gescand met een spiraal scanprotocol. Pas bij de reconstructie wordt de geselecteerde fase van het hart gereconstrueerd, waardoor voor de beweging wordt gecorrigeerd. In het protocol wordt gescand met een zeer kleine pitch, waardoor de beeldkwaliteit zeer goed is. Daarnaast is het hart in alle fasen gescand en is hiervan informatie beschikbaar. Het nadeel van deze toepassing is dat de kleine pitch een verhoging van stralingsdosis met zich mee brengt. Bij retrospectieve ECG-triggering bestaat ook de optie om ECG-getriggerde dosis modulatie toe te passen. Hierbij wordt in een geselecteerde ECG-fase (R-R interval) met volledige dosis gescand en in de overige fasen met verminderde dosis.^{16,17}

In tegenstelling tot het spiraal scanprotocol bij retrospectieve ECG-triggering wordt bij prospectieve ECG-triggering gebruik gemaakt van een axiaal scanprotocol, ook wel 'step-and-shoot' genoemd. Het hart wordt alleen in de geselecteerde ECG-fase (R-R interval) gescand en buiten deze fase komt geen straling vrij. De tafel staat stil tijdens het scannen en beweegt tussen de scanfasen door. Door te scannen met een grotere pitch, ontstaat enige overlap tussen de slices. Het grote voordeel van prospectieve ECG-triggering is dat bewegingsartefacten van het hart worden onderdrukt en de stralingsdosis aanzienlijk wordt verlaagd.^{6, 16,17} Echter is het protocol moeilijk toepasbaar bij een hoger hartritme en is geen informatie beschikbaar over andere fasen van het hart.^{6,18} In figuur 2 zijn de beide vormen van ECG-triggering in een model weergegeven.



Figuur 2: Model van retrospectieve en prospectieve ECG-triggering op CT.¹⁷

Beeldkwaliteit

Beeldkwaliteit is een relatief begrip. Het is gewenst om een zo mooi mogelijke beeldkwaliteit te leveren, maar het gevolg hiervan is dat de patiëntendosis daarmee onverantwoord hoog wordt. Hier

komt het ALARA-principe aan bod. Het streven is een zo laag mogelijke stralingsdosis, waarbij voldoende beeldkwaliteit wordt gewaarborgd.

De beeldkwaliteit van de CT is objectief uit te drukken met behulp van de volgende drie resoluties: spatiële resolutie, contrastresolutie en temporele resolutie. De CT maakt gebruik van verschillende parameters, die allen invloed uitoefenen op deze resoluties. Daarom is het belangrijk dat voorafgaand aan het opstellen van een protocol vastgesteld wordt welke resolutie daarbij het belangrijkste is. Verder kan ook uitspraak gedaan worden over objectieve beeldkwaliteit door een ROI (Region Of Interest) meting te doen in het beeld. De CT geeft de daarbij behorende HU met de standaarddeviatie. Deze geeft een mate van de hoeveelheid ruis in de scan. Beeldkwaliteit wordt vaak uitgedrukt in signaal-ruisverhouding (SNR), waarbij de sterkte van het signaal in verhouding staat tot de hoeveelheid ruis. Ook wordt vaak de contrast-ruisverhouding (CNR) gemeten. Hierbij staat het verschil in signaal tussen twee weefsels in verhouding tot de hoeveelheid ruis. Te veel ruis heeft een negatieve invloed op de contrastresolutie.¹³

Uiteraard heeft de beoordeling van beeldkwaliteit ook een subjectief component. Niet elke beoordelaar zal de beelden even mooi vinden of van voldoende kwaliteit vinden om een diagnose te kunnen stellen. Hier zal een middenweg in gevonden moeten worden om het ALARA-principe te blijven hanteren.

Stralingsdosis

De hoeveelheid stralingsdosis is een belangrijke factor in kwalitatief goede beeldvorming, maar kan ook schade aan weefsel veroorzaken. De stralingsdosis is de hoeveelheid opgenomen stralingsenergie per massa-eenheid en wordt uitgedrukt in joule per kilogram of gray (Gy). Het is van belang om de dosis gegeven aan de patiënt te meten. In wetenschappelijke onderzoeken over CT-protocollen kan dit op verschillende manier worden gedaan. De drie meest voorkomende zijn CT dose index volume (CTDIvol), het dosis-lengte product (DLP) en de effectieve dosis.^{13,19}

Het CTDIvol van een specifiek protocol wordt gemeten in een fantoom met ionisatiekamers en vervolgens gecorrigeerd voor de pitch waarmee wordt gescand. Op deze manier wordt de geabsorbeerde dosis in het fantoom tijdens een bepaald protocol bepaald. Het CTDIvol maal de totale scanlengte is het DLP. Het DLP geeft de totale geabsorbeerde dosis van een scan in mGy.centimeter. De effectieve dosis is het DLP maal de conversiefactor van het gescande lichaamsgebied. Voor elk lichaamsgebied is een andere conversiefactor bepaald. De effectieve dosis wordt uitgedrukt in sievert (Sv) of millisievert (mSv).¹³

Contrastmiddel

In veel CT-protocollen, waaronder ook de CTPA, wordt contrastmiddel gebruikt. Na gebruik van contrastmiddel krijgen bepaalde structuren of organen een afwijkende kleur op het scanbeeld, waardoor deze beter te onderscheiden zijn en diagnoses beter kunnen worden gesteld. Bij gebruik van jodiumhoudend contrastmiddel kunnen lichte tot hevige reacties optreden, zowel dosisafhankelijk als dosisonafhankelijk. Bepaalde patiëntengroepen hebben een verhoogd risico op contrastreacties en complicaties die kunnen optreden bij toediening van contrastmiddel. Daarnaast hebben patiënten met een verslechterde nierfunctie een verhoogd risico op contrast geïnduceerde nefropathie. In de praktijk wordt een patiënt gecontroleerd of deze onder een hoog risicopatiënt valt en worden passende maatregelen genomen. Het gebruik van jodiumhoudend contrastmiddel brengt dus risico's met zich mee.²⁰ Minder contrastmiddel kan worden gebruikt, maar het is belangrijk dat

de kwaliteit van de scan voldoende blijft. Echter verlaagt een kleinere hoeveelheid contrastmiddel de kans op het optreden van dosisafhankelijke reacties en contrast geïnduceerde nefropathie. ²¹

Methode

Onderzoeksdesign

In deze systematische review zijn twee diagnostische methoden voor patiënten met indicatie longembolieën vergeleken. Het betreft ECG-getriggerd CT scannen en contrast getriggerd scannen als toepassing op het CTPA protocol. Deze onafhankelijke variabelen zijn van nominaal meetniveau. In deze retrospectieve observationele studie zijn de voor- en nadelen met betrekking tot beeldkwaliteit, stralingsdosis en contrastgebruik onderzocht. Deze variabelen zijn de afhankelijke variabelen in deze studie. Het meetniveau van beeldkwaliteit is variërend per studie. Stralingsdosis en contrastgebruik zijn van ratio niveau.

Door middel van een transparante zoekstrategie is een dataset opgesteld bestaande uit wetenschappelijke artikelen. De kwaliteit en toepasbaarheid van de artikelen zijn blind beoordeeld door twee beoordelaars. Op deze manier is een advies opgesteld voor het CTPA protocol voor Treant Zorggroep, locatie Scheper.

Dataset

Alle gebruikte wetenschappelijke artikelen zijn gezocht aan de hand van dezelfde zoektermen. De zoektermen zijn: 'ECG-triggered', 'CT', 'Pulmonary embolism' en 'Contrast triggered'. De twee diagnostische methoden hebben ieder een eigen zoekstring om een grotere dataset te krijgen. Bij het opstellen van de zoekstringen is gebruik gemaakt van synoniemen van de zoektermen, MeSH (Medical Subject Headings) termen en booleaanse operatoren ('AND' en 'OR'). De zoekstringen zijn weergegeven in bijlage 1 en 2. De databases waarin zijn gezocht zijn Pubmed, Cochrane Library en Trip Medical Database. Deze databases bestaan uit een grote selectie medisch wetenschappelijke artikelen, waardoor de kans op het optreden van selectiebias wordt verkleind.

Selectiecriteria

Door gebruik te maken van in- en exclusiecriteria wordt het aantal zoekresultaten beperkt en zoveel mogelijk gefilterd op de toepasbaarheid voor dit onderzoek. De criteria zijn weergegeven in tabel 1.

De inclusiecriteria zijn gebaseerd op de uitkomstmaten van het onderzoek. Deze zijn niet in de zoekstringen verwerkt, omdat ze de zoekresultaten aanzienlijk reduceren. Onder exclusiecriteria vallen niet-humane studies. Het advies dat uit dit onderzoek volgt is toepasbaar op een CT-protocol geschikt voor mensen. Door verschil in lichaamsbouw en samenstelling tussen kinderen en volwassenen, worden alleen studies gericht op volwassenen geïnccludeerd. Geen gebruik van contrastvloeistof is ook een exclusie criterium, omdat het gebruik van contrast een uitkomstmaat is. Verder zijn ook artikelen die gepubliceerd zijn voor 2009 geëxcludeerd. Resultaten verouderen snel door de vele ontwikkelingen binnen het CT-vakgebied.

Tabel 1. In- en exclusiecriteria

Inclusiecriteria	Exclusiecriteria
Diagnostisering van longembolieën	Niet-humane studies
Beeldkwaliteit ECG-getriggerd protocol of contrast getriggerd protocol	Studies bij minderjarige patiënten
	Geen gebruik van contrastvloeistof
Stralingsdosis ECG-getriggerd protocol of contrast getriggerd protocol	Studies gepubliceerd voor 2009

Selectieprocedure

De zoekstringen zijn in de basis hetzelfde voor de verschillende databases, maar enigszins aangepast om ze compatibel te maken (zie bijlage 1 en 2). Vervolgens zijn, waar mogelijk, filters toegepast. Op de zoekresultaten in Pubmed zijn de filters 'Human' en '10 years' toegepast. In Cochrane Library is gefilterd op 'vanaf 2009'. In Trip Medical Database is gezocht onder 'Primary research' en 'Systematic reviews'. Hiervoor is gekozen om het grote aantal zoekresultaten in te perken. Systematic reviews en primary research staan relatief hoog in de pyramid of evidence.²²

Vervolgens zijn de resultaten gescreend op titel en abstract. Hierbij is gelet op de in- en exclusiecriteria. In de databases waar geen filter 'human' of tijdsfilter toegepast kon worden, zijn deze criteria gelijktijdig met het screenen van de titel en abstract toegepast. Uit de overgebleven resultaten van de drie databases zijn de duplicaten gefilterd. Aan de hand van vooraf vastgestelde zoekstringen en in- en exclusiecriteria is de selectieprocedure gezamenlijk door de beoordelaars uitgevoerd, waardoor direct consensus werd bereikt. De selectieprocedure is bijgehouden in een logboek.

Beoordeling kwaliteit

De geselecteerde artikelen die voor het onderzoek gebruikt zijn, zijn onafhankelijk door beide beoordelaars beoordeeld op toepasbaarheid, betrouwbaarheid en validiteit om de betrouwbaarheid van het onderzoek te verhogen. Door de beoordeelaars onafhankelijk te laten beoordelen werd de kans op het optreden van observerbias verkleind. De beoordeling is gedaan op basis van full-text aan de hand van een checklist afkomstig van Cochrane Library (zie bijlage 3 en 4).²³ De individuele scores per artikel zijn weergegeven in een grafiek, waaruit de spreiding is af te leiden. De uiteindelijke score van een artikel werd bepaald door het gemiddelde te berekenen van de scores van beide beoordeelaars. Vooraf is gezamenlijk vastgesteld wat de beoordelingscriteria inhouden en wanneer de maximale score aan een item toegekend wordt. De maximale score die behaald kon worden op de toepasbaarheid was 12 en op validiteit en betrouwbaarheid 10. In totaal konden 22 punten behaald worden. Toekenning van in totaal 11 punten werd als voldoende beschouwd. De artikelen zijn gerangschikt op de totale kwaliteitsscore. Hoog scorende artikelen zijn meer relevant en wegen zwaarder mee in de uiteindelijke conclusie van het onderzoek. Artikelen die onvoldoende scoren worden niet geëxcludeerd, maar zullen van minder onderbouwende waarde zijn in dit onderzoek.

Data-analyse

De selectieprocedure is schematisch weergegeven in een flowchart. Een flowchart geeft een overzichtelijke weergave van de onderzoeksresultaten per database. Hiervan is af te leiden hoeveel artikelen zijn geëxcludeerd en waarom.

De geïnccludeerde artikelen zijn samengevat in de vorm van evidence tables. Studies met vergelijkbare methodes zijn weergegeven in één evidence table. Doordat een groot aantal studies wordt geïnccludeerd, resulteerde dit in meerdere evidence tables. Door de uiteenlopende protocollen in de artikelen is gekozen voor het samenstellen van meerdere evidence tables om het vergelijken van de resultaten te vergemakkelijken. Bij het samenvatten van de artikelen in de evidence tables is hoofdzakelijk gelet op de uitkomstmaten beeldkwaliteit, stralingsdosis en contrastgebruik. In een evidence table zijn de auteurs, publicatiejaar, tijdschrift en impactfactor, type onderzoek, doelstelling, onderzoekspopulatie (aantal, leeftijd en indien mogelijk BMI (Body Mass Index) en ECG-waarden), onderzoeksmethode, resultaten, conclusie en kwaliteitsscore vermeld. De kwaliteitsscore is de gemiddelde score van beide beoordelaars.

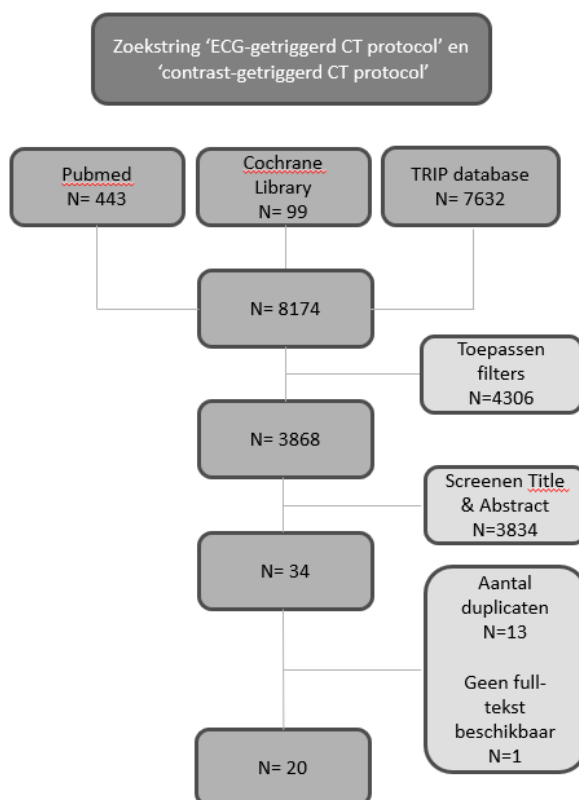
De belangrijkste resultaten van dit onderzoek zijn geanalyseerd en bediscussieerd in een verhalende vorm. De afwegingen die hiervoor gemaakt zijn, zijn op basis van kwaliteit en toepasbaarheid van de artikelen. Hieruit is een conclusie voortgekomen dat antwoord geeft op de onderzoeksvraag. Op basis van dit antwoord zijn twee adviezen opgesteld. Een advies passend bij Treant Zorggroep, locatie Scheper in Emmen en een algemeen geldend advies.

De kwaliteit van dit onderzoek is gewaarborgd door het onafhankelijk beoordelen van de artikelen door de twee beoordelaars. Door het gebruik van meerdere beoordelaars zijn de beoordelingsresultaten minder subjectief. Echter kan de interbeoordelaarsbetrouwbaarheid afdoen aan de kwaliteit van het onderzoek. De interbeoordelaarsbetrouwbaarheid is vastgesteld met behulp van een intraclass correlation coëfficiënt. Deze is uitgevoerd met behulp van het programma SPSS (IBM Corp. Released 2017. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 25.0. Armonk, NY: IBM Corp). Het model dat toegepast is, is Two Way Mixed, vanwege het vaste aantal beoordeelaars. Het type onderzoek dat is uitgevoerd is Consistency. De interesse ging uit naar de samenhang tussen beide beoordeelaars en niet de precieze overeenkomst. De uitkomst hiervan varieert tussen -1 en 1. Bij een uitkomst van 0 of lager is sprake van geen overeenkomst, bij 0.01 tot 0.20 vrijwel geen overeenkomst, 0.21 tot 0.40 matige overeenkomst, 0.41 tot 0.60 middelmatige overeenkomst, 0.61 tot 0.80 substantiële overeenkomst en 0.81 tot 1 een bijna perfecte overeenkomst. Daarnaast volgt uit de test een p-waarde. Een p-waarde lager dan 0.05 wordt gezien als significant.²⁴

Resultaten

Studie selectie

Het zoeken naar artikelen met behulp van de opgestelde zoekstringen leverde 8174 resultaten op. Met name het zoeken in de Trip Medical Database leverde een groot aantal artikelen op. Om dit aantal te reduceren zijn alleen artikelen vallend onder primary research en systematic review geïnccludeerd. Vervolgens zijn alle artikelen gefilterd op recentheid binnen 10 jaar en humane studies. Dit resulteerde in 3868 resultaten, die vervolgens zijn gescreend op de toepasbaarheid van de titel en de samenvatting. 3834 artikelen zijn vervolgens geëxcludeerd, omdat deze niet voldeden aan de vooraf opgestelde in- en exclusiecriteria. Redenen voor exclusie waren onder andere doelstellingen niet vergelijkbaar met de doelstelling van dit onderzoek, minderjarige patiënten en fantoomstudies. Dit proces is uitgevoerd door beide beoordeelaars gezamenlijk. De overgebleven 34 resultaten zijn gescreend op duplicaten en beschikbaarheid van full-text. Binnen zoekstring 1 waren vier duplicaten, binnen zoekstring 2 vijf en één artikel waarvan de full-text niet beschikbaar was. Onder de resultaten van beide zoekstringen waren nog vier duplicaten aanwezig. Uiteindelijk zijn twintig artikelen geïnccludeerd en onafhankelijk beoordeeld op kwaliteit op basis van full-text. Onder de resultaten waren geen reviews aanwezig, waardoor een secundaire zoekstrategie niet toegepast is. De selectieprocedure van beide zoekstringen is gezamenlijk weergegeven in de flowchart in figuur 3. De gedetailleerde flowcharts per zoekstring zijn weergegeven in bijlage 5.

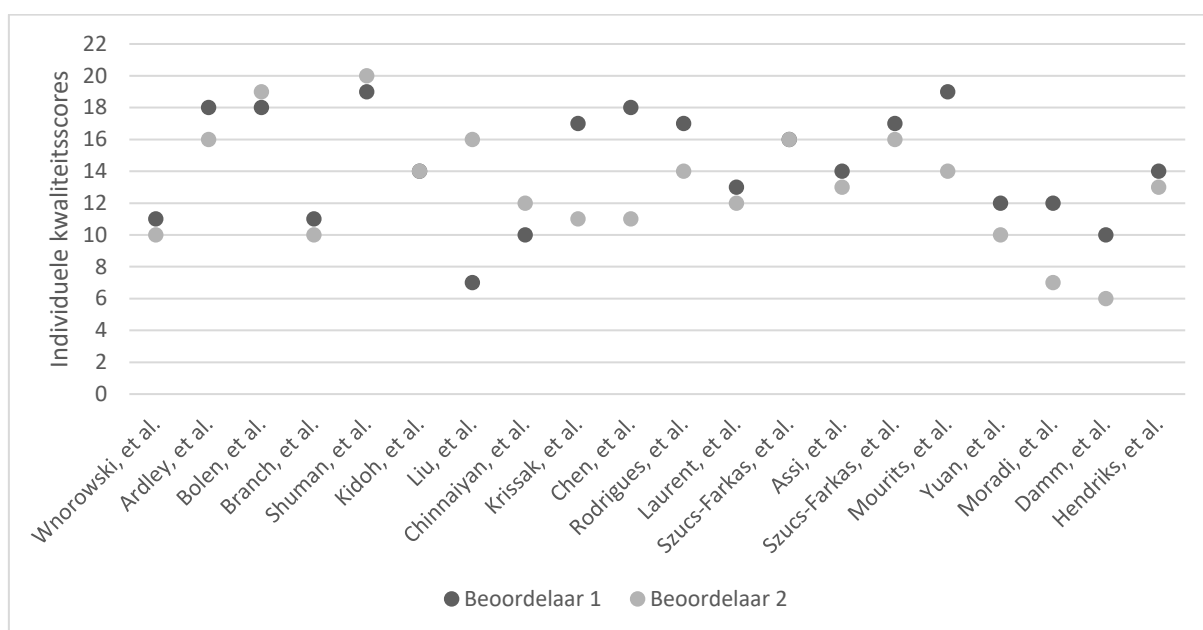


Figuur 3: Flowchart

Kwaliteit van de artikelen

De twintig studies zijn onafhankelijk van elkaar beoordeeld op kwaliteit. De scores zijn weergegeven in figuur 4. De gemiddelde behaalde scores varieerden tussen 8 en 19.5 punten. De drie hoogst beoordeelde artikelen zijn de studies van Bolen, et al., Ardley, et al. en Shuman, et al.^{4,5,14} Vier artikelen hebben onvoldoende gescoord. Dit zijn de studies van Moradi, et al., Wnorowski, et al.,

Branch, et al. en Damm, et al.^{32,37,38,41} De gemiddelde score per studie is te vinden in de evidence tables, onder het kopje 'kwaliteitscore' (zie tabel 2 t/m 6).



Figuur 4: Individuele scores van de beoordelaars per artikel

Kwaliteit van de studie

De interbeoordelaarsbetrouwbaarheid is vastgesteld met behulp van een intraclass correlation coëfficiënt. De correlatiecoëfficiënt bij het vergelijken van de enkele metingen was 0.533. Wat een middelmatige overeenkomst tussen beide beoordeelaars betekent. Deze uitkomst was significant ($p=0.006$).

Evidence tables

De belangrijkste uitkomsten van de artikelen die gebruikt zijn voor dit onderzoek zijn weergegeven in de evidence tables. De evidence tables zijn als volgt genoemd: Contrast getriggerd CTPA (tabel 2), ECG-getriggerd CTPA (tabel 3), Triple rule out (tabel 4), CT coronairen (tabel 5) en Enkel optimalisatie contrastgebruik (tabel 6). Uitgebreide informatie betreffende de onderzoekspecificaties is weergegeven in een karakteristieken tabel (zie bijlage 6).

Beeldkwaliteit en het diagnosticeren

In alle studies waarin ECG-getriggerd CTPA gescand werd, werd een vermindering in bewegingsartefacten waargenomen ten opzichte van het niet ECG-getriggerde protocol.^{4,5,14} Hogere signaalintensiteit in de pulmonaire arterie werd gemeten bij toepassing van prospectieve ECG-triggering.^{4,14} In de studie waarbij retrospectief ECG-getriggerd gescand werd, was de uitkomst dat meer ruis werd gedetecteerd met als gevolg een lagere contrastresolutie ten opzichte van contrast getriggerd scannen.⁵ Kidoh, et al. bevestigt een toename van ruis en een afname van beeldkwaliteit bij toepassing van retrospectief ECG-triggering bij een triple rule out (TRO) protocol.³⁵ In de studies van Chinnaiyan, et al. en Branch, et al., waarin retrospectief en prospectief ECG-getriggerd TRO met elkaar worden vergeleken, worden geen verschillen in beeldkwaliteit en diagnose aangetoond.^{36,38}

Twee CTPA studies en drie andere studies in dit onderzoek, tonen aan dat een verlaging van kV leidt tot verhoging van de attenuatie en vermeerdering van ruis.^{14,27,28,33,34} In twee studies werd geen significant verschil in beeldkwaliteit aangetoond.^{27,28} Met betrekking tot contrastmiddel, zijn twee studies die bij verlaging van de hoeveelheid contrastmiddel en gelijkblijvende parameters toename

van ruis hebben, maar geen significant verschil in beeldkwaliteit.^{29,39} Bij vermindering van de hoeveelheid contrastmiddel en verlaging van het kV is hetzelfde resultaat behaald.²⁷ Het gebruik van een testbolus ten opzichte van bolus-tracking bij contrast-getriggerd CTPA geeft een betere attenuatie, met name in de pulmonaire arteriën. Geen significant verschil in algemene beeldkwaliteit was aangetoond.^{28,32}

Stralingsdosis

Prospectief ECG-getriggerd CTPA resulteert in een significante verlaging in stralingsdosis vergeleken met niet ECG-getriggerd.^{4,14} Een verlaging van kV binnen dit protocol leverde een nog lagere stralingsdosis.¹⁴ Daarnaast resulteert een prospectief ECG-getriggerde scan in een lagere patiëntendosis dan een retrospectief ECG-getriggerde scan.^{36,38} In één studie met retrospectief ECG-getriggerd CTPA werd geen verschil in dosis gemeten.⁵

Verlaging in kV levert een significant lagere patiëntendosis.^{26,28,34} Het gebruik van testbolus ten opzichte van bolus-tracking in het contrastprotocol leverde binnen één studie geen verschil in dosis en bij een andere studie een significante verhoging in dosis.^{28,32}

Contrastgebruik

In twee van de drie studies, waarin ECG-getriggerd CTPA werd vergeleken met standaard CTPA, waren de hoeveelheden contrastmiddel niet significant verschillend.^{4,5} In de studie van Shuman, et al. werd meer contrastmiddel gebruikt voor prospectief ECG-getriggerd CTPA dan standaard CTPA.¹⁴

Verlaging van kV en hoeveelheid contrastmiddel bij contrast-getriggerd CTPA doet niet af aan de beeldkwaliteit.^{25,26,29} De hoeveelheid contrastmiddel afgestemd op het individu leidt tot een significant lager iodine gehalte per kilogram zonder gevolgen voor de beeldkwaliteit.^{30,40}

Tabel 2: Evidence table contrast-getriggerd CTPA

Auteur en publicatiejaar	Tijdschrift en impact factor	Type onderzoek	Doelstelling	Onderzoekspopulatie ^a	Onderzoeksmethode	Resultaten	Conclusie	Kwaliteits score ^b
Mourits, et al. (2016) ²⁵	Clinical Radiology 2.282	RCT	Het evalueren van de IQ na reductie in kV en CM bij CTPA.	n=40 ≥18 jaar ≥60 eGFR	N=20 standaard protocol (1) 100 ml CM, d.m.v. BT bij 120 HU threshold. N=20 aangepast protocol (2) TB van 10 ml CM, vervolgens gescand met 40 ml CM. 2 radiologen beoordeelden beelden a.d.h.v. 3 puntsschaal. Obj. beoordeeld a.d.h.v. ruis, PA, CNR en SNR.	Door uitval n=33. N=16 kreeg protocol 1 en n=17 protocol 2. Geen sign. verschil baseline, karakteristieken en E. N=3 groep 1 PE. N=1 groep 2 PE.	Lage buis voltage (80 kV) CTPA met gebruik van 50 ml CM is niet inferieur t.o.v. CTPA met 120 kV en 100 ml CM.	16.5
Szucs-Farkas, et al. (2014) ²⁶	Investigative Radiology 6.224	Prosp. RCT	Het testen van de diagnostische waarde van low-dose CTPA met top voltage van 80 kV met zowel verminderde dosis en contrastdosis.	n=501 <100 kg	N=501 random verdeeld over 2 groepen. De normal-dose CTPA: 100 kV en 100 ml CM, n=255. De low-dose CTPA: 80 kV en 75 ml CM, n=246. Aantonen van PE m.b.v. CTPA en accuraatheid van CTPA. Resultaten beoordeeld met 95% coïncidentie interval.	N=20 van n=501 was diagnose nietszeggend. Diagnose correct n=240 en incorrect n=5 in normal-dose groep. CTPA was correct n=230 en incorrect n=6 in low-dose groep (p=0.77). Sens. 96.9% en 100% en spec. 98.1% en 97.1% in normal-dose en low-dose groepen. Dosis schatting 30% lager bij 80 kV (4.8±1.0 mGy) vergeleken met 100 kV (6.8±1.2 mGy; p<0.001).	Accuraatheid low-dose CTPA met 80 kV met 30% verminderde dosisreductie en 25% CM verlaging niet sign. verschillend met normal-dose CTPA op 100 kV bij detecteren van acute PE bij patiënten met gewicht lager dan 100 kg.	16.5
Szucs-Farkas, et al. (2014) ²⁷	European Society of Radiology 4.027	Prosp. RCT	Min. gewicht bepalen beneden de 100 kg waarbij CTPA met verminderde stralingsdosis en CM een sign. verminderde kwaliteit en diagnosticeerbaarheid toont vergeleken met standaard CTPA.	n = 501 <100 kg ≥18 jaar	Groep A: 100 kV en 100 mAs, groep B: 80 kV en 150 mAs. Groep A: 100 ml CM, 4 ml/s. Groep B: 75 ml CM, 3 ml/s. Beide gevolgd door 20 ml NaCl. M.b.v. BT, gestart bij 100 HU in de PA. De CNR en attenuatie berekend in de PA. Beelden beoordeeld door 2 radiologen a.d.h.v. 5 puntsschaal. SSDE berekend. Data vergeleken tussen normal dose en low-dose groepen in 5 BW subgroepen.	Vaat attenuatie verschilde niet tussen de normal-dose en low-dose groepen binnen de BW subgroepen (p=1.0). De CNR hoger bij normal-dose vergeleken met low-dose (p<0.006), behalve de 90-99 kg subgroep (p=0.812). Subjectieve IQ en diagnosticeerbaarheid verschilden niet tussen de protocollen in de subgroepen (p tussen 0.960 en 1.0).	Subj. IQ en diagnosticeerbaarheid met 80 kV CTPA was niet verschillend van het normal-dose protocol in alle BW groepen t/m 100 kg.	16

Rodrigues, et al. (2012) ²⁸	Clinical Radiology 2.282	Retros analyse	Het onderzoeken van de effecten van een TB op de IQ bij CTPA.	n=100 Subgroep n=10 (non-obese)	N=50 CTPA TB 120 kV vergeleken met n=50 CTPA standaard BT 120 kV, kijkende naar attenuatie, SNR en CNR in PA. Extra groep n=10 gescand met TB CTPA 100 kV.	TB protocol sign. hogere attenuatie, SNR en CNR in pulmonair vaten (p<0.0001). Geen sign. verschil in E. Subgroep 100 kV sign. verminderde E vergeleken met beide 120 kV (p<0.005). Gemiddelde PA attenuatie sign. beter dan BT groep en vergelijkbaar met TB cohort.	100 kV CTPA TB, vergeleken met 120 kV, verminderd de dosis sign. zonder af te doen aan PA attenuatie in niet-obese patiënten.	15.5
Assi, et al. (2017) ²⁹	Polish Journal of Medical Physics and Engineering 0.233	RCT	Het vergelijken van obj. IQ data bij PE patiënten tussen een conventioneel CTPA protocol t.o.v. een nieuw protocol uitgevoerd met geoptimaliseerde stralingsdosis en minder contrastdosis.	n=64 Groep A n=32 19-89 jaar Groep B n=32 28-86 jaar	N=64 random verdeeld groep A en B. Groep A 35-40 ml CM en groep B 70-80 ml. Andere scanparameters bleven gelijk. Pulmonair vaatenhancement en ruis gekwantificeerd. SNR en CNR berekend. Subjectieve vaatcontrast, in consensus, beoordeeld door twee radiologen.	N=14 met PE. Geen sign. verschil in grootte en locatie van embolieën. Gemiddelde ruis was 14 HU in groep A en 19 HU in groep B. Verschil niet sign. (p=0.09). De SNR en CNR iets hoger in groep B (24.4 en 22.5) vergeleken met groep A (19.4 en 16.4), deze niet sign. (p=0.71 en p=0.35).	Beide groepen die geëvalueerd zijn op het CTPA protocol hebben gelijke IQ, met optimize care dose bij beide groepen en contrastdosis met 50% verminderd in het nieuwe protocol vergeleken met het conventionele protocol.	13.5
Hendriks, et al. (2015) ³⁰	British Institute of Radiology 2.050	Prosp. analyse	Het evalueren van individueel aangepast contrast protocol t.o.v. een standaard contrastprotocol.	n=100 ≥18 jaar Groep 1 64±15 26±5 Groep 2 63±16 25±5	Groep 1 (n=50) bolus van 90 ml, 6 ml/s. Groep 2 (n=50) bolus aangepast aan gewicht. Groep verdeeld in subgroepen voor analyse, op laaggewicht en zwaargewicht. Technische IQ beoordeeld door radioloog a.d.h.v. Likert schaal t.h.v. de TP en PA. Obj. beoordeling gedaan door meten van HU.	Alle onderzoeken beoordeeld als diagnosticeerbaar. Min. individuele attenuatie 184 en 270 HU voor groep 1 en 2. Gemiddelde attenuatie was: Groep 1: 475±105 HU (40-75 kg) en 402±115 HU (76-117 kg), p<0.03. Groep 2: 424±76 HU (40-75 kg) en 418±100 HU (76-117 kg), p=0.8. Voor groep 2, CM was: 55±5 ml (40-75 kg) en 66±5 ml (76-117 kg), wat leidt tot 16-51% contrast reductie.	Onder spoed condities, kunnen individuele contrastmiddelprotocollen diagnostisch en IQ leveren bij een CTPA voor PE, met een substantiële reductie van CM, vergeleken met een standaard contrastprotocol.	13.5
Yuan, et al. (2011) ³¹	Radiology 7.469	Prosp. RCT	Vergelijken van kwantitatieve en subjectieve IQ en stralingsdosis tussen standaard CTPA en	n=94 Groep 1 63.7±11.5 25.6±5.4 Groep 2	N=94 random verdeeld over 2 groepen. Groep 1 n=46 die dual-energy CTPA ondergingen, groep 2 bevatte 48 patiënten voor de standaard CTPA. Alle patiënten 20	Vergeleken met standaard CTPA, dual-energy CTPA hogere SI in alle pulmonaire vaten (p<0.01), minder ruis in enkel segmentale arteriën (p<0.05), hogere SNR en CNR (p<0.05) en vergelijkbare effectieve	Dual-energy CTPA met beeldreconstructie op 50 kV biedt sign. afname in CM met toename in intravasculaire SI, behoud	11.0

			CTPA met dual-energy techniek met verminderd CM.	61.2±16.2 26.2±6.6	ml timing bolus. Bij dual-source contrast 1:1 met NaCl toegediend. Beoordeling a.d.h.v. SNR en CNR in pulmonaal vaten. Subj. blind beoordeeld door 2 radiologen m.b.v. 5 puntsschaal.	dosis (p>0.05). De 5-puntsschaal hoger in standaard CTPA protocol (p<0.05).	van SNR en vergelijkbare dosis.	
Moradi, et al. (2016) ³²	Advanced Biomedical Research (Medknow)	RCT	De kwalitatieve index en enhancement rate van CTPA in patiënten met vraagstelling PE met gebruik van TB en BT technieken.	n=52 Groep 1 n=26 51±16.4 70.4±14.7 kg Groep 2 n=26 58±18.3 74.8±12.3	N=52 random in 2 groepen. In groep TB en groep BT. TB groep 20 ml CM 4 ml/s en de CTA's 100 ml CM en 4 ml/s. Obj. beoordeeld a.d.h.v. HU metingen in pulmonaal vaten en longloben.	Diagnostische waarden verkregen in meerderheid deelnemers (88.5% in TB vs. 73.1% in BT). Geen sign. verschillen in kwantitatieve variabelen tussen beide groepen (p>0.05). Enige sign. verschil was gemiddelde stralingsdosis.	Geen sign. verschil tussen BT en TB technieken voor het verkrijgen van homogene enhancement.	9.5

a.d.h.v. (aan de hand van), bpm (slagen per minuut), BT (bolus-tracking), BW (gewicht), CM (contrastmiddel), CNR (contrast-ruis verhouding), CTPA (computer tomografie pulmonaire arterie), d.m.v. (door middel van), E (dosis), ECG (elektrocardiogram), eGFR (glomerulaire filtratiesnelheid), HU (Hounsfield Unit), IQ (beeldkwaliteit), kg (kilogram), kV (kilovolt), m.b.v. (met behulp van), min. (minimale), ml (milliliter), obj. (objectief), mGy (milli-gray), PA (pulmonaire arterie), PE (longembolie), prosp. (prospectief), RCT (randomized controlled trial), retros. (retrospectief), sens. (sensitiviteit), SI (signaalintensiteit), sign. (significant), SNR (signaal-ruis verhouding), spec. (specificiteit), SSDE (size-specific dose estimate), subj. (subjectief), t.h.v. (ter hoogte van), t.o.v. (ten opzichte van), t/m (tot en met), TB (test bolus), TP (truncus pulmonalis).

^a Aantal, leeftijd (in jaren), indien mogelijk BMI en ECG-waarde

^b Beoordeeld aan de hand van de Cochrane checklist (zie bijlage 3 en 4).

Tabel 3: Evidence table ECG-getriggerd CTPA

Auteur en publicatiejaar	Tijdschrift en impact factor	Type onderzoek	Doelstelling	Onderzoekspopulatie ^a	Onderzoeksmethode	Resultaten	Conclusie	Kwaliteits score ^b
Shuman, et al. (2011) ¹⁴	European Journal of Radiology 2.843	Prosp. CCT	Vergelijken ECG-getriggerd CTPA met helical niet-getriggerd CTPA voor cardiale bewegingsartefacten en patiëntendosis.	Groep 1 n=20 45±14 Groep 2 n=20 44±14 Groep 3 n=14 50±18 <85 bpm	N=20 prosp. ECG-getriggerd CTPA. Parameters en resultaten vergeleken met n=20 niet-getriggerd helical CTPA. 3 radiologen beoordeelden op PA, en cardiale- bewegingsartefacten. Ruis en HU in PA gemeten.	Prosp. ECG-getriggerd CTPA resulteert in sign. verlaagde bewegingsgerelateerde artefact scores in long naast het hart. Gemeten ruis niet sign. verschillend. E was 28% lager bij ECG-getriggerd CTPA (p=0.02).	Vergeleken met routine helical niet-getriggerd CTPA, resulteert prosp. ECG-getriggerd CTPA in minder cardiale bewegingsartefacten in omliggend longweefsel en	19.5

				<40 kg/m ²	Patiëntendosis vergeleken. 14 klinische prosp. ECG-getriggerd CTPA onderzoeken vergeleken.		sign. minder patiëntendosis.	
Bolen, et al. (2013) ⁴	American Journal of Roentgenology 3.125	Prosp. RCT	High-pitch ECG-getriggerd CTPA vergelijken met standaard CTPA m.b.t. dosis en IQ bij patiënten met vermoeden op PE.	n=55 56±14 <125 kg	Patiënten met vermoeden PE random ingedeeld bij high-pitch ECG-getriggerd CTPA of standaard CTPA. Twee onafhankelijke cardiothoracale radiologen beoordelen de scans.	High-pitch ECG-getriggerd CTPA betere SI (p<0.001) in PA. IQ: verbetering in cardiovasculaire structuren (p<0.001), vermindering beweging centrale PA(p<0.001) en toename in PA afbeelding (p<0.001). IQ longen hoger bij standaard CTPA (p<0.001). Dosis lager bij high-pitch ECG getriggerd CTPA (p<0.001).	High-pitch ECG-getriggerd CTPA hogere PA SI, verminderde beweging centrale PA, en verbeterde beoordeling cardiovasculaire structuren met dezelfde contrastdosis en lagere stralingsdosis vergeleken met standaard CTPA.	18.5
Ardley, et al. (2014) ⁵	Journal of Medical Imaging and Radiation Oncology 1.478	Retros. CCT	Evalueren van effecten van ECG-triggering bij CTPA op beeldkwaliteit.	N=52 67.7±13.3 80.32±19.98 bpm	Retros. ECG-getriggerd gescand, waaruit ECG-getriggerd scans en non-ECG-getriggerd scans gereconstrueerd worden.	ECG-gereconstrueerde beelden IQ beter, m.b.t. vaten (p<0.05) beweging (p<0.05), de longen slechts in de linker onder zone (p<0.05). IQ beter m.b.t. ruis (p<0.05) en contrast resolutie (p<0.05) in niet-ECG reconstructies. (DLP 309±188.3, 5.25 mSv).	De 2 reconstructie methoden bieden beide gelijke bijdrage aan evalueren van CTPA resultaten.	17

A.d.h.v. (aan de hand van), BT (bolus-tracking), CCT (case controlled trial), CTPA (computer tomografie pulmonaire arterie), DLP (dosislengteproduct), E (dosis), ECG (elektrocardiogram), HU (Hounsfield Unit), IQ (beeldkwaliteit), kg (kilogram), kg/m³ (kilogram per kubieke meter), kV (kilovolt), m.b.t. (met betrekking tot), mSv (millisievert), PA (pulmonaire arterie), PE (longembolie), prosp. (prospectief), RCT (randomized controlled trial), restros. (retrospectief), SI (signaalintensiteit), Sign. (significant)

^a Aantal, leeftijd (in jaren), indien mogelijk BMI en ECG-waarde

^b Beoordeeld aan de hand van de Cochrane checklist (zie bijlage 3 en 4).

Tabel 4: Evidence table TRO-protocol

Auteur en publicatiejaar	Tijdschrift en impact factor	Type onderz oek	Doelstelling	Onderzoekspo pulatie ^a	Onderzoeksmethode	Resultaten	Conclusie	Kwaliteits score ^b
Chen, et al. (2015) ³³	International Journal of	RCT	Evalueren afbeeldingscapaciteit	Groep A: n=60, 65.7±12.2	N=108, 2 groepen. Groep A: dual-source CT FLASH 100 kV, 74 ml CM	Scantijd A korter dan B (0.7±0.1 s vs. 7.7±1.7 s). Dosis A neemt af (2.7±0.7 vs.	FLASH dual-source CT minder stralingsdosis en	14.5

	Clinical and Experimental Medicine 0.833		FLASH dual-source CT low-dose + laag CM thoracale aorta, pulmonaire vaten en coronaire arteriën.	59.0±6.9 bpm Groep B: n=48 62.5±11.1 68.2±5.8 bpm	met DSA. Groep B: retros. ECG-triggered high-pitch helical, 120 kV, 101 ml CM. Meerdere reconstructies toegepast. IQ + DW geëvalueerd. CAS groep A vergeleken met DSA.	21.6±6.0 mSv) IQ van aorta en pulmonaire vaten gelijk. De coronaire arterie groep A betere kwaliteit. Coronaire stenose groep A niet verschillend met DSA (p>0.05).	contrastdosis t.b.v. TRO onderzoek goede IQ en duidelijke visualisatie van vaten.	
Krissak, et al. (2010) ³⁴	European Journal of Radiology 2.843	RCT	Dosisreductie van low kV TRO-CTA bij niet-obese patiënten met acute pijn op de borst.	n=60 62±16 ≤25 kg/m ²	N=60, 2 retros. ECG-getriggerd TRO-CTA protocollen. N=30, 120 kV. N=30, 100 kV. Subj. IQ: Twee radiologen a.d.h.v. 5-puntsschaal. Obj. IQ: SNR, CNR. E berekend.	Geen sign. verschil IQ. Vaat attenuatie hoger groep 2. (PA p=0.03) Geen sign. verschil SNR, CNR. E 100 kV sign. lager (p<0.0001).	TRO-CTA 100 kV uitvoerbaar bij niet-obese patiënten, goede diagnostische IQ en sign. verlaagde patiëntendosis.	14
Kidoh, et al. (2014) ³⁵	Acta Radiologica 1.823	RCT	Uitvoerbaarheid verlaging contrast en stralingsdosis TRO-CTA met non-ECG-getriggerd low kV serie van de thorax.	n=60 37-87 37.5-92.7 kg	N=30 nieuw protocol; coronaire scan retros. ECG-gating + non-ECG-getriggerd thorax CTA 80 kV voor beoordeling aortaboog en TP. N=30 conventioneel 120 kV met retros. ECG-gating. Bepaling E, CM, CNR.	E, CM nieuwe protocol sign. lager (p<0.01). De CNR aorta ascendens hoger nieuwe protocol (p<0.01). Geen sign. verschil attenuatie aortaboog en TP (p>0.05).	Nieuwe TRO-CTA protocol verlaagt totale stralings- en contrastdosis, levert voldoende vasculaire kwaliteit vergeleken met conventioneel protocol.	14
Chinnaiyan, et al. (2014) ³⁶	Journal of Cardiovascular Computed Tomography 3.095	observatie studie	Vergaren van stralingsdosis met huidige scanners vergeleken met voorgaande generatie scanners, voor evalueren van CAD, PE, AD en TRO.	n=2532 57±15.5 29.5±6.7	Stralingsdosis a.d.h.v. volume CT dose index en DLP. IQ werd geanalyseerd m.b.v. 5 puntsschaal door 3 artsen. Kwantificatie ruis d.m.v. SD van HU.	N=2085 in 9 verschillende locaties; 1051 CAD, 528 PE, 419 AD, en 87 TRO. Sign.reductie in DLP tussen controle groep en studie groep van 61% (p<0.0001). Geen sign. verschillen in IQ.	Gebruik geavanceerde scanners voor prospectief getriggerd of high-pitch helical modes resulteren in dosisreductie in verschillende cardiovasculaire studies, zonder af te doen aan IQ.	11
Wnorowski, et al. (2016) ³⁷	American Journal of Roentgenology 3.125	Retros. CCT	Diagnostische waarde TRO CT bij patiënten met acute pijn op de borst.	n=1196 21-91 <65 bpm	TRO CT (2006-2015) gereviewed. Beoordeeld door 3 cardiothoracale radiologen.	N=222 met coronaire of non-coronaire diagnose die pijn kon verklaren. 28 met PE. 120 kV: E 18±5.6 mSv. 100 kV + ATM 8.75±2.64 mSv.	Bij 8.9% van patiënten zijn d.m.v. TRO CT significante non-coronaire afwijkingen gediagnosticeerd incl. pathologische bevindingen die niet geïdentificeerd zouden worden op een CTA coronairen.	10.5

Branch, et al. (2013) ³⁸	PLOS ONE 2.766	Prosp. cohort studie	Diagnostische precisie en 1-jarige prognose van gehele thorax, 'multiple rule out' CT voor CAD bij spoedpatiënten.	n=102 ± 54 jaar ±28.0 kg/m ²	N=102 met laag tot gemiddeld risico op ACS, PR en/of AAS. Oktober 2006 - april 2007: retros. ECG-getriggerd. Daarna werd met voorkeur prospectief gescand. CT beelden blind beoordeeld door radiologen, in consensus, a.d.h.v. 4 puntsschaal.	N=7 met diagnose ACS. Sens. voor obstructieve CAD in ACS 100%, NVW 100%, spec. 88% en PVW 39%. PE en AAS zijn niet gediagnosticeerd. 70 ml CM, gevolgd door 50 ml (70% CM en 30% NaCl) en 50 ml NaCl. (5 ml/s).	Gehele thorax CT heeft hoge sens. + NVW voor ACS met excellente 1-jaar prognose bij patiënten met obstructieve CAD. De frequentie van PE of AAS en de hoge stralingsdosis zouden gelimiteerd moeten worden.	10.5
-------------------------------------	----------------	----------------------	--	---	---	---	---	------

a.d.h.v. (aan de hand van), AAS (acuut aorta syndroom), ACS (acuut coronair syndroom), AD (arteriële afwijking), bpm (slagen per minuut), CAD (coronair arteriële afwijking), CAS (coronaire arterie stenose), CCT (case controlled trial), CM (contrastmiddel), CNR (contrast-ruisverhouding), CT (computer tomografie), d.m.v. (door middel van), DLP (dosis lengte product), DSA (digitale subtractie angiografie), DW (diagnostische waarde), E (effectieve dosis), ECG (elektrocardiogram), HU (hounsfieldunit), incl. (inclusief), IQ (beeldkwaliteit), kV (kilovoltage), m (meter), ml (milliliter), mSv (millisievert), NVW (negatief voorspellende waarde), obj. (objectief), PA (pulmonaire arterie), PE (pulmonaire embolie), prosp. (prospectief), PVW (positief voorspellende waarde), RCT (randomized controlled trial), retros. (retrospectief), s (seconde), SD (standaarddeviatie), sens. (sensitiviteit), sign. (significant), SNR (signaal-ruisverhouding), spec. (specificiteit, subj. (subjectief), t.b.v. (ten behoeve van), TP (truncus pulmonalis), TRO (triple rule out), TRO-CTA (triple rule out computertomografie angiografie),

^a Aantal, leeftijd (in jaren), indien mogelijk BMI en ECG-waarde

Tabel 5: Evidence table coronaire CTA

Auteur en publicatiejaar	Tijdschrift en impact factor	Type onderz oek	Doelstelling	Onderzoekspo pulatie ^a	Onderzoeksmethode	Resultaten	Conclusie	Kwaliteits score ^b
Liu, et al. (2013) ³⁹	The International Journal of Cardiovascular Imaging 2.036	RCT	Individueel optimaliseren contrastprotocol voor high-pitch prosp. ECG-triggering bij coronaire CTA, a.d.h.v. gewicht.	n=90 55±11 ≤30 kg/m ² ≤65 bpm	N=90 random over 3 contrastprotocollen (30 per groep). A: 0.7 ml/kg. B: 0.6 ml/kg. C: 0.5 ml/kg. CT-waarden gemeten in SVC, PA, AA, LA, LV, LM en RCA. IQ werd bepaald a.d.h.v. 4 puntsschaal.	CT-waarden niet sign. verschillend voor AA (p=0.735), LM (p=0.764) en RCA (p=0.991). De CT-waarden sign. verschillend voor SVC, PA, LA en LV (p<0.05). Gemiddelde IQ was 1.6±0.1, 1.6±0.1 en 1.6±0.1. (p=0.217). CM was 47±8, 44±8 en 36±6 ml (p<0.001). E: 0.88±0.04, 0.87±0.06 en 0.85±0.07.	Contrastdosis verlaging naar 0.5 ml/kg bij high-pitch coronaire CTA met gelijke diagnostische beeldkwaliteit en ~50% contrastdosis reductie vergeleken met het standaard contrastprotocol met TB techniek.	11.5

a.d.h.v. (aan de hand van), AA (aorta ascendens), bpm (slagen per minuut), CM (contrastmiddel), CT (computertomografie), CTA (computertomografie angiografie), E (effectieve dosis), ECG (elektrocardiogram), IQ (beeldkwaliteit), kg (kilogram), LA (linker atrium), LM (linker hoofd arterie), LV (linker ventrikel), m (meter), ml (milliliter), PA (pulmonaire arterie), prosp. (prospectief), RCA (rechter coronaire arterie), RCT (randomized controlled trial), SVC (vena cava superior), TB (test bolus)

^a Aantal, leeftijd (in jaren), indien mogelijk BMI en ECG-waarde

^b Beoordeeld aan de hand van de Cochrane checklist (zie bijlage 3 en 4).

Tabel 6: Evidence table enkel optimaliseren van contrast

Auteur en publicatiejaar	Tijdschrift en impactfactor	Type onderzoek	Doelstelling	Onderzoekspopulatie ^a	Onderzoeksmethode	Resultaten	Conclusie	Kwaliteits score ^b
Laurent, et al. (2017) ⁴⁰	Medicine 2.028	Retros. chart review	Vergelijken van individuele contrastprotocollen, of WB protocollen, met standaard bij CTA vraagstelling PE.	Standaard n=50 61.66±14.32 Individueel n=50 60.46±16.87	IQ beoordeeld door 3 radiologen, op kwaliteit en kwantiteit.	Vasculaire enhancement en IQ vergelijkbaar. Individuele protocollen significant minder CM (15%) bij gelijke IQ en bewegingsartefacten beperkingen (p=0.039).	Individuele contrastprotocollen vergelijkbare vasculaire enhancement en IQ vergeleken met standaard protocol.	12.5
Damm, et al. (2016) ⁴¹	Polish Journal of Radiology 0.680	Retros. analyse	Potentiële verbetering in vasculaire enhancement in de TP na aanpassing van standaard protocol.	n=143 67.0±15.3	N=143 over 2 groepen. BT werd in TP geplaatst (n=70) of in AA (n=73).	ROI in de aorta ascendens behaalde sign. hogere CE in de TP met gemiddelde toename van 63 HU (p<0.001).	Verlate acquisitie d.m.v. bolus triggering in AA kan CE in TP verbeteren voor diagnosticeren van PE. Het scan protocol kan gelijktijdig aorta pathologie uitsluiten.	8

AA (aorta ascendens), BT (bolus-tracking), CE (contrast enhancement), CM (contrastmiddel), CTA (computertomografie angiografie), d.m.v. (door middel van), HU (Hounsfieldunit), IQ (beeldkwaliteit), PE (pulmonaire embolie), Retros. (retrospectief), TP (truncus pulmonalis), WB (gewicht gebaseerd).

^a Aantal, leeftijd (in jaren), indien mogelijk BMI en ECG-waarde

^b Beoordeeld aan de hand van de Cochrane checklist (zie bijlage 3 en 4).

Discussie

In dit onderzoek worden de voor- en nadelen met betrekking tot techniek, beeldkwaliteit en het diagnosticeren, stralingsdosis en contrastgebruik onderzocht voor ECG-getriggerd CT scannen ten opzichte van contrast getriggerd scannen bij vraagstelling longembolieën. Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt dat het toepassen van ECG-triggering bij CTPA, ten opzichte van standaard CTPA, leidt tot significante vermindering van bewegingsartefacten.^{4,5,14} Daarnaast wordt een significante verlaging van stralingsdosis behaald bij toepassing van prospectief ECG-triggering.^{4,14} Bij toepassing van retrospectief ECG-triggering is de stralingsdosis gelijkblijvend ten opzichte van niet ECG-getriggerd.⁵ Echter blijft de hoeveelheid contrastmiddel bij beide ECG-technieken gelijk of neemt deze toe.^{4,5,15}

In twee studies waarin prospectief ECG-getriggerde CTPA wordt toegepast, wordt enige verbetering in beeldkwaliteit waargenomen.^{4,14} In een andere studie, waarbij retrospectief ECG-getriggerde CTPA wordt toegepast, is juist een vermindering van beeldkwaliteit geconstateerd.⁵ In deze studie worden echter alle patiënten met retrospectieve ECG-triggering gescand, waaruit vervolgens twee verschillende reconstructies zijn gemaakt. Dit is in tegenstelling tot de beide prospectief getriggerde CTPA studies, waar zowel een getriggerde als een niet getriggerde scan wordt uitgevoerd. Kidoh, et al. bevestigt een afname van beeldkwaliteit bij toepassing van retrospectief ECG-triggering bij een triple rule out (TRO) protocol.³⁵ Dit was echter in vergelijking met een retrospectief ECG-getriggerd coronair protocol in combinatie met een laag kV niet-getriggerde CT thorax. Tussen retrospectief en prospectief ECG-getriggerd TRO worden in twee studies geen verschillen in beeldkwaliteit en diagnose aangetoond.^{36,38}

Volgens Rodrigues, et al. heeft het gebruik van test-bolus ten opzichte van bolustracking betere attenuatie, SNR en CNR in de pulmonaire vaten en geen verschil in effectieve dosis.²⁸ In tegenstelling tot deze resultaten wordt volgens Moradi, et al. geen verschil aangetoond en levert testbolus een significant hogere stralingsdosis. Echter is dit artikel met een onvoldoende kwaliteitsscore beoordeeld.³² Weinig verschillen in scanprotocol of contrastprotocol tussen deze studies kunnen worden gevonden. Kwaliteit van de studie, leeftijd van de studie of verschil in type scanner zou een mogelijke verklaring kunnen zijn voor de optredende verschillen.

Vijf studies tonen aan dat een verlaging van kV leidt tot verhoging van de attenuatie en vermeerdering van ruis.^{14,27,28,33,34} In vier van de vijf studies wordt het kV verlaagd van 120 naar 100 kV.^{14,28,33,34} In de studie van Szucs-Farkas, et al. vindt verlaging van 100 naar 80 kV plaats.²⁶ Deze resultaten worden ondersteund door de theorie in de studie van Aschoff, et al. waar een verlaging van kV zorgt voor een substantiële toename in ruis en toename in absorptie van iodine in contrastmateriaal, wat leidt tot een verhoogde attenuatie.⁴²

Bij verlaging van de hoeveelheid contrastmiddel wordt een toename van ruis gemeten, maar geen significant verschil in beeldkwaliteit.^{27,29,39} Door het verlagen van de buisspanning neemt de attenuatie van iodine in het contrastmiddel af. Dit wordt veroorzaakt door de afname van het compton-effect en een groter foto-elektrisch effect wanneer de fotonenergie de k-edge van iodine benadert (33.2 keV). Als gevolg hiervan resulteert de lage buisspanning in een groter contrast

enhancement, waardoor met minder contrastmiddel gescand kan worden met behoud van beeldkwaliteit.⁴³

Een opvallend resultaat is dat prospectieve ECG-triggering een dosis verlagend effect heeft bij CTPA.^{4,14} Daarnaast resulteert een prospectief ECG-getriggerde scan in een lagere patiëntendosis dan een retrospectief ECG-getriggerde scan.^{36,38} Een ander dosis verlagend effect wordt behaald bij verlaging van kV in CTPA.^{26,28} Dit wordt ondersteund door de resultaten van Krissak, et al. waar kV verlaging voor het TRO protocol wordt onderzocht.³⁴ Echter was deze studie beperkt tot niet-obese patiënten. In de studies van Kidoh, et al. en Chen, et al. wordt dit ook bevestigd, maar worden parameters aangepast die hier invloed op kunnen uitoefenen.^{33,35}

Hoewel in twee studies gelijke hoeveelheden contrastmiddel worden gebruikt bij ECG-getriggerd CTPA, gebruikt Shuman, et al. een hogere hoeveelheid contrastmiddel bij prospectief ECG-getriggerd CTPA.^{4,5,14} Deze toename in hoeveelheid contrastmiddel bij prospectief ECG-getriggerd scannen kan verklaard worden aan de hand van de axiale scanmethode, waarmee prospectief ECG-getriggerd scannen wordt uitgevoerd. Door axiaal te scannen neemt de scantijd toe, waardoor een langere contrastbolus gegeven moet worden om gedurende de scantijd contrastaankleuring van de pulmonaal vaten te behouden. Echter wordt dit door maar één artikel aangetoond. Individuele en gewichtsafhankelijke contrastprotocollen resulteren in een lagere hoeveelheid contrastmiddel ten opzichte van standaard contrastprotocollen met vaste hoeveelheden contrastmiddel.^{30,40}

Onderzoeken enigszins toepasbaar bij dit onderzoek zijn de reviews geschreven door Albrecht, et al. en Marten, et al.^{44,45} In de review van Marten, et al. wordt onderzoek gedaan naar het toepassen van ECG-triggering in multidetector CT scannen bij thoracale afwijkingen. Voor het afbeelden van pulmonaire vaten rondom het hart zou het toepassen van prospectieve ECG-triggering geschikt zijn om bewegingsartefacten te verminderen. Desondanks alleen bij patiënten zonder tachycardie. De review van Sun, et al. bevestigt dat prospectief ECG-triggering alleen optimaal toepasbaar is bij een lage hartslag.⁴⁶ Ook in dit onderzoek hebben twee studies een hogere hartslag als exclusiecriteria voor prospectief ECG-getriggerd scannen, waardoor deze uitkomsten niet generaliseerbaar zijn.^{14,39} Retrospectief ECG-triggering bij acute longembolie wordt gezien als beschikbaar en veilig met goede resultaten wat betreft attenuatie. Echter wordt deze techniek niet aanbevolen voor routinematig gebruik, vanwege de verhoging in stralingsdosis, tijd en technische expertise. In deze review wordt wel duidelijk aangegeven dat data in literatuur schaars is en meer onderzoek moet worden gedaan om betrouwbare uitspraken te kunnen doen over het toepassen van ECG-triggering. Daarnaast komt de review uit 2005 en kunnen resultaten zijn verouderd.⁴⁵

In de studie van Albrecht, et al. worden de huidige ontwikkelen en de geschiktheid van CTPA bediscussieerd en samengevat. Vergelijkbare resultaten zijn het toekomstig belang van het verlagen van kV en contrastdosis. Evenals de resultaten van deze review levert scannen met een laag kV een reductie in dosis en contrastmiddel op bij gelijkblijvende beeldkwaliteit en diagnostische nauwkeurigheid.⁴⁴ Verlaging van kV bij patiënten met een BMI hoger dan 30 wordt afgeraden in deze review, vanwege de grote toename in ruis. Een hoog BMI bij laag kV scannen was ook een exclusiecriteria in vier studies gebruikt in deze review.^{14,26,27,34} Het gebruik van een automatisch buisspanning selectie systeem wordt aanbevolen om een balans in dosisreductie en behoud van beeldkwaliteit te vinden. Optimale bolustiming is van belang voor goede arteriële opacificatie, maar geen voorkeur wordt gegeven voor een testbolus of bolus tracking protocol. Net zoals in deze review is patiënt specifiek contrast voordelig voor de contrastdosis en de visualisatie van de pulmonale

vaten. Echter wordt het volgens Albrecht, et al. gezien als complex binnen een klinische setting. Daarnaast zou het toepassen van iteratieve reconstructie techniek zorgen voor reductie van ruis en artefacten, waardoor met een lagere stralingsdosis zou kunnen gescand.⁴⁴ Desondanks wordt deze techniek in de studies binnen deze review nauwelijks toegepast.^{5,37}

Naast verlaging in buisspanning en contrastdosis kan het scannen met dual-energy en/of dual-source CT voordelen opleveren voor CTPA. Dual-energy maakt verlaging in contrastdosis mogelijk bij gelijkblijvende stralingsdosis.⁴⁴ Deze uitkomst wordt ook aangetoond in de studie van Mourits, et al. en Yuan, et al. waar reconstructie van laag kV, met verlaging in contrastdosis, niet afdeed aan beeldkwaliteit ten opzichte van standaard CTPA.^{25,31} Het scannen met dual-source CT maakt scannen met een hoge pitch mogelijk. Dit zou een verlaging aan stralingsdosis en contrastdosis, verhoging in beeldkwaliteit door betere temporele resolutie en verkorting van scantijd met zich mee brengen.⁴⁴ Volgens Farshad-Amacker, et al. levert high-pitch dual source scannen ook een significante vermindering van cardiale bewegingsartefacten.⁴⁷

Sterktes en limitaties

Voor deze systematische review zijn twintig studies en de uitkomsten ervan met elkaar vergeleken, om zo een aanbeveling te vormen. Voor het zoeken naar deze studies zijn verschillende zoekstringen opgesteld. De zoekstringen zijn niet door een externe partij beoordeeld, wat eventueel de zoekuitkomsten limiteert. Wel is de workshop Informatievaardigheden, aangeboden door de Hanze Mediatheek, gevolgd waar het opstellen van kwalitatief goede zoekstringen is behandeld. De zoekstringen zijn toegepast op drie databases. Door gebruik te maken van meerdere databases wordt een groter bereik gecreëerd waarin literatuur gezocht kan worden en wordt de selectiebias verkleind. In één van de databases is gekozen om in de secties 'primary research' en 'systematic reviews' te zoeken, om op die manier het grote aantal resultaten in te perken. Door deze keuze zijn een groot aantal resultaten afgevallen, waardoor compatibele resultaten voor het onderzoek kunnen zijn gemist. Daarentegen staan primary research en systematic reviews hoog in de pyramid of evidence, wat de kwaliteit van de gevonden artikelen omhoog brengt. Artikelen gepubliceerd voor 2009 zijn geëxcludeerd, waardoor ook mogelijk bruikbare artikelen verloren zijn gegaan. Echter wordt op deze manier voorkomen dat verouderde en achterhaalde protocollen en scantechnieken betrokken worden bij dit onderzoek. De studies zijn door de beide beoordelaars gezamenlijk gezocht, zodat consensus over de te includeren studies direct kon worden bereikt. Echter kan op deze manier ook weer literatuur zijn gemist. Een observer-bias wordt gecreëerd, doordat de geïnccludeerde studies niet allen een randomized controlled trial zijn of geblindeerd uitgevoerd worden. De observer-bias van dit onderzoek wordt anderzijds verkleind, doordat de twintig geselecteerde studies onafhankelijk beoordeeld zijn op validiteit, betrouwbaarheid en toepasbaarheid. De interbeoordelaarsbetrouwbaarheid is vastgesteld met behulp van een intraclass correlation coëfficiënt. De uitkomst hiervan is dat middelmatige overeenstemming is bereikt. De uitkomst is significant ($p=0.006$).

Het includeren van een groot aantal studies resulteert in een grote onderzoekspopulatie, wat de generaliseerbaarheid van dit onderzoek vergroot. Daarnaast worden vele verschillende in- en exclusiecriteria toegepast binnen een specifieke studie, wat de onderzoekspopulatie divers maakt. Verder onderzoeken de studies uiteenlopende CT protocollen. Uit vooronderzoek bleek dat zoeken specifiek gericht op CTPA te weinig studies voor dit onderzoek zou opleveren. Om deze redenen zijn ook andere CT protocollen gericht op het diagnosticeren van longembolieën geïnccludeerd, waaronder TRO-protocollen. Volgens Albrecht, et al. heeft TRO een hoge diagnostische

nauwkeurigheid voor het diagnosticeren van longembolieën. Meta-analyses zijn, door deze uiteenlopende protocollen en hoge heterogeniteit binnen dit onderzoek, niet mogelijk. Hierdoor wordt het moeilijker om vergelijkingen te maken en een algemene conclusie te trekken. Om deze confounder zoveel mogelijk in te perken, zijn van tevoren in- en exclusiecriteria opgesteld voor de studies die in aanmerking komen voor dit onderzoek. Om de resultaten van de literatuur enigszins overzichtelijk te maken, zijn meerdere evidence tables opgesteld waarin studies met overeenkomende protocollen geclusterd worden. Verder zijn de belangrijkste variabelen van de geïnccludeerde studies, verwerkt in een karakteristiekentabel.

In de resultaten zijn uiteindelijk drie studies gevonden waarbij daadwerkelijk ECG-triggering voor een CTPA protocol werd onderzocht. Deze onderzoeken zijn beoordeeld met hoge kwaliteitsscores. Desondanks maakt dit de bewijslast voor de uitspraak over het toepassen van ECG-triggering op het CTPA protocol klein. Ook is sprake van uiteenlopende studies gebruikt in deze review. Om deze redenen kunnen geen wel onderbouwde uitspraken worden gedaan voor de praktijk en is de klinische relevantie van dit onderzoek matig.

In vergelijkbaar onderzoek konden geen harde uitspraken over toepassing van ECG-triggering bij CTPA worden gedaan door gebrek aan literatuur, wat ook het geval is in deze review. Om deze reden is de wetenschappelijke relevantie van deze studie matig. Geen vernieuwende uitkomsten zijn in deze review gevonden. Desondanks is deze review de eerste, voor zover bekende, review specifiek gericht op het toepassen van ECG-triggering op CTPA.

Aanbevelingen en conclusie

Met behulp van de uitkomsten van dit onderzoek worden twee adviezen opgesteld. Het algemeen geldend advies voor de praktijk is het volgende:

Uit dit onderzoek blijkt dat ECG-triggering toepasbaar is op het CTPA protocol, wanneer apparatuur compatibel hiervoor is. Bij voorkeur het toepassen van prospectieve ECG-triggering. Dit wordt aangetoond door drie studies die zijn beoordeeld met hoge kwaliteitsscores. Echter, voor een betrouwbare uitspraak is meer onderzoek nodig. Bij herziening van het CTPA protocol zou het verlagen van het kV en de hoeveelheid contrastmiddel kunnen worden overwogen om de stralingsdosis te verlagen en de beeldkwaliteit te behouden.

Voor Treant Zorggroep, afdeling Scheper in Emmen is een specifiek advies opgesteld passend bij het type CT scan en protocol gebruikt. Dit advies luidt: ECG-triggering zou een goede aanpassing kunnen zijn op het CTPA protocol. Weinig nadelen over deze techniek zijn in dit onderzoek aangetoond. Echter zijn de genoemde voor- en nadelen gebaseerd op een klein aantal toepasbare studies. Meer praktijkgericht onderzoek is nodig op patiënten dan wel een fantoom, voor een wel onderbouwde uitspraak.

Kijkende naar het protocol van Emmen en de resultaten van dit onderzoek met betrekking tot het contrast getriggerd scannen van CTPA, wordt geadviseerd het huidige protocol te behouden. Het protocol voldoet aan de resultaten van de geïnccludeerde studies. Door gebruik te maken van een laag kV en gewichtsafhankelijke contrastdosis wordt aan de dosisbesparende overwegingen uit dit onderzoek voldaan.

Conclusie

In dit onderzoek zijn de voor- en nadelen van ECG-getriggerd scannen ten opzichte van contrast getriggerd scannen bij de vraagstelling longembolie onderzocht, gelet op de techniek, stralingsdosis, contrastgebruik, beeldkwaliteit en het diagnosticeren. ECG-triggering heeft een positief effect op het verminderen van cardiale bewegingsartefacten en het behouden van de beeldkwaliteit. De stralingsdosis wordt verlaagd bij prospectieve ECG-triggering of gelijk gehouden en het contrastgebruik blijft gelijk of wordt enigszins verhoogd.

Op basis van deze resultaten zijn twee adviezen opgesteld, één algemeen geldend voor de praktijk en één voor Treant zorggroep, afdeling Scheper in Emmen. Deze adviezen zijn gebaseerd op een klein aantal heterogene studies. De resultaten van dit onderzoek zijn hierdoor uiteenlopend. Om een wel onderbouwd advies te kunnen geven zal eerst meer praktijkgericht onderzoek naar ECG-triggering bij CTPA uitgevoerd moeten worden.

Bronnenlijst

1. Longembolie.info. 2014. Beschikbaar via: <http://www.longembolie.info/> . Geraadpleegd: 2019-01-25
2. Bruin S de, Langevelde K van, Huisman MV, Cannegieter SC. Verdenking longembolie: CT-rendement hangt af van patiëntkenmerken en verwijzer. Nederlands Tijdschrift van Geneeskunde. 2012; 156: A4201.
3. Laqmani A, Kurfurst M, Butscheidt S, et al. CT pulmonary angiography at reduced radiation exposure and contrast material volume using iterative model reconstruction and iDose4 technique in comparison to FBP. PLoS One. 2016; 11(9): e0162429. Doi: 10.1371/journal.pone.0162429
4. Bolen MA, Renapurkar RD, Popovic ZB, et al. High-pitch ECG-synchronized pulmonary CT angiography versus standard CT pulmonary angiography: A prospective randomized study. AJR Am J Roentgenol. 2013; 201(5): 971-976. Doi:10.2214/AJR.13.10597 [Doi].
5. Ardley ND, Lau KK, Buchan K, Paul E, Troupis JM. Effects of electrocardiogram gating on CT pulmonary angiography image quality. J Med Imaging Radiat Oncol. 2014; 58(3): 303-311. Doi: 10.1111/1754-9485.12147
6. Hausleiter J, Meyer TS, Martuscelli E, et al. Image quality and radiation exposure with prospectively ECG-triggered axial scanning for coronary CT angiography: The multicentre, multivendor, randomized PROTECTION-III study. JACC Cardiovasc Imaging. 2012; 5(5): 484-493. Doi: 10.1016/j.jcmg.2011.12.017
7. Qin J, Liu LY, Fang Y, et al. 320-detector CT coronary angiography with prospective and retrospective electrocardiogram gating in a single heartbeat: Comparison of image quality and radiation dose. Br J Radiol. 2012; 85(1015): 945-951. Doi: 10.1259/bjr/29901700
8. Trombose en longembolie. Hartstichting. Beschikbaar via: https://www.hartstichting.nl/hart-en-vaatziekten/trombose-en-longembolie?gclid=EAIaIQobChMIhf-FuYug4QIV1IbVCh2PBQ3yEAAYASAAEgLyZfD_BwE. Geraadpleegd 2019-03-25.
9. Behandeling van een longembolie. Longfonds. Beschikbaar via: <https://www.longfonds.nl/longembolie/behandeling-longembolie>. Geraadpleegd 2019-03-25.
10. Symptomen van een longembolie. Longfonds. Beschikbaar via: <https://www.longfonds.nl/longembolie/symptomen-longembolie>. Geraadpleegd 2019-03-25.
11. Carroll D, D'Souza D, et al. Pulmonary embolism. [Afbeelding]. Radiopaedia. Beschikbaar via: https://radiopaedia.org/cases/13211/studies/13224?lang=us&referrer=%2Farticles%2Fpulmonary-embolism%3Flang%3Dus%23image_list_item_807534. Geraadpleegd 2019-03-25.
12. Vonken E, Rutten A, CT angiography. Clinical.netforum.healthcare.philips.com. 2009. Beschikbaar via: <http://clinical.netforum.healthcare.philips.com/global/Explore/Abstracts/CT/CT-angiography> Geraadpleegd 2019-03-21.
13. Hakkert M, Tempelman G, Dam T, Dol-Jansen J, Geers-van Gemeren S. (2010). Computertomografie Techniek, onderzoek en stralingshygiëne. Amsterdam. Reed Business.
14. Shuman WP, Leipsic JA, Busey JM, et al. Prospectively ECG gated CT pulmonary angiography versus helical ungated CT pulmonary angiography: Impact on cardiac related motion artifacts and patient radiation dose. Eur J Radiol. 2012; 81(9): 2444-2449. Doi: 10.1016/j.ejrad.2011.06.017.

15. Marten K, Engelke C, Funke M, Obenauer S, Baum F, Grabbe E. ECG-gated multislice spiral CT for diagnosis of acute pulmonary embolism. *Clin Radiol*. 2003; 58(11): 862-868. Doi: S0009926003003489 [pii].
16. Earls JP, Berman EL, Urban BA, et al. Prospectively gated transverse coronary CT angiography versus retrospectively gated helical technique: Improved image quality and reduced radiation dose. *Radiology*. 2008; 246(3): 742-753. Doi: 10.1148/radiol.2463070989.
17. Shuman WP, Branch KR, May JM, et al. Prospective versus retrospective ECG gating for 64-detector CT of the coronary arteries: Comparison of image quality and patient radiation dose. *Radiology*. 2008; 248(2): 431-437. Doi: 10.1148/radiol.2482072192.
18. Sun Z. Multislice CT angiography in cardiac imaging: Prospective ECG-gating or retrospective ECG-gating? *Biomed Imaging Interv J*. 2010; 6(1): e4. Doi: 10.2349/bij.6.1.e4.
19. Ru V de, Scheurleer J, Welleweerd J. (2006). *Radiobiologie en stralingsbescherming* (5^e ed.). Amsterdam: Reed Business.
20. Kingma HJ, Geenen RWF, Algra PR, Tegelaers F, Bax WA, Doodeman HJ, Ploeg T van de, Haelst IMM van. Effect van een protocol op incidentie van contrastmiddel geïnduceerde nefropathie bij CT-scans van poliklinische patiënten. *Wetenschappelijk Platform* 2010;4(7|8)
21. Contrast materials. *RadiologyInfo.org* 2018; 2018. Beschikbaar via: <https://www.radiologyinfo.org/en/pdf/safety-contrast.pdf>. Geraadpleegd 2019-03-21.
22. Evidence-Based Practice Research: Levels of Evidence Pyramid. *Walden University Library* 2018. Beschikbaar via: <https://academicguides.waldenu.edu/healthvidence/evidencepyramid>. Geraadpleegd 2019-04-03.
23. Scholten RJPM, Offringa M, Assendelft WJJ. Inleiding in evidence-based medicine. *Cochrane.org*. 2018. https://netherlands.cochrane.org/sites/netherlands.cochrane.org/files/public/uploads/4.2_d_iagnostische_test_checklist.pdf. Geraadpleegd 2019-02-26.
24. McHugh ML. (2012). Interrater reliability: the kappa statistic. *Biochemia medica*, 22(3), 276–282.
25. Mourits MM, Nijhof WH, van Leuken MH, Jager GJ, Rutten MJ. Reducing contrast medium volume and tube voltage in CT angiography of the pulmonary artery. *Clin Radiol*. 2016;71(6):615.e13. Doi: 10.1016/j.crad.2016.03.005
26. Szucs-Farkas Z, Christe A, Megyeri B, et al. Diagnostic accuracy of computed tomography pulmonary angiography with reduced radiation and contrast material dose: A prospective randomized clinical trial. *Invest Radiol*. 2014;49(4):201-208. Doi: 10.1097/RLI.0000000000000016
27. Szucs-Farkas Z, Megyeri B, Christe A, Vock P, Heverhagen JT, Schindera ST. Prospective randomised comparison of diagnostic confidence and image quality with normal-dose and low-dose CT pulmonary angiography at various body weights. *Eur Radiol*. 2014;24(8):1868-1877. Doi: 10.1007/s00330-014-3208-8
28. Rodrigues JC, Mathias H, Negus IS, Manghat NE, Hamilton MC. Intravenous contrast medium administration at 128 multidetector row CT pulmonary angiography: Bolus tracking versus test bolus and the implications for diagnostic quality and effective dose. *Clin Radiol*. 2012;67(11):1053-1060. Doi: 10.1016/j.crad.2012.02.010
29. Assi, A., & Abu Arra, A. Optimization of image quality in pulmonary CT angiography with low dose of contrast material, *Polish Journal of Medical Physics and Engineering*. 2017; 23(2), 43-46. Doi: <https://doi.org/10.1515/pjmpe-2017-0008>

30. Hendriks BM, Kok M, Muhl C, Bekkers SC, Wildberger JE, Das M. Individually tailored contrast enhancement in CT pulmonary angiography. *Br J Radiol.* 2016;89(1061):20150850. Doi: 10.1259/bjr.20150850
31. Yuan R, Shuman WP, Earls JP, et al. Reduced iodine load at CT pulmonary angiography with dual-energy monochromatic imaging: Comparison with standard CT pulmonary angiography - a prospective randomized trial. *Radiology.* 2012;262(1):290-297. Doi: 10.1148/radiol.11110648
32. Moradi M, Khalili B. Qualitative indices and enhancement rate of CT pulmonary angiography in patients with suspected pulmonary embolism: Comparison between test bolus and bolus-tracking methods. *Adv Biomed Res.* 2016;5:9175.184309. eCollection 2016. Doi: 10.4103/2277-9175.184309
33. Chen HL, Chen TW, Qiu LH, Diao XM, Zhang C, Chen L. Application of flash dual-source CT at low radiation dose and low contrast medium dose in triple-rule-out (tro) examination. *Int J Clin Exp Med.* 2015;8(11):21898-21905.
34. Krissak R, Henzler T, Prechel A, et al. Triple-rule-out dual-source CT angiography of patients with acute chest pain: Dose reduction potential of 100 kV scanning. *Eur J Radiol.* 2012;81(12):3691-3696. Doi: 10.1016/j.ejrad.2010.11.021
35. Kidoh M, Nakaura T, Nakamura S, et al. Contrast material and radiation dose reduction strategy for triple-rule-out cardiac CT angiography: Feasibility study of non-ECG-gated low kVp scan of the whole chest following coronary CT angiography. *Acta Radiol.* 2014;55(10):1186-1196. Doi: 10.1177/0284185113514886
36. Chinnaiyan KM, Bilolikar AN, Walsh E, et al. CT dose reduction using prospectively triggered or fast-pitch spiral technique employed in cardiothoracic imaging (the CT dose study). *J Cardiovasc Comput Tomogr.* 2014;8(3):205-214. Doi: 10.1016/j.jcct.2014.04.001
37. Wnorowski AM, Halpern EJ. Diagnostic yield of triple-rule-out CT in an emergency setting. *AJR Am J Roentgenol.* 2016;207(2):295-301. Doi: 10.2214/AJR.15.15717
38. Branch KR, Strote J, Shuman WP, et al. Diagnostic accuracy and clinical outcomes of ECG-gated, whole chest CT in the emergency department. *PLoS One.* 2013;8(4):e61121. Doi: 10.1371/journal.pone.0061121
39. Liu J, Gao J, Wu R, Zhang Y, Hu L, Hou P. Optimizing contrast medium injection protocol individually with body weight for high-pitch prospective ECG-triggering coronary CT angiography. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2013;29(5):1115-1120. Doi: 10.1007/s10554-012-0170-x
40. Laurent L, Zamfirova I, Sulo S, Baral P. Weight-based contrast administration in the computerized tomography evaluation of acute pulmonary embolism: Challenges in optimizing imaging quality. *Medicine (Baltimore).* 2017;96(5):e5972. Doi: 10.1097/MD.0000000000005972
41. Damm R, Mohnike K, Gazis A, et al. Improvement of contrast media enhancement in CTA evaluating pulmonary embolism by utilizing 'delayed' bolus tracking in the descending aorta. *Pol J Radiol.* 2016;81:422-427. Doi: 10.12659/PJR.897456
42. Aschoff AJ, Catalano C, Kirchin MA, Krix M, Albrecht T. Low radiation dose in computed tomography: the role of iodine. *Br J Radiol.* 2017;90(1076):20170079. Doi:10.1259/bjr.20170079
43. De Cecco CN, Schoepf UJ. New contrast injection strategies for low kV and keV imaging. *Appl Radiol.* 2018;47(1):7-11.

44. Albrecht MH, Bickford MW, Nance JW, Jr., Zhang L, De Cecco CN, Wichmann JL, Vogl TJ, Schoepf UJ. State-of-the-Art Pulmonary CT Angiography for Acute Pulmonary Embolism. *American Journal of Roentgenology* 2017 208(3):495-504
45. Marten K, Funke M, Rummeny EJ, Engelke C. Electrocardiographic assistance in multidetector CT of thoracic disorders. *Clinical Radiology* 2005;60(1):8-21. Doi:10.1016/j.crad.2004.03.025
46. Sun Z. Coronary CT angiography with prospective ECG-triggering: an effective alternative to invasive coronary angiography. *Cardiovasc Diagn Ther.* 2012;2(1):28–37. Doi:10.3978/j.issn.2223-3652.2012.02.04
47. Farshad-Amacker NA, Alkadhi H, Leschka S, Frauenfelder T. Effect of High-Pitch Dual-Source CT to Compensate Motion Artifacts: A Phantom Study. *Academic Radiology* 2013; 20(10):1234-1239. DOI: 10.1016/j.acra.2013.07.003.

Bijlage 1 Zoekstring 1

Pubmed

Zoekstring opgebouwd met behulp van ‘advanced search’ – builder

(((((ECG-triggered[Title/Abstract] OR ECG-gated[Title/Abstract] OR ECG-synchronized[Title/Abstract] OR “Electrocardiogram Triggered”[Title/Abstract] OR “Electrocardiogram Gated”[Title/Abstract] OR “Electrocardiogram Synchronized”[Title/Abstract] OR “Triggered, Electrocardiogram”[Title/Abstract] OR “Gated, Electrocardiogram”[Title/Abstract] OR “Synchronized, Electrocardiogram”[Title/Abstract] OR “Electrocardiograph Triggered”[Title/Abstract] OR “Triggered, Electrocardiograph”[Title/Abstract])) OR Cardiac-Gated Imaging Techniques[MeSH Terms]) AND (CT[Title/Abstract] OR “Computed Tomography”[Title/Abstract])) AND (“Pulmonary Embolism”[Title/Abstract] OR “Pulmonary Embolisms”[Title/Abstract] OR “Lung Embolism”[Title/Abstract] OR “Lung Embolisms”[Title/Abstract] OR “Pulmonary Angiography”[Title/Abstract] OR “Embolism, Pulmonary”[Title/Abstract] OR “Embolisms, Pulmonary”[Title/Abstract] OR “Embolism, Lung”[Title/Abstract] OR “Embolisms, Lung”[Title/Abstract] OR “Angiography, Pulmonary”[Title/Abstract]))

Cochrane Library

Zoekstring: (ECG-triggered OR ECG-gated OR ECG-synchronized OR “Electrocardiogram Triggered” OR “Electrocardiogram Gated” OR “Electrocardiogram Synchronized” OR “Triggered, Electrocardiogram” OR “Gated, Electrocardiogram” OR “Synchronized, Electrocardiogram” OR “Electrocardiograph Triggered” OR “Triggered, Electrocardiograph”) AND (CT OR “Computed Tomography”) AND (“Pulmonary Embolism” OR “Pulmonary Embolisms” OR “Lung Embolism” OR “Lung Embolisms” OR “Pulmonary Angiography” OR “Embolism, Pulmonary” OR “Embolisms, Pulmonary” OR “Embolism, Lung” OR “Embolisms, Lung” OR “Angiography, Pulmonary”) in Title Abstract Keyword - (Word variations have been searched)

Trip Medical Database

(ECG-triggered OR ECG-gated OR ECG-synchronized OR “Electrocardiogram Triggered” OR “Electrocardiogram Gated” OR “Electrocardiogram Synchronized” OR “Triggered, Electrocardiogram” OR “Gated, Electrocardiogram” OR “Synchronized, Electrocardiogram” OR “Electrocardiograph Triggered” OR “Triggered, Electrocardiograph”) AND (CT OR “Computed Tomography”) AND (“Pulmonary Embolism” OR “Pulmonary Embolisms” OR “Lung Embolism” OR “Lung Embolisms” OR “Pulmonary Angiography” OR “Embolism, Pulmonary” OR “Embolisms, Pulmonary” OR “Embolism, Lung” OR “Embolisms, Lung” OR “Angiography, Pulmonary”)

Bijlage 2 Zoekstring 2

Pubmed

Zoekstring opgebouwd met behulp van ‘advanced search’ – builder

((contrast enhanced OR contrast triggered or enhanced, contrast OR triggered, contrast OR bolus tracking OR tracking, bolus OR bolus triggering OR triggering, bolus)) AND (CT[Title/Abstract] OR "Computed Tomography"[Title/Abstract])) AND ("Pulmonary Embolism"[Title/Abstract] OR "Pulmonary Embolisms"[Title/Abstract] OR "Lung Embolism"[Title/Abstract] OR "Lung Embolisms"[Title/Abstract] OR "Pulmonary Angiography"[Title/Abstract] OR "Embolism, Pulmonary"[Title/Abstract] OR "Embolisms, Pulmonary"[Title/Abstract] OR "Embolism, Lung"[Title/Abstract] OR "Embolisms, Lung"[Title/Abstract] OR "Angiography, Pulmonary"[Title/Abstract])

Cochrane Library

("Contrast Enhanced" OR "Contrast Triggered" OR "Enhanced, Contrast" OR "Triggered, Contrast" OR "bolus tracking" OR "tracking, bolus" OR "bolus triggering" OR "triggering, bolus") AND (CT OR "Computed Tomography") AND ("Pulmonary Embolism" OR "Pulmonary Embolisms" OR "Lung Embolism" OR "Lung Embolisms" OR "Pulmonary Angiography" OR "Embolism, Pulmonary" OR "Embolisms, Pulmonary" OR "Embolism, Lung" OR "Embolisms, Lung" OR "Angiography, Pulmonary")

Trip Medical Database

('Contrast Enhanced' OR 'Contrast Triggered' OR 'Enhanced, Contrast' OR 'Triggered, Contrast' OR 'bolus tracking' OR 'tracking, bolus' OR 'bolus triggering' OR 'triggering, bolus') AND (CT OR 'Computed Tomography') AND ('Pulmonary Embolism' OR 'Pulmonary Embolisms' OR 'Lung Embolism' OR 'Lung Embolisms' OR 'Pulmonary Angiography' OR 'Embolism, Pulmonary' OR 'Embolisms, Pulmonary' OR 'Embolism, Lung' OR 'Embolisms, Lung' OR 'Angiography, Pulmonary')

Bijlage 3 Checklist voor toepasbaarheid

Toepasbaarheid	Commentaar	Score (0/1/2)
1. Overeenkomst van de patiënten in het onderzoek met de eigen patiënt(en)		
2. Doel en toepasbaarheid van de diagnostische test		
3. Toepasbaarheid van de referentiestandaard		
4. Toepassing bij een individuele patiënt		
5. Beïnvloeding van uw handelwijze door de verkregen achterafkants		
6. Belasting door de test		

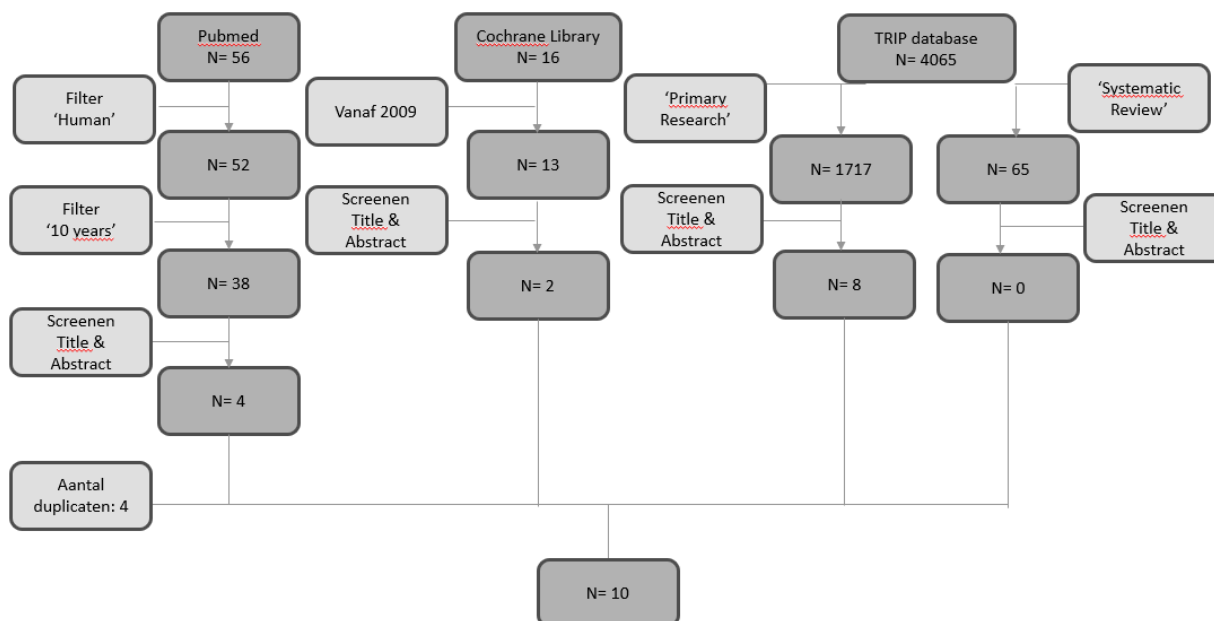
Aan de hand van de checklist afkomstig van Cochrane wordt een artikel beoordeeld op toepasbaarheid.⁸ Wanneer een artikel onvoldoende op een criteria scoort, worden 0 punten toegekend. Bij voldoende wordt 1 punt toegekend en bij goed 2 punten. Hierdoor worden de artikelen in een rangorde geplaatst van artikel met slechtste toepasbaarheid tot het artikel met de beste toepasbaarheid.

Bijlage 4 Checklist voor betrouwbaarheid/validiteit

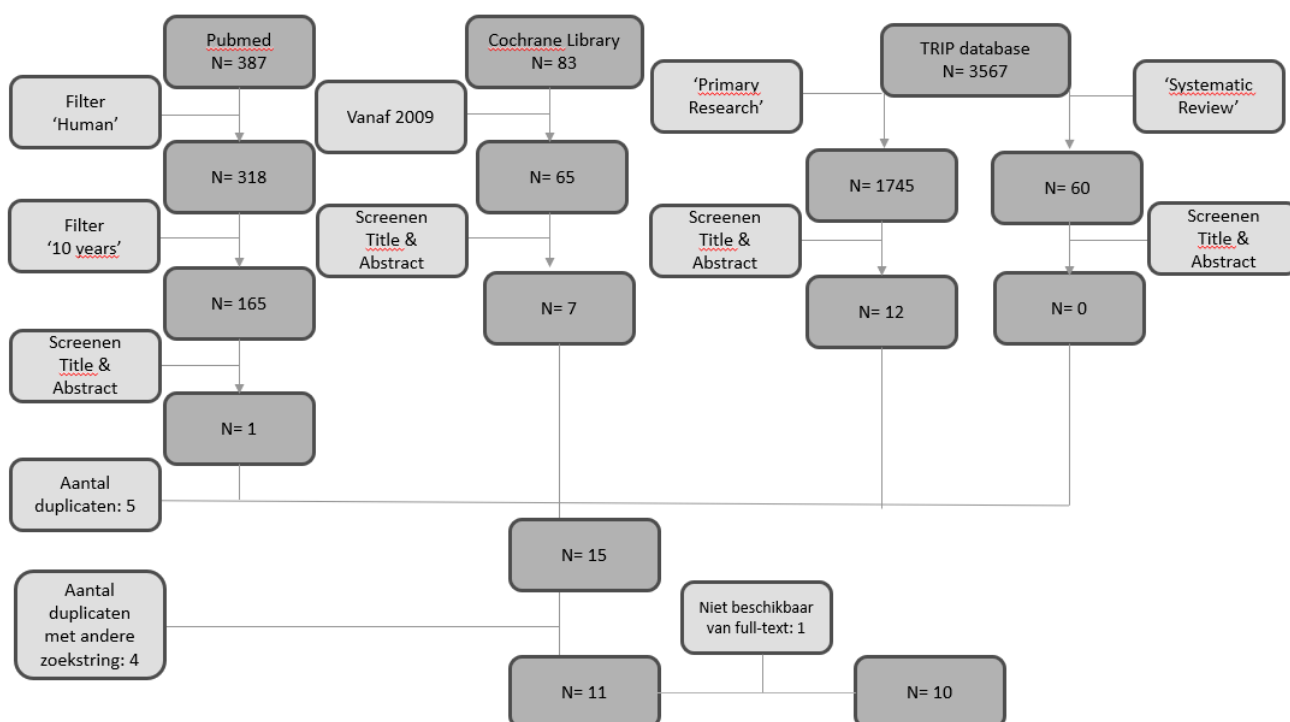
Betrouwbaarheid/validiteit	Commentaar	Score (0/1/2)
1. Was de selectie van patiënten voor het onderzoek valide?		
2. Is een valide referentietest toegepast?		
3. Werden de referentietest en de indextest onafhankelijk (blind) van elkaar beoordeeld?		
4. Was de beslissing om de referentietest uit te voeren onafhankelijk van de uitslag van de indextest?		
5. Werden uitvallers uit het onderzoek gerapporteerd en werd de reden van uitval uitgelegd?		

Aan de hand van de checklist afkomstig van Cochrane wordt een artikel beoordeeld op betrouwbaarheid en validiteit.⁸ Wanneer een artikel onvoldoende op een criteria scoort, worden 0 punten toegekend. Bij voldoende wordt 1 punt toegekend en bij goed 2 punten. Hierdoor worden de artikelen in een rangorde geplaatst van artikel met slechtste validiteit tot het artikel met de beste validiteit.

Bijlage 5: Gedetailleerde flowchart per zoekstring



Flowchart behorende bij zoekstring 1



Flowchart behorende bij zoekstring 2

Bijlage 6: Karakteristieken tabel

Patiënten selectie	Gewicht	< 95 kg		Liu, et al. (2013) ³⁹
		< 100 kg		Szucs-Farkas, et al. (2014) ²⁶ Szucs-Farkas, et al. (2014) ²⁷
		< 125 kg		Bolen, et al. (2013) ⁴
	BMI	< 25 kg/m ²		Krissak, et al. (2010) ³⁴
		< 30 kg/m ²		Liu, et al. (2013) ³⁹
		< 40 kg/m ²		Shuman, et al. (2011) ¹⁴
	Hartritme	< 65 bpm		Liu, et al. (2013) ³⁹
		< 75 bpm		Chen, et al. (2015) ³³
		< 85 bpm		Shuman, et al. (2011) ¹⁴
Type CT scanner	Multislice/detector CT	16-slice	16-MDCT Somatom Sensation, Siemens	Szucs-Farkas, et al. (2014) ²⁶ Szucs-Farkas, et al. (2014) ²⁷
			Acquillon 16-slice CT, Toshiba	Damm, et al. (2016) ⁴¹
			Evolution 16 scanner, Siemens	Bolen, et al. (2013) ⁴
		28- slice	28-MDCT Ingenuity, Philips	Ardley, et al. (2014) ⁵
		64-slice	64 LightSpeed VCT XT, GE	Branch, et al. (2013) ³⁸ Moradi, et al. (2016) ³² Shuman, et al. (2011) ¹⁴
			Siemens Sensation 64	Bolen, et al. (2013) ⁴ Chinnaiyan, et al. (2014) ³⁶
			HD 750 64-slice CT scanner, GE	Laurent, et al. (2017) ⁴⁰ Yuan, et al. (2011) ³¹
			64 Somatom Definition AS®, Siemens	Damm, et al. (2016) ⁴¹
		80-slice	Aquillon PRIME 80, Canon	Damm, et al. (2016) ⁴¹
		128-slice	128 MDCT system, Definition AS Siemens	Assi, et al. (2017) ²⁹ Rodrigues, et al. (2012) ²⁸
		256-slice	256-MDCT Brilliance iCT, Philips	Kidoh, et al. (2014) ³⁵ Wnorowski, et al. (2016) ³⁷
	Dual Source CT	2x128-slice SOMATOM Definition Flash		Bolen, et al. (2013) ⁴ Chen, et al. (2015) ³³ Chinnaiyan, et al. (2014) ³⁶ Hendriks, et al. (2015) ³⁰ Krissak, et al. (2010) ³⁴ Liu, et al. (2013) ³⁹

Acquisitieparameters (kV en mAs)	Dual Energy	256-section dual energy CT, SOMATOM Definition Flash, second-generation DECT, Siemens		Mourits, et al. (2016) ²⁵
		HD 750 64-slice CT scanner, GE		Yuan, et al. (2011) ³¹
	80 kV	80 kV + AEC		Szucs-Farkas, et al. (2014) ²⁶ Szucs-Farkas, et al. (2014) ²⁷
		80 kV + vast mAs	765 mAs	Kidoh, et al. (2014) ³⁵
	100 kV	100 kV + AEC		Ardley, et al. (2014) ⁵ Assi, et al. (2017) ²⁹ Chen, et al. (2015) ³³ Hendriks, et al. (2015) ³⁰ Krissak, et al. (2010) ³⁴ Liu, et al. (2013) ³⁹ Shuman, et al. (2011) ¹⁴ Szucs-Farkas, et al. (2014) ²⁶ Szucs-Farkas, et al. (2014) ²⁷
		100 kV + vast mAs	600 mAs	Wnorowski, et al. (2016) ³⁷
	100-120 kV (gewichtsafhankelijk)	100 – 120 kV + AEC		Yuan, et al. (2011) ³¹
		100 – 120 kV + vast mAs	2,4 – 4,7 mAs/kg	Bolen, et al. (2013) ⁴
	120 kV	120 kV + AEC		Chen, et al. (2015) ³³ Damm, et al. (2016) ⁴¹ Krissak, et al. (2010) ³⁴ Moradi, et al. (2016) ³² Shuman, et al. (2011) ¹⁴
		120 kV + vast mAs	210 mAs	Rodrigues, et al. (2012) ²⁸
			1300 mAs	Kidoh, et al. (2014) ³⁵
	Dual energy: 80 – 140 kV	80 – 140 kV + AEC		Yuan, et al. (2011) ³¹
		80 – 140 kV + vast mAs	80: 179 mAs, 140: 76 mAs	Mourits, et al. (2016) ²⁵
ECG-getriggerd protocol	Prospectieve ECG-triggering			Branch, et al. (2013) ³⁸ Bolen, et al. (2013) ⁴ Chinnaiyan, et al. (2014) ³⁶ Liu, et al. (2013) ³⁹ Shuman, et al. (2011) ¹⁴ Wnorowski, et al. (2016) ³⁷
	Retrospectieve ECG-triggering			Ardley, et al. (2014) ⁵ Branch, et al. (2013) ³⁸ Chen, et al. (2015) ³³ Krissak, et al. (2010) ³⁴

				Kidoh, et al. (2014) ³⁵ Wnorowski, et al. (2016) ³⁷
Contrast protocol	Bolus Tracking	Weightbased	ROI Aortaboog 110 HU	Kidoh, et al. (2014) ³⁵
			ROI Aortaboog 120 HU	Damm, et al. (2016) ⁴¹
			ROI Linker Atrium 100 HU	Liu, et al. (2013) ³⁹
		Individueel	ROI Pulmonaire Arterie	Laurent, et al. (2017) ⁴⁰
		35-40 ml	ROI Pulmonaire Arterie 100 HU	Assi, et al. (2017) ²⁹
		50 + 40 (6:4) ml	ROI Aorta Ascendens 50 HU	Chen, et al. (2015) ³³
		60 – 80 ml	ROI Pulmonaire Arterie 100 HU	Assi, et al. (2017) ²⁹
		75 ml	ROI Pulmonaire Arterie 100 HU	Szucs-Farkas, et al. (2014) ²⁷
			ROI Truncus Pulmonalis 100 HU	Szucs-Farkas, et al. (2014) ²⁶
		80 + 30 (7:3) ml	ROI Aorta Ascendens 50 HU	Chen, et al. (2015) ³³
		100 ml	ROI Truncus Pulmonalis 100 HU	Szucs-Farkas, et al. (2014) ²⁶
			ROI Truncus Pulmonalis 120 HU	Mourits, et al. (2016) ²⁵
			ROI Truncus Pulmonalis 130 HU	Ardley, et al. (2014) ⁵
			ROI Truncus Pulmonalis 140 HU	Rodrigues, et al. (2012) ²⁸
			ROI Pulmonaire arterie	Laurent, et al. (2017) ⁴⁰
			ROI Pulmonaire arterie 100 HU	Szucs-Farkas, et al. (2014) ²⁷
		120 ml	ROI Aorta Ascendens 100 HU	Krissak, et al. (2010) ³⁴
	Test Bolus (20 ml)	Weightbased		Bolen, et al. (2013) ⁴ Hendriks, et al. (2015) ³⁰
		Individueel		Yuan, et al. (2011) ³¹
		75 + 30 (1:1) ml		Hendriks, et al. (2015) ³⁰
		80 ml		Rodrigues, et al. (2012) ²⁸
		100 ml		Moradi, et al. (2016) ³²
		120 ml		Shuman, et al. (2011) ¹⁴
	Bifasisch	60 ml		Wnorowski, et al. (2016) ³⁷
	Trifasisch	70 + 50 (7:3) ml		Branch, et al. (2013) ³⁸
Reconstructie techniek	Techniek	Filtered Back Projection		Bolen, et al. (2013) ⁴ Shuman, et al. (2011) ¹⁴ Kidoh, et al. (2014) ³⁵ Szucs-Farkas, et al. (2014) ²⁶ Szucs-Farkas, et al. (2014) ²⁷

		Iterative Reconstruction (iDose (Philips))	Ardley, et al. (2014) ⁵ Wnorowski, et al. (2016) ³⁷
		Multiplanar Reconstruction	Chen, et al. (2015) ³³
	Kernel	Sharp kernel	Bolen, et al. (2013) ⁴
		Soft kernel	Hendriks, et al. (2015) ³⁰ Krissak, et al. (2010) ³⁴ Liu, et al. (2013) ³⁹ Shuman, et al. (2011) ¹⁴ Szucs-Farkas, et al. (2014) ²⁷
		Lung kernel	Shuman, et al. (2011) ¹⁴
		Cardiac kernel	Kidoh, et al. (2014) ³⁵

Bijlage 7: Resultaten SafeAssignment



ECG-GETRIGGERD SCANNEN BIJ CT PULMONAIRE ANGIOGRAFIE Een systematische review

RENEE HULST

AUKJE KNIJFF

2019

1 <https://www.google.nl/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwid6Znnwt7gAhWJEVAKHeDdDoAQjRx6BAgBEAU&url=https%3A%2F%2Ffreebiesupply.com%2Flogos%2Fhanzehogeschool-groningen-logo%2F&psig=AOvVaw2OJkpNZhlkVDosiO296978&ust=1551446472502074>

1

Titel: ECG-getriggerd scannen bij CT pulmonaire angiografie

Subtitel: Een systematische review

Auteurs: Renee Hulst, Aukje Knijff

MTVT.1702.MBRTSTAGE17-18 - MBRT STAGE

Plagiaatscanner

Aukje Knijff A on Mon, May 13 2019, 11:19 AM

8% highest match

Submission ID: 02a8f3ac-52cd-4a84-932f-5ee479534bbc

Hulst Renee_Knijff A...

Aantal woorden: 15.582 | 8%

Bijlage-id: 1805914093

Citations (17/17)



1

Another student's paper



2

Another student's paper



3

Another student's paper



4

Another student's paper

