

N V M B R Magazine

MRI

Imaging IT

Medische Techniek

Radiotherapie

Algemeen

Echografie

Algemene Radiologie

Nucleaire Geneeskunde

Bouw & Verbouw

www.fmir.nl

The Future of Medical Imaging and Radiotherapy - 2021

Congres: 23 en 24 september 2021

VERDER IN DEZE EDITIE:

- * EBP: Koperspiraal verplaatsing bij MRI?
- * De Diagnostische Waarde van Computed Tomography (CT) bij COVID-19 en Temporele CT-karakteristieken van COVID-19
- * Risicocommunicatie röntgenstraling bij zwangerschap
- * De "intelligente" CT-scanner

Even voorstellen: Reihaneh Gholinia Tabrizi



MBB'er in de screening en lid Expertgroep BOB

"Ik ben Reihaneh en in 2013 heb ik mijn diploma MBRT bij de Hanzeschool in Groningen gehaald. Daarna ben ik opgeleid tot screeningslaborant. Sinds mei 2018 werk ik met veel plezier als screeningslaborant bij Bevolkingsonderzoek (BOZ) Zuid-West op de locatie Den Haag."

Hoog niveau

We hebben 15 units op verschillende locaties. Per jaar worden ongeveer 200.000 vrouwen tussen 50-75 jaar onderzocht. Dit met het oog op vroegtijdig opsporen van borstkanker en hoop op een succesvolle behandeling. Het niveau van de insteltechniek ligt hoog: dit levert een uniek resultaat. We willen deze kwaliteit behouden, bewaken en verbeteren. Dit gebeurt door jaarlijkse intervisie waarbij regelmatig de gemaakte foto's worden besproken en voorzien van feedback, naast onze 3 jaarlijks bijscholing.

Dankbaar werk

Ik kan veel redenen benoemen waarom ik voor dit werk heb gekozen en wat mijn ervaringen zijn tot nu toe. Balans tussen werk en privé, flexibele werktijden, fijne collega's en een organisatie waar openheid en respect richting medewerkers en cliënten het uitgangspunt is en waar men zich bewust is over waar het nog beter kan en moet. Maar het belangrijkste is het gevoel dat je met je werk ervoor kan zorgen dat kinderen hun moeder, kleinkinderen hun oma, partners hun partner en zussen en broers elkaar kunnen blijven zien en behouden, waardoor ons werk succesvol is.

Nevenactiviteiten: Een bewuste keuze

Ik heb naast de screening verschillende neventaken. Een bewuste keuze. Ik ben Expert BOB van Zuid-West bij NVMBR. Daarmee ben ik de schakel tussen mijn collega's en de vereniging. Via deze contacten ben ik op de hoogte van de ontwikkelingen en veranderingen binnen ons vakgebied en kan ik deze ontwikkelingen doorgeven aan mijn collega's.

De "intelligente" CT-scanner: Optimalisatie door technologische voortuitgang

DOOR DR. RONALD BOOIJ

Ronald Booijs is sinds 1997 in dienst van het Erasmus MC als Radiodiagnostisch laborant (MBB'er) en heeft zich gespecialiseerd in CT sinds begin 2000. Hij geeft al meer dan vijftien jaar les in CT technieken, schrijft artikelen en is een regelmatige spreker op (inter)nationale congressen. In 2017 rondde hij de master of science in medical imaging & radiation oncology (MIRO) af, waarna hij direct aan zijn doctoraal is begonnen. Na de afronding van de doctoraal (dr./ PhD) is Ronald nog steeds werkzaam in de klinische praktijk als CT laborant en is daarnaast gedeeltelijk aangesteld op de afdeling radiologie & nucleaire geneeskunde in het Erasmus MC als post-doc/ wetenschappelijk onderzoeker.

Computertomografie (CT) scans worden ingezet om meer inzicht te verkrijgen in ziektebeelden. Sinds de introductie van de techniek begin jaren 70 van de vorige eeuw, zijn er vele technologische ontwikkelingen geweest binnen de CT, met name op het vlak van scansnelheid, resolutie en stralingsdosisreductie. Hierdoor is het aantal parameters en diverse keuzemogelijkheden bij het instellen, vervaardigen en uitrekenen van de CT-beelden sterk toegenomen. Daarnaast zijn deze parameters vaak aan elkaar gerelateerd, waardoor het lastiger is deze individueel aan te passen en de invloed van de aanpassingen op de beeldkwaliteit en dosis te begrijpen. Hierdoor is optimalisatie van CT-scans voor de individuele patiënt vaak een uitdaging. Kunstmatige intelligentie (in het Engels: artificial intelligence (AI) genoemd) en geavanceerde software zouden kunnen bijdragen aan het "slimmer" maken van CT-scanners (in het Engels: the "knowledgeable" CT-scanner genoemd). Dit maakt het mogelijk om het scan- en reconstructieproces meer te automatiseren, standaardiseren en reproduceerbaar te maken. De CT-scanner ondersteunt hierbij als het ware de uitvoerders van CT-scans in het maken van beslissingen, het accuraat uitvoeren van een CT-scan en het analyseren van beelden. Het proefschrift beschrijft de prestaties en nauwkeurigheid van verschillende technologische ontwikkelingen binnen de keten van een CT-onderzoek. Hierbij worden de ontwikkelingen op het gebied van patiëntpositionering, het scannen van een patiënt en het aanpassen van het contrast voor een individuele patiënt en de beeldreconstructie uitgelicht. Daarnaast wordt de invloed van de technologische ontwikkelingen op het optimaliseren van een patiënt specifiek CT-onderzoek belicht en wordt toegelicht dat "een overname door machines" zeker niet het geval is.

Deel 1

In het eerste deel van het proefschrift wordt aan de hand van een literatuurstudie de ontwikkelingen van de afgelopen 50 jaar en hun invloed op de stralingsdosis en beeldkwaliteit beschreven. In de beginjaren van CT werden vooral technologische ontwikkelingen doorgevoerd om de scantijden te verkorten, terwijl later de focus meer op optimalisatie van het scanprotocol lag. In eerste instantie werd een CT-scan uitgevoerd met een stationaire scanner-tafel, terwijl de röntgenbuis rond de patiënt van positie veranderde door een combinatie van translatie en rotatie. De scantijd bedroeg enkele minuten en de "plakdikte" van het beeld was ongeveer 5-10 mm. De introductie van spiraal CT aan het eind van de jaren tachtig van de vorige eeuw zorgde voor nieuwe mogelijkheden, zoals het verder verkorten van de scantijd waardoor een CT-scan van de longen na één ademdeug in zijn geheel vervaardigd kon worden. Een andere doorbraak kwam eind jaren negentig met de introductie van multi-detector CT waarbij er meerdere rijen met detectoren naast elkaar geplaatst zijn. Hierdoor werd het mogelijk langere afstanden te scannen in dezelfde tijd, dan wel dezelfde afstand in kortere tijd. Doordat de detectoren ook steeds kleiner werden, werd het mogelijk om een hogere resolutie te behalen en werd het mogelijk om bijvoorbeeld gedetailleerde beeldvorming van de bloedvaten te verrichten. ECG-gecorrleerde beeldreconstructie maakte daarbij afbeeldingen van de kransslagaders mogelijk. De introductie en verdere ontwikkelingen in automatische dosismodulatie zorgde voor een verdere optimalisatie van de dosis en beeldkwaliteit. De introductie van dual source CT (DSCT) en detectoren met een nog groter bereik in de longitudinale richting verminderde niet alleen de scantijden nog verder, maar maakte ook respectievelijk spectrale (dual energy) beeldvorming en dynamisch scannen mogelijk.



Binnen het proces van optimaliseren van een CT-scan is de invloed van de gebrui-



ker toegenomen en tegelijkertijd zijn geautomatiseerde tools geïntegreerd om hierbij helpen. Er is een verband tussen stralingsdosis en beeldkwaliteit voor veel acquisitie- en reconstructieparameters, waardoor het ingewikkelder wordt om ze individueel aan te passen en te begrijpen. Vooral als ze deel uitmaken van geautomatiseerde algoritmen en in de nabije toekomst waarschijnlijk worden aangestuurd door kunstmatige intelligentie. Uiteindelijk zullen technologische verbeteringen en geautomatiseerde tools, gecombineerd met aandacht voor o.a. de menselijke kant door de medisch beeldvormings- en bestralingsdeskundige (MBB'er), leiden tot de optimale scanprocedure.

Deel 2

Het tweede deel van het proefschrift richt zich op de beoordeling van de nauwkeurigheid van geautomatiseerde patiëntpositionering met behulp van een 3D-camera. Een juiste (centrale) positionering van de patiënt in de CT-scanner is o.a. nodig voor het optimaal functioneren van automatische dosismodulatie en van de buisfilters (de zogenaamde "bowtie filters"). De hoogte van de CT-tafel wordt idealiter zo ingesteld dat het isocentrum van de scanner precies samenvalt met het isocentrum van de patiënt; de zogenoemde optimale tafelhoogte. Als een patiënt hoger of lager dan het isocentrum van de scanner gepositioneerd is, dan wordt de patiënt op de planningsröntgenfoto (vervaardigd voorafgaand aan iedere CT-scan) vergroot of verkleind weergegeven. Hierdoor wordt de stralingsdosis die door de automatische dosismodulatie wordt toegepast, verhoogd of verlaagd, wat kan leiden tot respectievelijk een suboptimale beeldkwaliteit of een onnodige dosisverhoging. Het instellen op de optimale CT-tafel hoogte (en dus de positie van de patiënt in de scanner) is in sommige gevallen lastig voor de MBB'er. Recent is automatische patiëntpositionering beschikbaar gekomen met behulp van een 3D-camera die is gekoppeld aan de CT-scanner. Voorafgaand aan een CT-scan wordt een foto gemaakt middels het 3D-camera systeem. Op basis van deze foto wordt een 3D-model van de patiënt gemaakt en is het mogelijk om de juiste positie van de patiënt in de CT-scanner te bepalen. Het doel van ons onderzoek was om de prestaties en nauwkeurigheid van dit systeem te beoordelen. Verder is deze vergeleken met handmatige positionering door een MBB'er. In dit deel worden de resultaten besproken van ons onderzoek naar geautomatiseerde patiëntpositionering middels het 3D-camera systeem. De mediane afwijking van de optimale tafelhoogte, voor alle lichaamsdelen samen, was 13,2 mm (interquartiele range (IQR): 17,0) voor volwassen patiënten (n=423) gepositioneerd door MBB'ers en 6,1 mm (IQR: 7,0) voor patiënten (n=254) op de CT-scanners uitgerust met een 3D-camera ($p < 0,05$). Hieruit werd geconcludeerd dat de 3D-camera in staat is om patiënten accuraat te positioneren. Daarnaast toonde de 3D-camera minder extreme afwijkingen van de optimale tafelpositie dan gezien werd

bij de groep patiënten gepositioneerd door MBB'ers. Het algoritme dat gebruikt wordt voor de 3D-modellering van de patiënt is voornamelijk getraind op datasets van volwassen patiënten. Vanwege het verschil in lichaamsverhoudingen was het algoritme nog niet geoptimaliseerd voor pediatrische patiënten (kinderen). Om het algoritme te verbeteren is er een additionele algoritmetraining uitgevoerd. Hierna zijn de prestaties van de 3D-camera bij kinderen onderzocht. Optimale positionering van kinderen kan flink uitdagend zijn. Niet alleen door de grote variatie in lichaamsverhoudingen, maar ook door het gebruik van fixatiemiddelen. Deze worden voornamelijk ingezet bij hele jonge kinderen die minder coöperatief zijn en met meer kans op beweging. Om beweging te beperken wordt er vaak gebruik gemaakt van fixatiemiddelen zoals een speciaal voor CT onderzoek ontwikkelde babywieg of een vacuümkussen.

De conclusie van ons onderzoek was dat positionering met behulp van een 3D-camera zorgt voor een nauwkeurige positionering, vooral in gevallen waarbij er geen fixatiemiddelen gebruikt worden. Het positioneren van patiënten in een fixatiemiddel is mogelijk met een 3D-camera, maar de evaluatie van de nauwkeurigheid werd beperkt door de kleine steekproefomvang. MBB'ers spelen sowieso een belangrijke rol bij het positioneren van patiënten met fysieke beperkingen of niet-coöperatieve patiënten. De invloed van een inademing of uitademing op de nauwkeurigheid van de voorgestelde patiëntpositionering middels een 3D-camera werd ook onderzocht. De resultaten van dit onderzoek lieten zien dat er een verschil in optimale tafelhoogte is voor een inademing en uitademing ($p < 0,05$). Het onderzoek toonde aan dat het benaderen van de optimale tafelhoogte het best bereikt kan worden wanneer het camerabeeld en de daaropvolgende CT-scan worden verkregen in dezelfde ademhalingstoestand. Daarnaast wordt aanbevolen om het 3D-beeld in uitademing te maken bij het vervaardigen van CT-scan van de thorax (borstkas) waarbij zowel een inademing als een uitademing scan nodig is.

Deel 3

Het derde deel van het proefschrift richt zich op de invloed van technologische ontwikkelingen binnen het acquisitie- en reconstructiegedeelte van een CT-onderzoek en het geven van aanbevelingen voor het optimaliseren van scans met behulp van deze ontwikkelingen. In dit deel is om te beginnen de optimalisatie van een cardiovasculair scan bij kinderen beschreven. Hierbij zijn mogelijkheden voor acquisitie- en reconstructieprotocol optimalisatie, het belang van goede patiëntpositionering, contrastinjectie en timing en de mogelijke effecten op de stralingsdosis en beeldkwaliteit benoemd. Ondanks de uitstekende ruimtelijke en temporele resolutie is een CT-scan vaak niet de eerste keuze voor thoracale en cardiovasculaire diagnostiek bij kinderen. We beschreven hoe kennis van recente verbeteringen in DSCT enkele van de belang-

rijkste nadelen van CT, zoals de stralingsdosis, hebben verminderd. Tevens maakt DSCT het mogelijk om de complexe anatomie goed in beeld te brengen; wat weer verder kan helpen in het bepalen van het behandelbeleid. Optimalisatie van CT-scans bij pediatrische patiënten wordt dan ook voornamelijk behaald door de kennis en kunde van een heel team, bestaande uit de MBB'er, radioloog en klinisch fysicus. Scan- en reconstructieparameters die gebruikt worden voor volwassenen 'gewoon kopiëren' naar scanprotocollen voor kinderen wordt dan ook niet aangeraden.

In CT-scans wordt vaak gebruik gemaakt van gekwantificeerde beelddata. Als er aanpassingen gedaan worden in de manier van scannen of reconstrueren, dan heeft dit invloed op de resultaten. In dit deel wordt daarom dan ook een nieuwe reconstructiemethode beoordeeld die gebruikt wordt bij het kwantificeren van kalk (calcium) in de kransslagaders. De meest gebruikelijke manier voor het kwantificeren van verkalkingen in de kransslagaders of coronaire slagaders is de Agatston coronaire calcium score (CACS). Middels deze score is het mogelijk om aan de hand van de gemeten hoeveelheid calcificaties een risico inschatting te maken op coronaire hartziekten. Recente richtlijnen houden (nog steeds) vast aan een buisspanning van 120 kVp in combinatie met een reconstructiemethode die gebruik maakt van gefilterde terug projectie (filtered backprojection, FBP). Volgens de richtlijnen van de "Society of Cardiovascular Computed Tomography" kan een iteratieve reconstructietechniek met 100 kVp-acquisitie gebruikt worden, mits deze gevalideerd is in het eigen instituut. Er is echter een belangrijk argument voor het gebruik van een lagere, of zelfs patiënt specifieke, buisspanning: de noodzaak om de stralingsdosis te verlagen door optimalisatie. Echter, het verlagen van de buisspanning in CACS kan ten koste gaan van inconsistente calcium scores omdat CT-nummers, uitgedrukt in Hounsfield-eenheden (Hounsfield units, HU), energieafhankelijk zijn. Door de invoer van een nieuwe reconstructietechniek, de zogenoemde "calcium bewuste beeldreconstructie", is het mogelijk om CT-nummers van calcium te reconstrueren die zouden zijn gemeten bij 120 kVp. Hierdoor zou het mogelijk moeten zijn om beelden te verkrijgen met een verlaagde stralingsdosis, terwijl de Agatston-score en het potentieel van de risico inschatting behouden blijven. Ons onderzoek toonde aan dat, dankzij de "calcium bewuste beeldreconstructie" techniek, nauwkeurigere CT-nummers en vergelijkbare calcium scores behaald werden als bij de standaard buisspanning van 120 kVp. Echter, er werd minder consistentie waargenomen bij kleine verkalkingen met een lage dichtheid. Automatische verlaaging van de buisspanning resulteerde daarnaast in een dosisverlaging tot 22%.

Met de introductie van de spiraal CT en het steeds langer worden van de detector in de lengterichting van de patiënt, nam het zogenaamde "overstralingsgebied" (overranging) toe. Hierdoor

nam ook de stralingsdosis voor de patiënt toe. Deze stralingsdosis kan gereduceerd worden met een dynamische collimator voor de röntgenbuis en de werkzaamheid van zo'n collimator in een derde generatie DSCT-scanner is onderzocht. Hierbij is er ook bekeken of de collimator in de derde generatie DSCT-scanner beter presteerde dan de dynamische collimator in de tweede generatie DSCT-scanner. De resultaten toonden aan dat de verbeterde dynamische collimator ongeveer 50% van de overkoepelende dosis blokkeert. In vergelijking met de scanner van de tweede generatie is de verbeterde dynamische collimator beter in staat om de overranging dosis af te schermen, ook als er gebruik gemaakt moet worden van een hoge scansnelheid.

Conclusies

Technologische ontwikkelingen, zoals de 3D-camera en nieuwe beeldreconstructietechnieken, helpen de gebruiker om een CT-onderzoek te optimaliseren voor een individuele patiënt. Nauwkeurige positionering met behulp van de 3D-camera heeft potentiële voordelen bij het optimaliseren van de stralingsdosis en de beeldkwaliteit. Een 3D-camera lijkt dan ook een consistente diagnostische nauwkeurigheid te bieden. Bij het positioneren van zowel volwassenen als kinderen geldt dat MBB'ers een belangrijke rol blijven spelen, vooral als het gaat om uitdagende patiënten zoals niet-coöperatieve patiënten.

Optimalisatie van een CT-scan zal bereikt worden door het implementeren van technologische ontwikkelingen en door de ontsluiting van de door mens en machine verkregen kennis, ondersteund door slimme technologieën. Als het ware door het "intelligenter" ("knowledgeable") maken van een CT-scanner. Slimme oplossingen zoals AI moeten worden omarmd, omdat ze een belangrijke rol kunnen spelen bij het helpen van medische zorgverleners. AI-gestuurde beeldacquisitie kan bijvoorbeeld helpen om de acquisitieprocedure te automatiseren en de huidige manier van werken opnieuw vorm te geven. Mogelijk verlicht dit ook de werklust. Daarnaast is kennis over de werking van "intelligente" machines essentieel voor gebruikers om te zorgen voor verdere ontwikkeling en correcte toepassing van AI. Over het algemeen leveren de ontwikkelingen nauwkeurigheid, efficiëntie en de mogelijkheid om de blootstelling aan straling te verminderen. De menselijke kant blijft echter noodzakelijk voor het verder optimaliseren van processen in de klinische praktijk en bij toekomstige ontwikkelingen. Optimalisatie wordt daarom bereikt door het inzetten van slimme technologieën en door het samenvoegen van door mens en machine verkregen kennis, waardoor kansen ontstaan voor een "intelligente" CT-scanner. De ontwikkelingen gepresenteerd in het proefschrift tonen aan dat de eerste stappen in het proces tot een "perfecte symbiose tussen mens en machine" zijn gezet, maar dat nog vele stappen zullen (moeten) volgen.

Risicocommunicatie over mogelijke effecten van röntgenstraling tijdens de zwangerschap: ervaringen van vrouwen

auteurs:

Maria Dalmaijer RM MSc, Esther Feijen-de Jong RM PhD, Harmen Bijwaard PhD, Fleur Wit MSc, Colinda Vroonland, Lilian Peters PhD | ✉ MARIA.DALMAIJER@INHOLLAND.NL

Samenvatting

Inleiding: Tijdens zwangerschap wordt terughoudend omgegaan met de verrichting van röntgenonderzoek m.n. vanwege de gevoeligheid van weefsels van het ongeboren kind voor ioniserende straling. Door regionale verschillen in praktijkvoering en technische en kennisontwikkelingen op radiologisch gebied ervaren MBB'ers onvoldoende houvast voor het uitvoeren van radiologisch onderzoek bij zwangeren met bijbehorende risicocommunicatie. Dit artikel rapporteert een mixed-methods onderzoek als bijdrage aan de ontwikkeling van een praktische leidraad door MBB'ers in de dagelijkse praktijk, waarin de ervaringen, perspectieven en wensen van vrouwen als het gaat om de risicocommunicatie over mogelijke effecten van röntgenstraling op het ongeboren kind zijn onderzocht.

Methode: Achtereenvolgens werden een kwalitatief onderzoek, middels semigestructureerde interviews bij zwangeren en jonge moeders die een röntgenonderzoek hebben ondergaan en een cross-sectioneel onderzoek middels een digitale vragenlijst bij zwangeren en jonge moeders verricht.

Resultaten: Interviews met tien deelnemers resulteerden in drie thema's namelijk "Discrepantie tussen behoeften en werkelijkheid", "Risico's versus noodzaak", en "(Emotionele) impact". De resultaten van de digitale enquête onder 154 personen gaven weer dat de vrouwen het belang van voorlichting over mogelijke effecten van blootstelling onderschrijven en deze bij voorkeur van de verwijzer en anders van de MBB'er krijgen bij voorkeur op moment van verwijzing of voorafgaand aan het onderzoek. Vrouwen vinden een formulering in de vorm van een relatief risico en een weergave als populatiediagram het meest begrijpelijk.

Discussie / Conclusie: Zwangere vrouwen ervaren veel praktijkvariatie in voorlichting. Dit levert bij hen verwarring op. Zij willen ten tijde van het röntgenonderzoek gevraagd worden of ze voorlichting willen ontvangen. Zij ontvangen de risicovoorlichting bij voorkeur vóór en in acute situaties alsnog na het röntgenonderzoek, bij voorkeur middels een mondelinge voorlichting en een folder.

Inleiding

Tijdens de zwangerschap treden mogelijk medische situaties op waarin röntgenonderzoek noodzakelijk is. Uit Amerikaanse cijfers blijkt dat röntgenonderzoek bij ongeveer 7% van de zwangere vrouwen wordt verricht⁽¹⁾. Men is echter terughoudend met de uitvoering van röntgenonderzoek tijdens de zwangerschap. De International Commission on Radiological Protection vermeldt dat het ongeboren kind gevoeliger is voor röntgenstraling dan een volwassene door het optreden van kleine mutaties in snel delende weefsels⁽²⁾. Een verband tussen prenatale blootstelling en het ontstaan van kanker in de kinderjaren is waarschijnlijk, risico's lijken echter klein te zijn doordat de doses van de röntgenonderzoeken in de loop der tijd zijn afgenomen⁽³⁻⁵⁾. Aanvullend onderzoek is nodig om hierover uitspraken te kunnen doen. In de tussentijd lijkt een behoudende werkwijze ten aanzien van röntgenonderzoek in de zwangerschap gerechtvaardigd. De praktijkvoering tussen afdelingen radiologie in ziekenhuizen blijkt echter te verschillen⁽⁴⁾. Dit en de technische en kennisontwikkelingen op radiologisch gebied maken dat MBB'ers aangeven dat zij onvoldoende houvast ervaren voor het uitvoeren van radiologisch onderzoek bij zwangeren met bijbehorende risicocommunicatie⁽⁶⁾. Deze risicocommunicatie is voor vrouwen van belang om geïnformeerde keuzes ten aanzien van onderzoek en behandeling te maken. Dit is aanleiding geweest voor het Röntgenstraling En Vrouwen in Verwachting (REVIVE) project. Doel van dit project is het ontwikkelen van een praktische leidraad en een e-learning zodat meer eenduidigheid in de dagelijkse praktijk van MBB'ers kan worden bereikt. Dit artikel rapporteert een deelproject hiervan uitgevoerd door de Academie Verloskunde Amsterdam en Groningen (AVAG) dat is gericht op de beantwoording van de volgende onderzoeksvragen:

Hoe ervaren zwangere vrouwen in Nederland de communicatie over de risico's van röntgenstraling tijdens de zwangerschap op het ongeboren kind?
en

Hoe willen zwangere vrouwen in Nederland voorlichting over de risico's van röntgenstraling op het ongeboren kind ontvangen?

Methode en resultaten

Er is een mixed-methods-project uitgevoerd. Het eerste onderzoek betrof een kwalitatief onderzoek, middels semi-gestructureerde interviews, waarin is gevraagd naar ervaringen en percepties van vrouwen die tijdens hun zwangerschap een röntgenonderzoek hebben ondergaan. Aansluitend is een kwantitatief onderzoek uitgevoerd, waarin vrouwen (zwanger of recent bevallen) een digitale vragenlijst over wensen ten aanzien van de risicocommunicatie hebben ingevuld.

Ethische verklaring

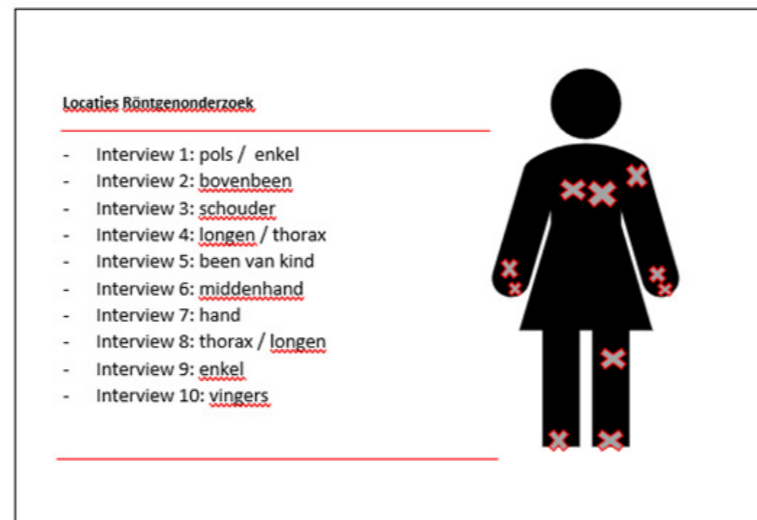
Dit onderzoeksproject waarin ervaringen en percepties van vrouwen centraal staan is niet WMO-plichtig en derhalve is goedkeuring door een Medisch Ethische Commissie niet noodzakelijk. Informed consent-verklaringen zijn door alle deelnemers ingevuld. Onderzoeksgegevens zijn beveiligd opgeslagen en anonimiteit van deelnemers is gewaarborgd.

Kwalitatief onderzoek (interviews)

Vrouwen werden middels een oproep op verschillende Facebook-pagina's en LinkedIn geworven. Geïncludeerd werden vrouwen die, zwanger of maximaal een jaar geleden bevallen, tijdens hun zwangerschap een röntgenfoto of CT-scan hadden ondergaan in een Nederlands ziekenhuis. De interviews zijn individueel face-to-face op een voorkeurslocatie van de geïnterviewde afgenomen. Interviews werden gehouden door studenten verloskunde onder supervisie van de onderzoekers. Besproken werd de daadwerkelijk ontvangen voorlichting, wat vrouwen hieraan prettig en minder prettig vonden en wat zij graag hadden gewild. Opnames van de interviews werden getranscribeerd en voor een member check voorgelegd aan de participanten. Data-analyse werd in MAXQDA verricht volgens drie inductieve coderingsrondes conform de 'grounded theory' (7). Na onafhankelijk en individueel coderen door studenten werd middels discussie met onderzoeksbegeleiders consensus over codes, categorieën en thema's bereikt.

Participanten

Op de werving reageerden 19 personen. Vijf van hen werden geëxcludeerd wegens een röntgenonderzoek bij de tandarts omdat het REVIVE-project zich richt op het ontwikkelen van een leidraad voor MBB'ers. Nog eens vier personen zijn onder meer door persoonlijke omstandigheden uitgevallen. Daardoor bleven tien deelnemers over waarvan één vrouw in haar zwangerschap als begeleider van de patiënt bij röntgenonderzoek is blootgesteld aan strooi-straling (deviant case). De leeftijd van de deelnemers



Figuur 1. Locaties röntgenonderzoek zoals aangegeven door de participanten

varieerde van 27 tot 39 jaar. Zij woonden in Friesland, Noord-Holland en Gelderland. Zij waren MBO-opgeleid (n=5), HBO-opgeleid (n=3) of WO-opgeleid (n=2). Deelnemers waren nul tot maximaal viermaal bevallen. Naast röntgenfoto's heeft één deelnemer een CT-scan ondergaan. De zwangerschapsduur varieerde van vijf tot 35 weken.

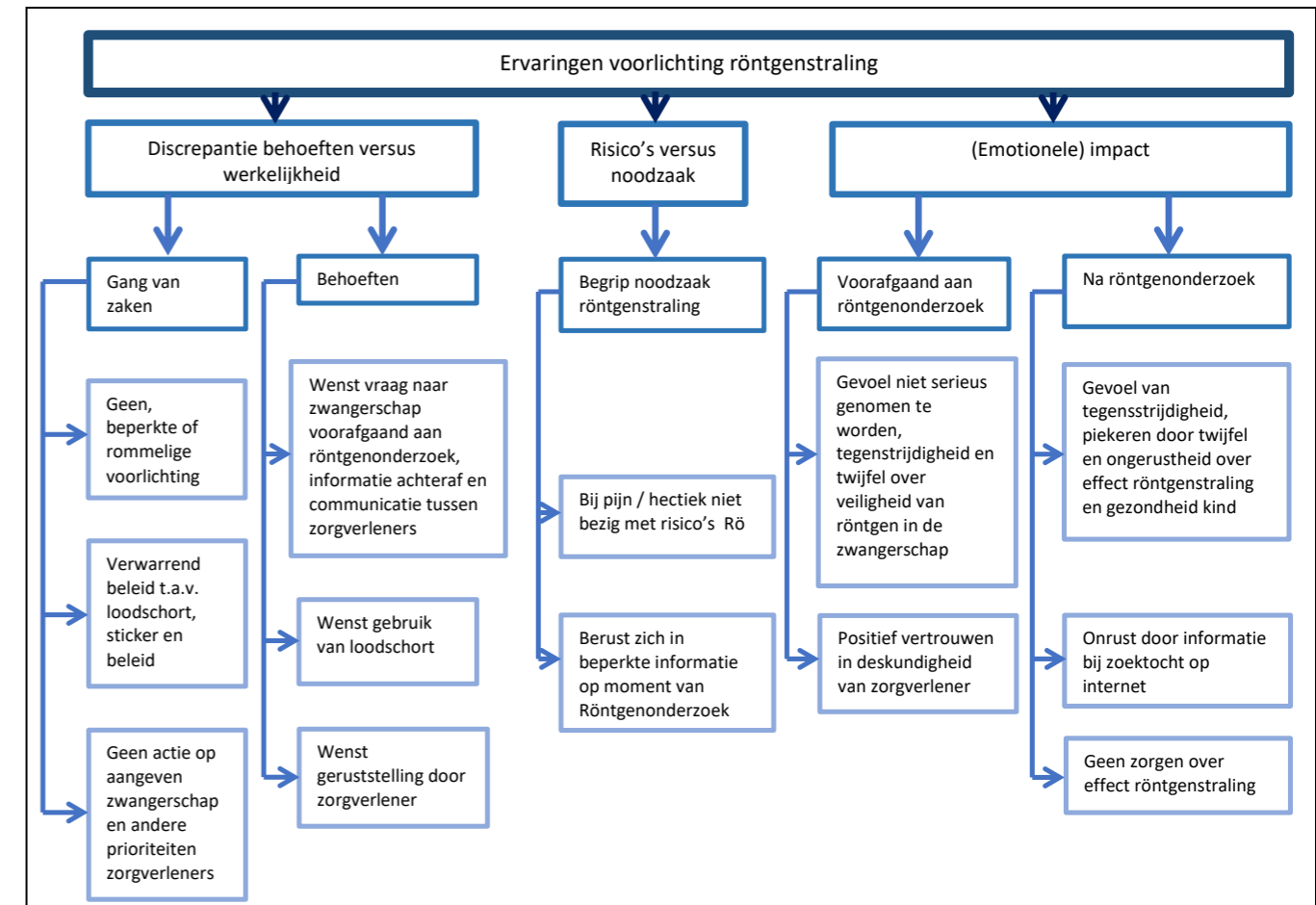
Indicaties voor het röntgenonderzoek varieerden van een mogelijke fractuur in een extremiteit tot een vermoedelijke longaandoening (figuur 1), verloskundige complicaties waren niet van toepassing. Data-analyse leverde drie belangrijke thema's op namelijk: "Discrepantie tussen behoeften en werkelijkheid", "Risiko's versus noodzaak", en "(Emotionele) impact" (figuur 2).

Discrepantie tussen behoeften en werkelijkheid

Bij het röntgenonderzoek bleek de zwangerschap niet in alle gevallen aan de MBB'er te zijn doorgegeven. Vaak werd geen rekening gehouden met de zwangerschap, soms werd gezocht naar alternatieven voor het röntgenonderzoek. Een deelnemer die op een sticker over blootstelling aan röntgenstraling in de zwangerschap had gewezen vertelde het volgende:

"Ik heb natuurlijk wel een keer een opmerking gemaakt van oh er staat hier wel een grote sticker op de deur. Ja nou ja dat kan niet anders is het dan" (interview 2)

Voorlichting bleek, ook na vragen van zwangeren, nauwelijks te worden gegeven zowel voorafgaand, tijdens als na het röntgenonderzoek. Vooral voor deelnemers zonder medische achtergrond was dit niet wenselijk. Geboden voorlichting door MBB'ers werd als kort en rommelig



Figuur 2 Codeboom ervaringen röntgenstraling voorlichting

ervaren met als boodschap dat de röntgenstraling geen kwaad kon. Zij gaven aan dat schade aan het kind nog nooit was meegeemaakt en dat het risico van röntgenstraling gelijk zou zijn aan het vliegen in een vliegtuig:

"... En die zegt dan alleen maar: Ik heb nog niet meegemaakt dat het mis ging. Nee maar zij ziet die baby'tjes alleen maar de eerste week na de geboorte dus ja, volgens mij zijn zij ook niet op de hoogte." (interview 2)

Schriftelijk voorlichtingsmateriaal is er weinig gezien door vrouwen terwijl hieraan wel behoefte bestond. Toch hadden deelnemers de indruk dat röntgenonderzoeken werden beperkt vanwege de invloed van de straling op de zwangerschap. Zij hadden behoefte aan informatie voorafgaand aan het röntgenonderzoek om een weloverwogen keuze voor röntgenonderzoek te kunnen maken. Participanten gaven aan dat deze keuze veelal door de zorgverleners voor vrouwen gemaakt werd en niet door de participant zelf.

Risiko's versus noodzaak

Volgens participanten wogen de risico's van röntgenstraling niet op tegen de noodzaak van het röntgenonderzoek. Om tot een diagnose en behandeling te komen, waren röntgenfoto's pure noodzaak:

"... "het risico van het ene woog natuurlijk niet op tegen het risico van het andere. Zo van oké de straling die mogelijk schadelijk is, maar wel al heel veel onderzoek naar is gedaan dus, dat het waarschijnlijk is dat het risico daarvan niet opweegt tegen het risico van mijn aandoening." (interview 4)

In acute situaties streefden zowel de MBB'er als de deelnemer naar een snelle behandeling waardoor beide partijen minder aandacht voor de voorlichting hadden. Dit maakte dat participanten in de meer acute gevallen de verstrekte informatie als voldoende beschouwden met dien verstande dat de keuze voor het al dan niet laten uitvoeren van een röntgenonderzoek aan hen was:

"Ik denk als je niet zo heel veel pijn hebt en je moet op een röntgenfoto dat is fijn dat het [de voorlichting] vooraf gebeurt. Maar op dat moment heb ik niet heel veel meegekregen." (interview 3)

Achteraf rezen vragen en hadden bijna alle participanten behoefte aan geruststelling en aan eerlijke, niet-gedetailleerde voorlichting over eventuele gevolgen van röntgenstraling in de zwangerschap. Eén participant wenste onwetend te blijven.

(Emotionele) Impact

De emotionele impact van het röntgenonderzoek verschilde voorafgaand aan en na het röntgenonderzoek. Indien voorafgaand aan het onderzoek de MBB'er niet van de zwangerschap af wist omdat deze niet was doorgegeven voelde de participant zich niet serieus genomen en leverde dit frustratie en teleurstelling op:

“Ja ja, het [geen communicatie tussen zorgverleners over de zwangerschap] is jammer. Ja, je voelt je eh niet serieus genomen. Je weet het niet, dus eh eigenlijk voel je je niet serieus genomen.” (interview 1)

Het beleid in de verschillende ziekenhuizen met betrekking tot het al dan niet dragen van een loodschort was voor deelnemers niet eenduidig. Dit veroorzaakte verwarring. Eén participant gaf aan dat ze de eerste keer een loodschort kreeg en bij een vervolgonderzoek niet. Een aantal participanten had graag een loodschort willen dragen tijdens het röntgenonderzoek, dit zou een gevoel van bescherming en veiligheid hebben gegeven:

“Anders had ik denk ik gewoon die kamer niet in gewild als ik (...) zonder op zijn minst een loodschort voor te krijgen.” (interview 4)

Vooraf participanten zonder medische achtergrond vertrouwen op de expertise van de MBB'ers. Eén participant had geen vertrouwen in het personeel, zij vertrouwde alleen op haar partner die zelf op de radiologie-afdeling werkzaam was. Tegenstrijdige gevoelens en twijfel over het onderzoek kwamen voor bij een participant die vanuit haar opleiding over mogelijk risico's voor het ongeboren kind had gehoord:

“En toen was het van ja, we moeten even een foto gaan maken en toen had ik zoiets van: huh, maar ik ben dus zwanger... kan dat wel?” (interview 4)

Daarnaast leidde het ontbreken van enige voorlichting tot verbaazing en weerstand tegen het onderzoek. Bezorgdheid en twijfels waren aanleiding om nogmaals op de zwangerschap te wijzen. Na het röntgenonderzoek ontstonden twijfels en onrust indien voorafgaand aan het onderzoek geen informatie was verstrekt. De mate hiervan had verband met de lichaamslocatie van het

röntgenonderzoek:

“Uhm.. ja en het is natuurlijk een pols en mijn hand en geen uhm.. buik of borst foto...Want dan denk ik dat het wel een ander verhaal geweest zou zijn.” (interview 7)

Eén participant gaf aan die onrust niet te hebben en niet meer over de mogelijke effecten nagedacht te hebben. Geruststelling werd gezocht door informatie op te zoeken op internet of de goede conditie van het ongeboren kind te laten bevestigen door de verloskundige of middels een echo. De informatie van de verloskundige en echo stelden gerust, de informatie op internet niet omdat deze niet eenduidig was:

“Ja, ik heb op Google gekeken, maar daar staan zoveel verschillende dingen op [.....]. Ik denk er staan te veel verschillende dingen op, ik doe hem snel weer dicht [.....]. Want daar word je ook niet vrolijk van.” (interview 3)

Teleurstelling over het aantal röntgenonderzoeken volgt uit onderstaande uitspraak:

... “Ja ze hebben eerst alles afgewerkt voordat ze eigenlijk als laatste die CT-scan gingen maken.

Maar wat ik dan weer lastig vond is dat ze dus eerst een röntgenfoto maken terwijl ze wel wisten eigenlijk dat het een heel klein kansje was dat ze daarop iets konden zien. Dan denk je als die kans zo klein is, had dan meteen een CT-scan gemaakt. Want dan is het niet én, dat voelt dan nog slechter. Dat vond ik wel heel jammer.” (interview 8)

Volgens een andere participant was juist onterecht afgezien van een röntgenonderzoek i.v.m. de zwangerschap.

Deviant case

Een participant die als begeleider van haar kind met een verdenking op een fractuur mee ging de röntgenruimte in, is meegenomen als deviant case omdat zij niet als patiënt maar op dat moment wel als zwangere werd blootgesteld aan röntgenstraling. Zij gaf aan geen voorlichting te hebben gekregen. Vanwege haar medische achtergrond gaf zij aan zich bewust te zijn van de eventuele risico's. Tijdens het onderzoek heeft zij een loodschort gedragen, dit heeft zij als veilig ervaren. Ook zij had graag na het onderzoek informatie van de MBB'er willen ontvangen over de mogelijke risico's.

Kwantitatieve studie (online vragenlijst)

Methode

Door middel van een digitale vragenlijst is een cross-sectioneel onderzoek gedaan om antwoord te krijgen op de vragen:

- Door wie, hoe en op welk moment vrouwen in Nederland voorgelicht willen worden over de risico's van röntgenstraling op hun ongeboren kind en,
- Welke weergave van risico's ze daarbij het beste begrijpen.

Via diverse Facebookpagina's werden in mei 2019 vrouwen, woonachtig in Nederland, met beheersing van de Nederlandse taal en op het moment van invullen zwanger of maximaal één jaar geleden bevallen, uitgenodigd voor deelname. De vragenlijst bestond uit 21 vragen met items over basiskarakteristieken, (negen items), percepties over de vraag naar zwangerschap bij röntgenonderzoek (drie items), wensen over en belang (vijf items) en moment en weergave van voorlichting (vier items). Voorafgaand aan de afname is de vragenlijst voorgelegd aan diverse onderzoeksbegeleiders en de REVIVE-projectgroep en getest op een zwangere, niet behorend tot de steekproef. Naar aanleiding hiervan zijn enkele taalkundige aanpassingen doorgevoerd. De vragenlijst is op te vragen bij de eerste auteur.

Dataverzameling en -verwerking werd in Qualtrics Core XM en -analyse in SPSS (versie 24) uitgevoerd en leverde de volgende resultaten op.

Resultaten

In totaal hebben 154 vrouwen de vragenlijst ingevuld. Hiervan zijn 14 vrouwen geëxcludeerd omdat ze de vragenlijst niet voltooid hebben waardoor 140 vragenlijsten voor analyse overbleven. De gemiddelde leeftijd was 30 jaar (SD 4), 32% was zwanger en 68% was maximaal een jaar geleden bevallen (tabel 1). Van de vrouwen was 59% nulli-/primipara en 41% multipara. 98% van de vrouwen had een opleiding op middelbaar of hoog onderwijsniveau gevolgd en 96% van de vrouwen had geen migratieachtergrond. Ze waren evenredig verdeeld over Nederland, 28% van de vrouwen had een (para)medische achtergrond in opleiding of werk (tabel 1).

Vrouwen onderschreven het belang van de vraag naar een eventuele zwangerschap aan vrouwen in de vruchtbare leeftijd vóór elk röntgenonderzoek (41% eens en 46% sterk mee eens). Ook wilde een grote meerderheid van de vrouwen (81%) voorlichting over mogelijke effecten van röntgenstraling in de zwangerschap

Tabel 1. Basiskarakteristieken van de respondenten (N=140)

Karakteristieken	n (%)
Maternale leeftijd	
20-25 jaar	11 (8)
25-30 jaar	49 (35)
30-35 jaar	53 (38)
35-40 jaar	25 (18)
40-45 jaar	2 (1)
Zwangerschapstatus	
Zwanger	45 (32)
Niet zwanger	95 (68)
Pariteit	
Primipariteit	82 (59)
Multipariteit	57 (41)
Missende data	1 (0)
Afkomst	
Nederlands	134 (96)
Westerse migratieachtergrond	4 (3)
Niet-Westerse migratieachtergrond	2 (1)
Opleidingsniveau	
Laag onderwijsniveau	3 (2)
Middelbaar onderwijsniveau	53 (38)
Hoog onderwijsniveau	84 (60)
Regio	
Noord-Nederland	63 (45)
Midden-Nederland	60 (43)
Zuid-Nederland	17 (12)
(Para)medische achtergrond*	
Ja	39 (28)
Nee	101 (72)

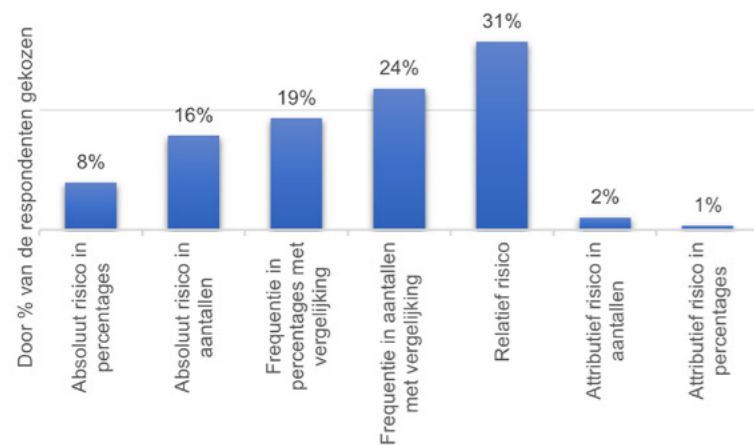
**(Para)medische achtergrond: respondent heeft een (para)medische opleiding genoten en/of is in de (para)medische sector werkzaam.*

ontvangen (tabel 2). Deze kregen ze graag van de verwijzer (68%), van de MBB'er (24%) en in mindere mate van de radioloog (9%). De voorkeur ging vooral uit naar mondelinge voorlichting en een informatiefolder (resp. 85% en 57%), een poster werd minder vaak gekozen (9%). Als voorkeursmoment voor de voorlichting in de medisch niet-acute situatie koos 88% van de vrouwen de verwijzing, 12% wilde voorlichting krijgen vlak voorafgaand aan het röntgenonderzoek. Indien medisch gezien haast geboden was wilde

Tabel 2. Behoeft en moment van voorlichting (N=140)

	n (%)
Behoeft aan voorlichting	
<i>Voorlichtingswens</i>	
Wel voorlichting willen	114 (81)
Geen voorlichting willen	26 (19)
<i>Mate van belang om voorlichting te ontvangen op een schaal van 0 tot 10, mediaan</i>	9
<i>Mate van uitgebreidheid van de voorlichting op een schaal van 0 tot 10, mediaan</i>	7
Moment van voorlichting	
<i>Niet-acute situatie</i>	
Bij verwijzing voor röntgenonderzoek	123 (88)
Voorafgaand aan het röntgenonderzoek	17 (12)
Direct na het röntgenonderzoek	0 (0)
<i>Acute situatie</i>	
Voorafgaand aan het röntgenonderzoek	127 (91)
Direct na het röntgenonderzoek	13 (9)

91% de voorlichting alsnog voorafgaand aan het röntgenonderzoek te ontvangen, maar 9% van de vrouwen koos om dan liever direct na het röntgenonderzoek te worden geïnformeerd (tabel 2). De meest begrijpelijke formuleringen van mogelijke röntgeneffecten vormde 1. een relatief risico (31%) en 2. een frequentie in aantallen met vergelijking (bijvoorbeeld vier van de 100 na blootstelling vergeleken met twee van de 100 zonder blootstelling) (24%). Het attributieve risico scoorde slechts 2% en 1% en een formulering volgens een absoluut risico nam een tussenpositie in met respectievelijk 8% en 16% (figuur 3). De meest inzichtelijke weergave bleek het populatiediagram (56%) ten opzichte van het cirkel- en staafdiagram (37% en 7%) (figuur 4).



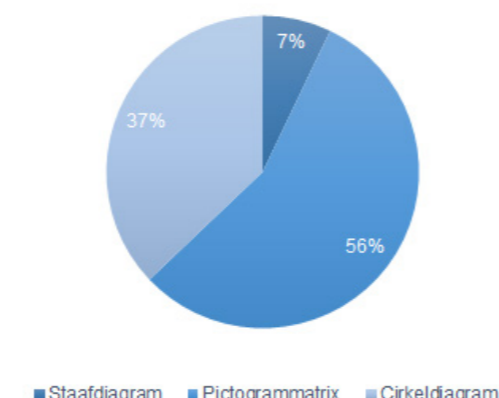
Figuur 3. Formuleringskeuze van effecten over risico's

Discussie op basis van de kwalitatieve en kwantitatieve resultaten

Het doel van deze mixed-methods studie was het onderzoeken van behoeften die bij zwangere vrouwen in Nederland bestaan omtrent voorlichting over de risico's van röntgenstraling voor hun ongeboren kind.

Deelnemers die daadwerkelijk in hun zwangerschap een röntgenonderzoek hebben ondergaan hebben weinig voorlichting gehad, zowel voorafgaand aan als na het röntgenonderzoek. Dat werd door de meesten van hen gemist. Vrouwen hebben, zo blijkt ook uit onze survey, behoefte aan informatie over de risico's van röntgenstraling op het ongeboren kind. Recent onderzoek beschrijft dat vrouwen deze informatie graag ontvangen van de verwijzer en in een informatiebrief, degene die het onderzoek uitvoert of de radioloog⁽⁸⁾. Dit is mede afhankelijk van de dosis ioniserende straling van het onderzoek, lager bij röntgen en hoog bij een CT. Ook in onze survey gaf het merendeel van de vrouwen aan deze van de verwijzer te willen ontvangen, bij voorkeur middels een mondelinge voorlichting en een folder. In geval van hectiek kan gekozen worden de informatie na afloop van het röntgenonderzoek te geven. Respondenten van de survey geven aan deze ook dan indien mogelijk voorafgaand aan het röntgenonderzoek te krijgen. Vrouwen vinden de informatie het meest begrijpelijk als de effecten in de vorm van een relatief risico en daarna als frequentie in verhoudingen met een vergelijkend cijfer worden geformuleerd. Vanuit visueel oogpunt gaven vrouwen voorkeur aan het gebruik van een populatiediagram. Literatuur beschrijft vooral formulering van een absoluut risico als nauwkeurig⁽⁹⁾. Toch vinden vrouwen in dit onderzoek een formulering als relatief risico begrijpelijker en duidelijker. Een relatief risico vergt mogelijk meer achtergrondkennis om te kunnen duiden.

Het uitblijven van voorlichting en het ontbreken van eenduidigheid omtrent het dragen van een loodschort kan zorgen voor het



Figuur 4. Verschillende visuele weergaven van risico's

gevoel niet serieus genomen te worden, verwarring, verbazing en twijfel. Achteraf komen gevoelens van twijfel en onrust voor. Opvallend in deze studie is het vertrouwen dat vrouwen in de expertise van de MBB'ers hebben. Vrouwen begrijpen dat een röntgenonderzoek nodig is maar willen zelf graag de keuze voor dit onderzoek kunnen maken.

Sterke punten en beperkingen van het onderzoek

De kans op recall-bias is geminimaliseerd door vrouwen tot een beperkte periode na de bevalling te bevragen. Een member check is uitgevoerd en in de analyse hebben onderzoeksbegeleiders en -supervisoren meegekeken. Dit maakt dat de onderzoeksresultaten informatie opleveren voor het ontwikkelen van de leidraad voor MBB'ers.

Met de tien interviews is datasaturatie van de kwalitatieve studie niet behaald. Overeenkomsten tussen de deelnemers zijn echter zo groot dat de thema's adequaat kunnen worden verondersteld maar wellicht, na aanvullende interviews, verder kunnen worden uitgewerkt of aangevuld. Doordat deelnemers in deze kwalitatieve studie weinig tot geen voorlichting hebben gehad kan over ervaringen met betrekking tot gegeven voorlichting weinig worden gerapporteerd. De vragenlijst van de survey is uitvoerig getest op inhoud en taalgebruik alvorens deze is verspreid waardoor informatiebias is geminimaliseerd. Mogelijk is echter de vragenlijst door een aantal vrouwen toch als te lang of te moeilijk beschouwd gezien het feit dat nog 9% de lijst niet heeft voltooid. De verdeling van de steekproef over de diverse regio's in Nederland komt overeen met bekende cijfers en laat dus zien dat de steekproef, wat betreft de verdeeldheid over Nederland, representatief is⁽¹⁰⁾. De vrouwen in deze kwantitatieve studie hebben geen röntgenonderzoek tijdens hun zwangerschap ondergaan wat invloed op hun antwoorden kan hebben gehad. Zowel bij de interviews als in de enquête waren personen met een laag onderwijsniveau en met een migratieachtergrond ondervertegenwoordigd. Mogelijk zijn zij minder geneigd om mee te doen aan een onderzoek. Een eventuele taalbarrière of het niet begrijpen van de vragen, het onderwerp of de relevantie van het onderzoek zouden een rol kunnen spelen.

Aanbevelingen vervolgonderzoek en kliniek

Om meer te weten over ervaringen omtrent voorlichting die gegeven wordt zouden vrouwen die wel voorlichting hebben gehad moeten worden geïnterviewd. Daarbij is het zinvol om geruime

tijd voor de werving uit te trekken aangezien röntgenonderzoek bij zwangeren (begrijpelijkerwijs) weinig voorkomt. Bij een volgende survey kan de steekproef worden uitgebreid met laag opgeleide respondenten en respondenten met een migratieachtergrond, om de uitkomsten van het onderzoek nog beter van toepassing te maken op de praktijk in Nederland. Literatuur onderschrijft dat voorlichting over risico's van röntgenstraling in de zwangerschap angst en onrust vermindert⁽³⁾. Uniform omgaan met het al dan niet dragen van een loodschort vermindert verwarring. Informed consent is cruciaal, ook bij radiologische procedures⁽⁸⁾. Indien een vrouw voorlichting wil kan deze zowel mondeling als schriftelijk (door de verwijzende zorgverlener of de MBB'er) worden gegeven, met risico's geformuleerd als een relatief risico en ter verduidelijking een populatiediagram. De MBB'er, de verwijzer of de afdeling radiologie kan voorafgaand aan het röntgenonderzoek, bijvoorbeeld tijdens het plannen van de afspraak, nagaan waar de (informatie-) behoefte van de zwangere ligt en dit op maat aan haar aanbieden. Indien dit voor het röntgenonderzoek niet mogelijk is, wordt aanbevolen hieraan na het röntgenonderzoek aandacht te besteden. De survey adviseert in een acute situatie ook te proberen voorafgaand aan het röntgenonderzoek voorlichting te geven. Daarbij moet in acht worden genomen dat niet alle informatie op dat moment door de zwangeren kan worden opgenomen. Dit benadrukt het belang na afloop van het onderzoek nogmaals te peilen of nadere voorlichting gewenst is. Vervolgonderzoek kan uitwijzen hoe en door wie dit moet worden gedaan.

Conclusie

In antwoord op de onderzoeksvraag "Hoe ervaren zwangere vrouwen in Nederland de communicatie over de risico's van röntgenstraling in het ziekenhuis voor het ongeboren kind?" kan worden gesteld dat slechts weinig voorlichting is gegeven. Vrouwen hebben hier echter wel behoefte aan. Indien het voorafgaand aan een röntgenonderzoek niet mogelijk is om voor te lichten, dan willen de deelnemers na afloop hiervan alsnog over effecten van het onderzoek geïnformeerd worden. MBB'ers dienen hiertoe over kennis te beschikken die up-to-date is om zwangeren volledig te kunnen voorlichten en het beleid zoals gebruik van een loodschort eenduidig te hanteren. Binnen het overkoepelende project REVIVE worden hiervoor een e-learning en een leidraad ontwikkeld. Met betrekking tot de vraag 'Hoe willen zwangere vrouwen in Nederland over de risico's van röntgenstraling voor het ongeboren kind worden voorgelicht?' kan worden gesteld dat vrouwen in een niet-acute situatie bij voorkeur door de verwijzende zorgverlener voorgelicht willen worden, en in een acute situatie zo mogelijk

alsnog voorafgaand aan het röntgenonderzoek. Het liefst worden vrouwen middels een mondelinge voorlichting en een folder voor- gelicht. Als weergave van de risico's zien vrouwen het liefst een formulering als relatief risico en een populatiediagram. Samenvattend kan worden geconcludeerd dat vrouwen gevraagd moet worden of ze voorlichting willen ontvangen. Indien zij hierop bevestigend antwoorden dan kunnen de resultaten uit dit onder- zoek hiertoe handvatten bieden.

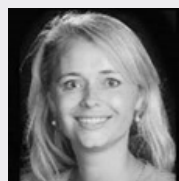
Dankwoord

Dit artikel is tot stand gekomen met behulp van Julia Zwiers, Karin Stratingh, Alyssa van der Zon, Lisa Roeberson, Lidewij Banga en Laura Sosef. Deze studenten van de AVAG hebben zich ingezet middels de onderzoeksactiviteiten, in het kader van hun theses, die aan de basis liggen van dit artikel. Dit onderzoek is medege- financiert door Regieorgaan SIA, onderdeel van de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO).

over de auteurs



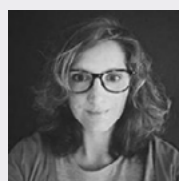
Maria Dalmaijer RM MSc
Rijksuniversiteit Groningen, Universitair Medisch Centrum Groningen, afdeling Huis- artsgeneeskunde en Ouderengeneeskunde, sectie Midwifery Science, Amsterdam UMC (locatie VUmc), afdeling Midwifery Science, Academie Verloskunde Amsterd am Gronin- gen



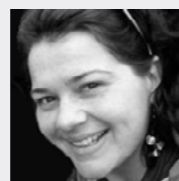
Esther Feijen-de Jong RM PhD
Rijksuniversiteit Groningen, Universitair Medisch Centrum Groningen, afdeling Huis- artsgeneeskunde en Ouderengeneeskunde, sectie Midwifery Science, Amsterdam UMC (locatie VUmc), afdeling Midwifery Science, Academie Verloskunde Amsterdam Gronin- gen



Harmen Bijwaard PhD
Hogeschool Inholland, Lectoraat Medische Technologie & Rijksinstituut voor Volksge- zondheid en Milieu, Centrum Veiligheid



Fleur Wit MSc
Hogeschool Inholland, Medische Beeldvor- ming en Radiotherapeutische Technieken



Colinda Vroonland
Hogeschool Inholland, Lectoraat Medische Technologie

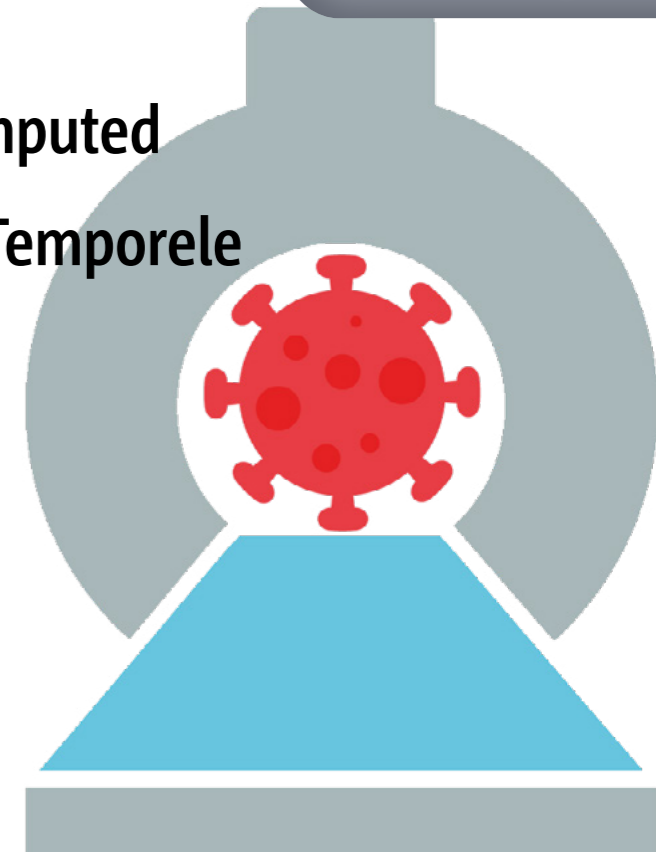


Lilian Peters PhD
Rijksuniversiteit Groningen, Universitair Medisch Centrum Groningen, afdeling Huis- artsgeneeskunde en Ouderengeneeskunde, sectie Midwifery Science, Amsterdam UMC (locatie VUmc), afdeling Midwifery Science, Academie Verloskunde Amsterdam Gronin- gen

Referenties

1. Smith-Bindman R, Kwan ML, Miglioretti DL. Who Gets to Decide? Radiology 2016: 278:635-6.
2. Valentin, J. Biological effects after prenatal irradiation (embryo and fetus). International Commission on Radiological Protection(ICRP). Publication 90. Pergamon: 2003: 33 (1-2).
3. Ray, J, Schull, M, Urquia, M, You, J, Guttmann, A, Vermeulen, M. Major Radiodiagnostic Imaging in Pregnancy and the Risk of Childhood Malignancy: A Population-Based Cohort Study in Ontario. PLOS Medi- cine: 2010: 7(9): e1000337.
4. Rajaraman, P, Simpson, J, Neta, G, et al. Early life exposure to diag- nostic radiation and ultrasound scans and risk of childhood cancer: case-control study. British Medical Journal(BMJ): 2011: 342: d472.
5. Schulze-Rath, R, Hammer, GP, Blettner, M. Are pre- or postnatal diag- nostic X-rays a risk factor for childhood cancer? A systematic review. Radiation and Environmental Biophysics. 2008 :47(3): 301-312.
6. Bijwaard, H & REVIVE consortium. Projectplan REVIVE: Röntgenstraling en Vrouwen in Verwachting. 22 juli 2017.
7. Corbin, J, Strauss, A. Basics of Qualitative Research: Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory. Thousand Oaks, CA: Sage; 2008.
8. Ukkola, L, Oikarinen, H, Henner, A. et al. Information about radiation dose and risks in connection with radiological examinations: what patients would like to know. Eur Radiol 2016: 26:436.
9. Zipkin, D., Umscheid, C., Keating, N., Allen, E., Aung, K., Beyth, R., Kaatz, S., Mann, D., Sussman, J., Korenstein, D., Schardt, C., Nagi, A., Sloane, R. & Feldstein, D. Evidence based risk communication, a systematic review. Annals of internal medicine 2014: 161: p270-280.
10. Provincie Zuid Holland. Waar staat je provincie. Inwoners. 2019. Beschikbaar via: <http://www.waarstaatjeprovincie.nl/Paginas/Demo- grafie/Inwoners.aspx>. Geraadpleegd op 31 mei 2019.

De Diagnostische Waarde van Computed Tomography (CT) bij COVID-19 en Temporele CT-karakteristieken van COVID-19



auteurs:

S.D. Botter, P. Dewansingh-Leeffers, Drs. R.B.G. de Jong, J.W. Jonges-Boerman [✉ SANNEBOTTER@LIVE.NL](mailto:SANNEBOTTER@LIVE.NL)

Samenvatting

Achtergrond: COVID-19 is een virale ziekte met wereldwijd bijna een miljard besmettingsgevallen en waaraan miljoenen zijn overleden. Middels de gouden standaard, de real-time Polymerase Chain Reaction (RT-PCR) test, wordt COVID-19 gediagnosticeerd. Echter varieert de gerapporteerde sensitiviteit van de RT-PCR test tussen 42% en 83%. Wegens deficiënties van de RT-PCR test, wordt onderzocht of Computed Tomography (CT) een rol kan spelen bij het diagnosticeren of behandelen van COVID-19. Het doel van dit onderzoek is het bepalen van de diagnostische waarde van een CT-thorax bij een onbekend of negatief RT-PCR resultaat en het in kaart brengen van temporele veranderingen van CT-karakteristieken van COVID-19.

Methode: Dit onderzoek is een systematisch literatuuronderzoek. Relevante literatuur is geselecteerd aan de hand van een primaire en een secundaire zoekstrategie. In de primaire zoekstrategie is literatuur gezocht met behulp van zoekstrings in de data- base PubMed en in de COVID-19 database van de World Health Organization (WHO). De secundaire zoekstrategie bestond uit het raadplegen van databases van de Nederlandse Vereniging voor Radiologie (NVvR), de American Journal of Roentgenology (AJR), de European Society of Radiology (ESR) en de Radiological Society of North America (RSNA). Deze databases bevatten reeds een selectie van studies die in relatie staan tot COVID-19 en medische beeldvorming. De literatuur is geselecteerd aan de hand van vooraf opgestelde inclusiecriteria, exclusiecriteria en uitkomstma- ten. De studies zijn beoordeeld op kwaliteit middels checklisten van Cochrane.

Resultaten: In totaal zijn veertien studies geïncludeerd, waarvan vijf studies betreffende de samenhang van de CT-thorax en de RT-PCR test en negen studies met betrekking tot temporele ver- anderingen van COVID-19 op het CT-beeld. De sensitiviteit van de CT-thorax is 97.5% en de sensitiviteit van de RT-PCR test is 77.2%. De CT-kenmerken van COVID-19 zijn bilaterale matglasopaciteiten (GGO, ground glass opacities), crazy paving en consolidatie in peri- fere longvelden. In korte tijd worden veel verschillende afwijkingen van COVID-19 op het CT-beeld zichtbaar, dit proces verloopt snel en divers. De longafwijkingen hebben een piek in omvang rond tien dagen na de start van de symptomen.

Conclusie: De CT-thorax is sensitiever in het diagnosticeren van COVID-19 dan de RT-PCR test, echter blijft de RT-PCR test de gouden standaard. De CT-thorax heeft een lage specificiteit en is minder valide in het uitsluiten van COVID-19. GGO en consolidatie in perifere longvelden zijn karakteristiek voor COVID-19, maar deze CT-kenmerken kunnen snel veranderen in de eerste twee weken na aanvang van de symptomen. De CT kan worden gebruikt als hulpmiddel om patiënten tijdig in ‘waarschijnlijk positieve’ en ‘waarschijnlijk negatieve’ cohorten te plaatsen. Daarnaast kan de CT-thorax van meerwaarde zijn om COVID-19 waarschijnlijker te maken bij patiënten met een verdacht klinisch beeld, maar een initieel negatief RT-PCR resultaat.

Inleiding

Anno 2021 zijn wereldwijd bijna een miljard bevestigde besmettingen van COVID-19 en miljoenen sterfgevallen door COVID-19 geregistreerd⁽¹⁾. COVID-19 is een virale ziekte, ook bekend als SARS-CoV-2 of ernstig acuut respiratoir syndroom coronavirus 2⁽²⁾. De definitieve diagnose van COVID-19 wordt volgens de huidige standaard gebaseerd op een microbiologische test, de real-time Polymerase Chain Reaction (RT-PCR) test. De gerapporteerde sensitiviteit van de RT-PCR test varieert tussen 42% en 83%. De variatie in sensitiviteit is afhankelijk van de duur van de symptomen, de virale lading of de kwaliteit van het testmonster⁽³⁻⁵⁾. In verschillende studies worden gevallen gemeld waarbij de RT-PCR test een positief resultaat opleverde na meerdere negatieve RT-PCR testen, bij patiënten met typische klinische en beeldvormende kenmerken van COVID-19⁽⁶⁻⁹⁾. Veelal wordt onderzocht of medische beeldvorming een rol kan spelen bij het stellen van de diagnose en het behandelen van de infectie⁽¹⁰⁾.

Het expertise team Diagnostiek COVID-19 van de Federatie Medisch Specialisten (FMS) adviseert om bij klinische verdenking op COVID-19 en een negatieve RT-PCR test, een Computed Tomography (CT) scan van de thorax uit te voeren⁽¹¹⁻¹³⁾. Uit eerdere onderzoeken is namelijk gebleken dat het mogelijk is om afwijkingen van COVID-19 te detecteren middels medische beeldvorming^(8,14). De CT-scan kan daarnaast een indicatie geven van de ernst van de ziekte en inzicht geven in eventuele alternatieve diagnoses. De voornaamste karakteristieke afwijkingen van COVID-19 op het CT-beeld zijn matglasopaciteiten (GGO), wel of niet in combinatie met consolidatie, crazy paving en vasculaire verdikking. De laesies zijn veelal perifeer en subpleuraal verdeeld⁽¹⁵⁾.

Verscheidene studies zijn uitgevoerd betreffende de diagnostische waarde van de CT-thorax wanneer de RT-PCR test onbekend of negatief is, terwijl een typisch klinisch beeld en karakteristieke afwijkingen voor COVID-19 op het CT-beeld worden gepresenteerd. Daarnaast zijn verschillende studies uitgevoerd met betrekking tot veranderingen in het CT-beeld van COVID-19 in de tijd. De resultaten van deze studies variëren. In deze systematische review wordt een overzicht gegeven van relevante literatuur waarbij wordt onderzocht wat de samenhang tussen het RT-PCR resultaat en het CT-beeld is. Daarnaast wordt onderzocht wat de temporele veranderingen van CT-karakteristieken van COVID-19 zijn.

Methode Selectie van studies

Voor dit onderzoek en het opstellen van zoekstrategie is gebruik

gemaakt van verschillende databases. Artikelen gepubliceerd in de periode van oktober 2019 tot en met mei 2020 zijn geïncludeerd. Voor de primaire zoekstrategie werd, met behulp van verschillende zoekstrings, in de database van PubMed en de COVID-19 database van de World Health Organization (WHO) gezocht. De zoekstrings bestonden uit vooraf opgestelde zoektermen en Medical Subject Headings (MeSH) termen. Drie zoekstrings met MeSH-termen zijn gebruikt in de database PubMed. Dezelfde zoekstrings, zonder MeSH-termen, zijn gebruikt in de COVID-19 database van de WHO.

In de secundaire zoekstrategie zijn referenties van resultaten uit de primaire zoekstrategie gecontroleerd op relevantie aan de hand van vooraf opgestelde in- en exclusiecriteria. Daarnaast zijn in de secundaire zoekstrategie kleine databases van de Nederlandse Vereniging voor Radiologie (NVvR), de American Journal of Roentgenology (AJR), de European Society of Radiology (ESR) en de Radiological Society of North America (RSNA) geheel doorzocht op relevante artikelen, gezien deze databases reeds een selectie van studies bevatten welke in relatie staan tot COVID-19 met betrekking tot de medische beeldvorming.

Inclusiecriteria van dit literatuuronderzoek zijn: cross-sectionele onderzoeken en cohortonderzoeken waarbij de onderzoekspopulatie meerdere CT-scans onderging in de tijd. De volledige inclusie- en exclusiecriteria zijn weergegeven in Tabel 1. Artikelselectie is gedaan door één onderzoeker op titel, vervolgens abstract en tot slot de full text.

Tabel 1. Inclusie- en exclusiecriteria

INCLUSIE	EXCLUSIE
Cross-sectionele studies	Review
Cohortstudies	Randomized Controlled Trial (RCT) studies
Onderzoekspopulatie met verdachte of bewezen COVID-19	Publicaties betreffende Correspondenties, Consensus Statements of Guidelines
Sensitiviteit en specificiteit van CT-thorax	Onderzoekspopulatie betreffende kinderen of zwangere vrouwen
Sensitiviteit en specificiteit van RT-PCR test	X-thorax (röntgenfoto van de thorax)
Karakteristieken van COVID-19 op het CT-beeld	
Temporele veranderingen van het CT-beeld	
Gepubliceerd vanaf oktober 2019	
Engelstalig	
Nederlandstalig	

Risico op bias

De studies zijn beoordeeld op het risico op bias, aan de hand van gevalideerde checklisten van Cochrane. De cross-sectionele onderzoeken zijn beoordeeld aan de hand van de Checklist Cross-sectionele Studies (zie bijlage I: beschikbaar bij de redactie) en de cohortstudies zijn beoordeeld met behulp van de Checklist Cohortstudies (zie bijlage II: beschikbaar bij de redactie)^(16,17). Aan deze checklisten is een kwaliteitsscore gekoppeld. De scores kunnen variëren tussen 1 en 10, waarin een hoge score gelijk stond aan een betere validiteit, grotere betekenis van de resultaten en een betere toepasbaarheid^(16,17). Wanneer een studie onvoldoende scoorde op de kwaliteitsscore, werd deze geëxcludeerd.

Uitkomstmaten

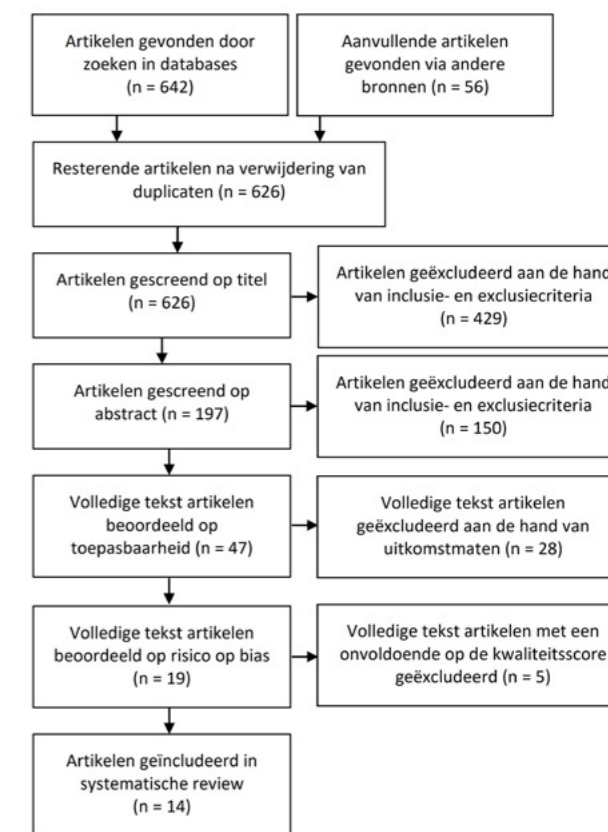
De uitkomstmaten waren de sensitiviteit en specificiteit van de RT-PCR test en van de CT-thorax, de CT-karakteristieken van COVID-19 en temporele veranderingen van het CT-beeld.

Resultaten Kenmerken studies

In deze systematische literatuurstudie zijn veertien artikelen geïncludeerd en volledig geanalyseerd. Figuur 1 toont een schematische weergave van de selectie van studies. In totaal zijn 2062 patiënten geïncludeerd in deze veertien studies. In vier van de veertien studies bestond de populatie uit patiënten uit Wuhan in China (n = 1220)⁽¹⁸⁻²¹⁾, negen studies hadden patiëntenpopulaties uit andere delen van China (n = 684)⁽²²⁻³⁰⁾ en één studie omvatte een patiëntenpopulatie (n = 158) uit Rome, Italië⁽³¹⁾. Vijf van de veertien geïncludeerde studies waren cross-sectionele onderzoeken^(18,21,23,26,31) en negen artikelen een cohortstudie^(19,20,22,24,25,27-30). De uitkomstmaten van de artikelen hadden betrekking op de CT-karakteristieken van COVID-19 in relatie tot de tijd en op de diagnostische waarde van de CT-thorax in vergelijking met de RT-PCR resultaten. Daarnaast is gekeken naar de samenhang tussen de CT-thorax en de RT-PCR resultaten, waarbij in verschillende studies de sensitiviteit en specificiteit werd vergeleken.

Methodologische kwaliteit

De kwaliteitsscores van de geïncludeerde studies varieerden van 6.0 tot 8.0 met een gemiddelde van 7.2. Zeven van de veertien studies scoorden onder het gemiddelde, namelijk tussen de 6.0 en de 7.0^(19,21,24,25,28-30). In twee studies is laag gescoord met betrekking tot de selectie van de patiënten^(19,28). Vier studies scoorden lager vanwege onduidelijkheid over het tijdsplan van het ziektebeloop of onvoldoende beschikbare data over de geïncludeerde popula-



Figuur 1. Flow Diagram

tie^(20,22,25,31). Daarnaast was de follow-up onvoldoende lang in alle studies. De maximale duur van de follow-up was drie weken, wat resulteerde in een lagere kwaliteitsscore. Zeven van de veertien studies scoorden bovengemiddeld, namelijk tussen de 7.5 en 8.0^(18,20,22,23,26,27,31). Hoge scores zijn behaald door het rapporteren van redenen van uitsluiting of exclusie van patiënten in drie studies^(18,26,31). In zes van de veertien studies is vermeld dat de CT-scans onafhankelijk van het RT-PCR resultaat en/of onafhankelijk door meerdere radiologen zijn beoordeeld, wat leidde tot een hogere kwaliteitsscore^(18,20,22,24,25,29). Vier studies met betrekking tot de samenhang van de CT-thorax en RT-PCR vermeldden de sensitiviteit en/of specificiteit en scoorden hierdoor hoog^(18,23,26,31). In Tabel 2 zijn de kwaliteitsscores per studie weergegeven (zie volgende blz.).

Uitkomsten

De belangrijkste uitkomsten per studie zijn weergegeven in Tabel 2. In elf van de veertien studies is een grote verscheidenheid aan CT-bevindingen bij COVID-19 gerapporteerd. Het belangrijkste CT-kenmerk van COVID-19 is de aanwezigheid van GGO, meestal met een perifere en subpleurale verdeling^(19,20,30,31,21-25,27-29). In zeven

Tabel 2. Evidence Table

Auteurs, Jaar	Type Studie	Populatie (N)	Methode	Uitkomstmaat	Resultaten	Conclusie	Score
Ai T, et al. 2020 ⁽¹⁸⁾	Cross-sectioneel onderzoek	N = 1014 patiënten in Wuhan, China	RT-PCR test en CT-thorax. De RT-PCR test als standaard. Meerdere metingen met tijdsinterval van vier dagen of meer.	De diagnostische waarde en samenhang van CT-thorax vergelijkend met RT-PCR test.	59% positieve RT-PCR, 88% positieve CT. Sensitiviteit CT: 97%. Bij negatieve RT-PCR 75% positieve CT. 48% hoge en 33% mogelijke verdenking op COVID-19. Seriele RT-PCR testen en CT-scans: 5.1 ± 1.5 dagen. 42% verbetering in follow-up CT voordat de RT-PCR resultaten negatief werden.	CT-thorax is sensitiever in het diagnosticeren van COVID-19 in vergelijking met RT-PCR test.	8
Bernheim A, et al. 2020 ⁽²²⁾	Cohortstudie	N = 121 patiënten in China	RT-PCR bevestigd en initiële CT-thorax. Onafhankelijke beoordeling door twee radiologen. Tijdsinterval tussen start van symptomen, positieve RT-PCR en CT-scan (vroeg, 0-2 dagen; gemiddeld, 3-5 dagen; laat, 6-12 dagen).	Karakteriseren van temporele CT-bevindingen bij COVID-19.	36 vroege, 33 gemiddelde en 25 late fase. 56% normaal CT-beeld (vroege fase). Hoe langer de symptomen, hoe meer CT-afwijkingen: consolidatie, meer aangedane kwabben, crazy-paving, lineaire opaciteiten. Bilaterale afwijkingen in 28% (vroeg), 76% (gemiddeld) en 88% (laat).	Toename van laesies is waargenomen. Consistent met vroege casus: afwezigheid van lymfadenopathie, pleurale effusie en nodules.	8
Caruso D, et al. 2020 ⁽³¹⁾	Cross-sectioneel onderzoek	N = 158 patiënten in Rome, Italië	RT-PCR test en CT-thorax. RT-PCR als referentie. CT-kenmerken verdeeld in RT-PCR positieve en CT-positieve patiënten.	CT-kenmerken van COVID-19 en de nauwkeurigheid van CT vergelijken met RT-PCR.	Sensitiviteit, specificiteit en nauwkeurigheid van CT waren respectievelijk 97%, 56% en 72%. Bij RT-PCR en CT positief: GGO (100%), meerdere en posterieure delen van de longen betrokken (93%), bilaterale longontsteking (91%) en vaatvergroting (89%).	CT-kenmerken COVID-19: GGO, multilobulair en posterieur in de longen, bilaterale longontsteking en vaatvergroting. Hoge sensitiviteit (97%) maar lage specificiteit (56%).	7.5
Fang Y, et al. 2020 ⁽²³⁾	Cross-sectioneel onderzoek	N = 51 patiënten in China	CT-thorax en RT-PCR test, tijdsinterval ≤ 3 dagen. Herhaalde test bij negatieve RT-PCR ≥ 1 dag. Beschrijving van CT-kenmerken en vergelijking van detectiesnelheid op COVID-19 van CT-thorax en RT-PCR test.	Het vergelijken van de sensitiviteit van CT-thorax met RT-PCR test.	Gemiddelde tijd van symptomen tot CT en RT-PCR test: 3 ± 3 dagen. 36/51 aanvankelijk positieve RT-PCR. 12/51 na twee RT-PCR tests (1-2 dagen). 2/51 na drie tests (2-5 dagen) en 1/51 na 4 tests (7 dagen). 98% aanvankelijk abnormale CT. 72% typisch COVID-19 CT-beeld, 28% atypisch CT-beeld. Detectiepercentage initiële CT: 98%, initiële RT-PCR: 71%.	Sensitiviteit van CT-thorax groter dan RT-PCR (98% versus 71%). Gebruik CT-thorax bij negatieve RT-PCR en klinische kenmerken van COVID-19.	7.5
Li X, et al. 2020 ⁽²⁴⁾	Cohortstudie	N = 131 patiënten in China	RT-PCR bevestigd en CT-thorax. Analyse van COVID-19 karakteristieken en ontwikkelingskenmerken van CT-thorax beelden.	Beschrijven van CT-manifestaties van COVID-19.	Meeste CT-laesies in beide longen en perifere velden. 83% ≥ twee kwabben, 15% GGO, 47% GGO en consolidatie. Zeldzaam: pleurale verdikking, hydrothorax, pericardiale effusie en vergrote mediastinale lymfeklieren. Follow-up: 73% zeer snelle verandering, gemiddeld 3.5 dagen. 27% geabsorbeerde laesies. 46% progressie en 27% geen significante veranderingen.	Het karakteristieke GGO en consolidatie beeld in de perifere velden is zeer verdacht voor COVID-19, dat snel kan veranderen in een korte periode.	7
Liang T, et al. 2020 ⁽²⁵⁾	Cohortstudie	N = 88 patiënten in China	RT-PCR bevestigd. Beoordeling van baseline CT en ≥ 1 follow-up CT. Analyse van meerdere CT-kenmerken gedurende drie weken, in tijdsintervallen. Berekening van totale severity scores.	Beschrijven van evolutie van CT-bevindingen bij COVID-19.	Baseline CT gemiddeld 5 dagen na start van symptomen. 4.5% initiële negatieve CT. Verschillen betreffende tijdsintervallen en laesies: GGO, GGO en consolidatie, GGO en consolidatie met lineaire opaciteit, consolidatie met lineaire opaciteit, consolidatie. Meerderheid: ≥ 3 longkwabben betrokken. Laesies vaker bilateraal dan unilateraal. In de tijd afname van GGO of GGO en consolidatie, toename van GGO en lineaire opaciteit. Stijgende trend totale severity score ≤ 2 weken.	Verandering van CT-kenmerken tijdens verschillende tijdsintervallen ≤ 3 weken na de start van de symptomen bij COVID-19.	6
Long C, et al. 2020 ⁽²⁶⁾	Cross-sectioneel onderzoek	N = 87 patiënten in China	Patiënten met verdenking op COVID-19 met CT-thorax en RT-PCR test. Vergelijking van sensitiviteit.	Evaluëren van de diagnostische waarde van CT en RT-PCR.	35/36 abnormaal CT-beeld, 1/36 normale CT. RT-PCR: 30/36 positief, 6/36 negatief. 3/6 positief na twee tests (2-3 dagen), 3/6 positief na drie tests (5-8 dagen). Sensitiviteit: CT 97.2%, initiële RT-PCR 83.3%.	RT-PCR kan aanvankelijk fout-negatief zijn. Herhalen van RT-PCR tests bij karakteristiek CT-beeld lijkt effectief.	7.5
Pan F, et al. 2020 ⁽²⁷⁾	Cohortstudie	N = 21 patiënten in China	RT-PCR bevestigde COVID-19. Verschillende CT-thoraxen met tijdsintervallen ± 4 dagen. Berekening van totale CT-score.	Bepalen van veranderingen in CT-bevindingen.	Gemiddeld interval: 4 ± 1 dag. Stadium 1 (0-4 dagen): GGO 75%, CT-score 2 ± 2; Stadium 2 (5-8 dagen): toename crazy-paving 53%, verhoogde CT-score (6 ± 4); Stadium 3 (9-13 dagen): consolidatie 91%, piek CT-score (7 ± 4); Stadium 4 (≥ 14 dagen): geleidelijke verbetering consolidatie 75%, verlaging CT-score (6 ± 4), zonder crazy paving.	De longafwijkingen het ernstigst op ongeveer 10 dagen na start van symptomen.	8
Pan Y, et al. 2020 ⁽¹⁹⁾	Cohortstudie	N = 63 patiënten in Wuhan, China	CT-thorax bij bevestigde COVID-19. Notatie van verschillende kenmerken. Uitvoering van beeldvormende follow-up.	Het observeren van CT-karakteristieken van COVID-19.	Gemiddelde aangetaste kwabben: 3.3 ± 1.8. Aangetaste kwabben: 1 30.2%, 2 7.9%, 3 6.3%, 4 11.1% en 5 44.4%. 85.7% GGO, 22.2% pure GGO, 19% consolidatie, 17.5% fibrose strepen en 12.7% nodules. 85.7% toename, vergroting en consolidatie van GGO, vergrote fibrose strepen en toename en vergroting van nodules.	Beeldveranderingen bij COVID-19 verlopen snel en zijn divers.	7
Shi H, et al. 2020 ⁽²⁰⁾	Cohortstudie	N = 81 patiënten in Wuhan, China	RT-PCR bevestigd en CT-thorax. Groepering op basis van tijdsinterval (start van symptomen tot eerste CT-scan): groep 1 (CT-scan voor aanvang van symptomen), groep 2 (≤ 1 week), groep 3 (1-2 weken) en groep 4 (2-3 weken). Analyse en vergelijking van beeldvormingskenmerken en verloop.	Het beschrijven van de CT-bevindingen van COVID-19 over verschillende tijdspunten tijdens het ziekteverloop.	Gemiddeld aantal betrokken longsegmenten 10.5, 2.8 groep 1, 11.1 groep 2, 13.0 groep 3 en 12.1 groep 4. Overheersend patroon afwijkingen: bilateraal 79%, perifeer 54%, grillig 81% en GGO 65%, voornamelijk rechter onderste kwabben (27%). Groep 1: eenzijdige (60%) en multifocale (53%) GGO. Snelle evolutie naar bilaterale laesies (90%). Groep 2: diffuse GGO (52%). Groep 3 en 4: afname GGO (57% en 33%) en toename consolidatie met gemend patroon (40% en 53%)	Karakteristieke CT-kenmerken van COVID-19 zijn waargenomen. Snelle evolutie van laesies naar een diffuus GGO of consolidatie patroon in 1-3 weken	7.5
Wang Y, et al. 2020 ⁽²⁸⁾	Cohortstudie	N = 90 patiënten in China	RT-PCR bevestigd en CT-thorax. Beoordeeld door 2 groepen radiologen op (manifestaties van) longafwijkingen, totale CT-scores en het aantal betrokken zones. Deze kenmerken zijn geanalyseerd op veranderingen in de tijd.	Seriële CT-bevindingen in de tijd te analyseren bij patiënten met COVID-19.	Snelle vordering van CT-scores en aantal betrokken zones. Piek tijdens ziektegedagen 6-11 (mediaan 5 en 5). GGO 45-62%. Piek gemend patroon (38%) op ziektegedagen 12-17. Bij aanvang van symptomen: pure GGO (40-71%). Piek GGO met onregelmatige lineaire opaciteit op ziektegedagen 6-11 (28%). Verdeling laesies: bilateraal en subpleuraal. 94% restafwijkingen op laatste CT-scan (mediaan CT-scores en betrokken zones: 4 en 4), GGO (60%) en pure GGO (74%).	Piek in omvang van CT-longafwijkingen tijdens ziektegedagen 6-11. Specifiek patroon temporele CT-veranderingen, kan duiden op progressie of herstel.	6.5
Xie X, et al. 2020 ⁽²⁹⁾	Cohortstudie	N = 5 patiënten in China	Negatief RT-PCR resultaat met CT-thorax en initiële RT-PCR test op dezelfde dag. Twee radiologen beoordeelden de CT-beelden onafhankelijk.	Beschrijven van CT-kenmerken bij hoge verdenking op COVID-19, maar negatieve of zwak positieve RT-PCR.	100% karakteristieke CT-thorax voor COVID-19. GGO (100%) en mixed GGO en/of mixed consolidatie (40%). Bevestiging COVID-19 na herhaling van testen (100%).	Combinatie van herhaalde RT-PCR testen en CT-scans lijkt nuttig bij hoge klinische verdenking, maar met initieel negatief RT-PCR resultaat.	7
Xu X, et al. 2020 ⁽³⁰⁾	Cohortstudie	N = 90 patiënten in China	RT-PCR bevestigd en CT-thorax. Analyse van klinische en beeldvormende kenmerken. Na 1-6 dagen (gemiddeld 3.5 dagen) follow-up CT-scans, beoordeling van evolutie.	Rapporteren van beeldvormende en klinische kenmerken van COVID-19.	Bilaterale, multifocale laesies, perifere distributie. 59% ≥ 2 betrokken kwabben 72% GGO, 13% consolidatie, 12% crazy paving, 37% interlobulaire verdikking, 56% aangrenzende pleura verdikking en 61% lineaire opaciteit. Zeldzame bevindingen: pleurale effusie, pericardiale effusie en lymfadenopathie. Geen afwijkingen op baseline CT bij 23%.	CT-detectie van kleine laesies in vroeg stadium. Manifestatie van bilaterale, multifocale en perifere GGO zijn kenmerkend.	6.5
Zhou S, et al. 2020 ⁽²¹⁾	Cross-sectioneel onderzoek	N = 62 patiënten in Wuhan, China	RT-PCR bevestigd en CT-thorax. Beoordeling van verschillende CT-kenmerken en vergelijking van CT-scores. Vergelijking van CT-kenmerken in vroege (≤ 8 dagen na start van symptomen) en gevorderde (8-14 dagen) fase.	Het onderzoeken en beschrijven van de CT-kenmerken van patiënten met bevestigde COVID-19.	Eerste CT-scan: 83.9% ≥ 1 laesies. 77.4% perifeer. Gemiddelde CT-score: 3 ± 3.4 boven, 4.5 ± 3.8 midden, 4.5 ± 3.7 onder, 4.4 ± 4.1 anterieur en 7.7 ± 6.3 posterieur. CT-bevindingen: 40.3% GGO; 33.9% consolidatie; 62.9% GGO plus reticulair patroon; 54.8% vacuolar sign; 45.2% micro vasculaire verwijding; 56.5% fibrotische strepen; 33.9% subpleurale lijnen; 53.2% subpleurale transparante lijnen; 72.6% luchtbronchogram; 17.7% bronchusvervorming; 48.4% pleurale verdikking, 56.5% pleurale retractietekenen en 9.7% pleurale effusie. Gevorderde fase: verhoogd beeld van GGO plus reticulair patroon, vacuolar sign, fibrotische strepen, een subpleurale lijn, een subpleurale transparante lijn, luchtbronchogram, bronchusvorming en pleurale effusie; afname van pure GGO.	Suggestie vroege fase: GGO en enkele laesie. Verergering en verbetering van CT-kenmerken in gevorderde fase. Karakteristieke, multifocale distributie van laesies in middelste, onderste en posterieure longgebieden.	7



Afbeelding 1 (links): Multifocale bilaterale subpleurale GGO, rechts in contact met de fissuur, crazy paving en consolidatie aan de linkerkant⁽³²⁾. Afbeelding 2 en 3 (midden en rechts): Vaatverwijding, typische laesie in GGO gebieden⁽³³⁾.

studies waren, bij de meerderheid van de populatie, de meest voorkomende laesies zichtbaar in beide longen, gelokaliseerd in de perifere velden. Daarnaast waren de meeste laesies zichtbaar in meer dan twee longkwabben, met name de onderste en posterieure longkwabben^(20,21,24,25,28,30,31).

Sensitiviteit en specificiteit van de RT-PCR test en de CT-thorax

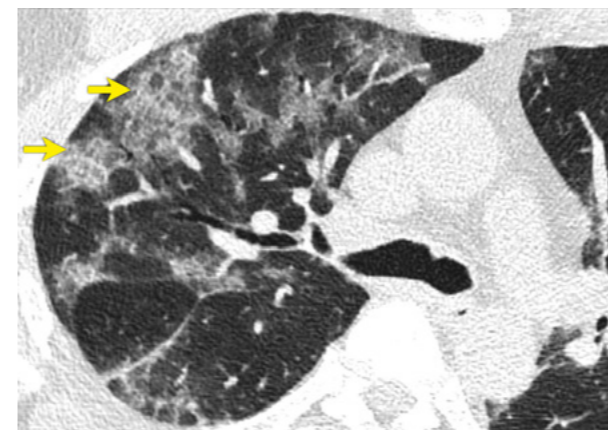
Zes studies tonen aan dat patiënten met karakteristieke CT-bevindingen en een hoge klinische verdenking voor COVID-19, een aanvankelijk negatieve RT-PCR test kunnen hebben^(18,22,23,26,29,31). In vijf studies wordt een range van 12% tot 30% vermeld^(18,22,23,26,31). In één studie zijn enkel patiënten met een initieel negatief RT-PCR resultaat geïnccludeerd⁽²⁹⁾. Na het herhalen van testen werd in vier studies het RT-PCR resultaat bij alle patiënten positief^(22,23,26,29). Het interval tussen een negatief naar een positief RT-PCR resultaat kan twee tot acht dagen duren^(22,27,29). In een ander onderzoek hadden vijf van de 167 patiënten typische CT-bevindingen van COVID-19. Maar een aanvankelijk negatieve RT-PCR test. De RT-PCR test werd na twee tot acht dagen bij al deze vijf patiënten positief⁽²⁹⁾. Op basis van een prospectieve analyse van 1014 patiënten wordt weergegeven dat 59% een positief RT-PCR resultaat en 88% een positieve CT-thorax had. Bij 60% tot 93% van de gevallen was de initiële CT-scan consistent met COVID-19 voorafgaand of parallel aan een initieel positief RT-PCR resultaat⁽¹⁸⁾. Vier van de geïnccludeerde studies vermelden de sensitiviteit van de CT-thorax in vergelijking met de RT-PCR test en vonden een range van 97%-98%^(18,23,26,31). Slechts twee studies vermelden de specificiteit van de CT-thorax, respectievelijk 25% en 56%, met de RT-PCR test als referentiestandaard^(18,31). In twee van de veertien studies wordt de sensitiviteit van de RT-PCR test geschat op respectievelijk 71% en 83%^(23,26).

Temporele veranderingen in CT-karakteristieken

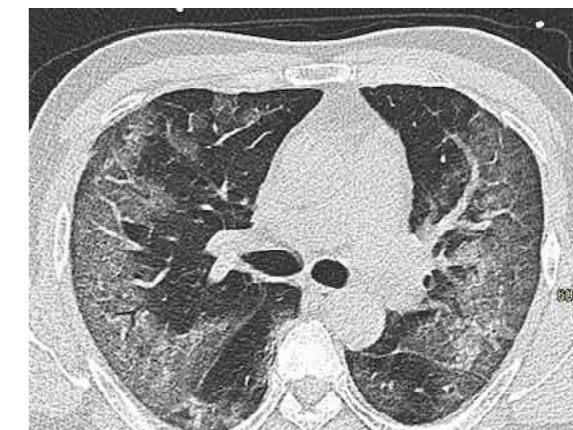
Verscheidende studies rapporteren veranderingen van CT-kenmerken van COVID-19 in de loop van de tijd^(19,20,25,27,28). De meest voorkomende temporele veranderingen zijn de afname van pure GGO of een combinatie van GGO met consolidatie. Daarentegen wordt een toename van crazy paving gerapporteerd. Daarnaast werden laesies in meerdere delen van de longen zichtbaar, met een toename van consolidatie in de follow-up^(19,25). Aanvullend is bij patiënten met longnodules op de initiële CT een toename in aantal en grootte of fusie van de nodules gerapporteerd⁽¹⁹⁾. Twee studies beschreven een evolutie van focale unilaterale naar diffuse bilaterale GGO die samen bestaan met of vorderden tot crazy paving en consolidaties binnen één tot drie weken^(20,28).

Twee van de geïnccludeerde studies analyseerden de beeldvormende kenmerken van COVID-19 met behulp van follow-up CT-scans. De follow-up CT-scans werden verkregen in een range van één tot zeven dagen na de initiële CT-scan^(24,30). In een studie met 90 patiënten met een positief RT-PCR resultaat, vertoonden tien patiënten (19%) geen veranderingen in de follow-up, hadden vier patiënten (8%) een vermindering van afwijkingen en was bij 38 patiënten (73%) een progressie van de ziekte zichtbaar op de tweede CT-scan. Daarnaast waren bij 21 patiënten (23%) geen afwijkingen zichtbaar op de initiële CT-scan. Echter na drie tot vier dagen vertoonden drie van deze patiënten (6%) bilaterale GGO op de tweede CT-scan⁽³⁰⁾. In een ander onderzoek vertoonden 25 patiënten (27%) geabsorbeerde laesies, en 25 andere patiënten (27%) vertoonden geen significante veranderingen⁽²⁴⁾. Progressie van de ziekte is waargenomen bij 41 patiënten (46%), waaronder drie patiënten die aanvankelijk een normale CT-scan hadden, maar na respectievelijk, twee, vier en vijf dagen wel abnormaliteiten vertoonden⁽²⁴⁾.

In twee studies is het beloop van COVID-19 onderverdeeld in



Afbeelding 4 (links): Crazy paving, verdikte inter- en intralobulaire lijnen in combinatie met GGO⁽³³⁾. Afbeelding 5 (rechts): GGO, voornamelijk multifocaal, bilateraal en perifeer⁽³³⁾.



verschillende fases. Het merendeel van de patiënten vertoont in de vroege fase meer GGO en een lager aantal betrokken kwabben en andere longafwijkingen in vergelijking met een later stadium van COVID-19^(21,27). In een latere fase is een toename waargenomen van het aantal betrokken kwabben, consolidatie en de intensiteit van het crazy paving patroon⁽²⁷⁾. Een significante stijging van GGO plus een reticulair patroon, vacuolar sign, fibrotische strepen, een subpleurale (transparante) lijn, luchtbronchogram, bronchusvorming en pleurale effusie is gerapporteerd in een later stadium (acht tot veertien dagen na het begin van de symptomen)⁽²¹⁾. In een andere studie is bij 75% van de patiënten na dag veertien verbetering gemeld op het CT-beeld, waaronder een verminderd aantal betrokken kwabben en het verdwijnen van het crazy paving patroon en consolidatie⁽²⁷⁾.

Eén van de geïnccludeerde studies berekende de totale severity scores per patiënt, aan de hand van het aangedane percentage longweefsel per longkwab. De totale severity score beschrijft de ernst en de mate van het aangedane longweefsel. De totale severity score toonde in de eerste twee weken na aanvang van symptomen een stijgende trend⁽²⁵⁾. Twee andere onderzoeken toonden aan dat de longafwijkingen een piek in de omvang hadden rond ziektedag tien, na de start van de symptomen^(27,28).

Discussie

Hoewel de RT-PCR test de gouden standaard is voor het bevestigen van COVID-19, toont deze systematische review aan dat de CT-thorax sensitiever is in het diagnosticeren van COVID-19 in vergelijking met een RT-PCR test^(18,23,31). De CT-thorax kan van groot belang zijn voor de vroege diagnose en beoordeling van COVID-19. De RT-PCR test kan aanvankelijk een fout-negatief resultaat opleveren en kan de ernst van de infectie niet beoordelen^(23,26). In vergelijking met een RT-PCR test, kan een CT-scan snel worden beoordeeld

en kan op basis van het CT-beeld de ernst van de infectie worden bepaald^(34,35). Een combinatie van een CT-thorax en herhaalde RT-PCR testen lijkt van diagnostische waarde te zijn bij patiënten met een hoge klinische verdenking op COVID-19 en een karakteristiek CT-beeld voor COVID-19, maar met een initieel negatief RT-PCR resultaat^(23,26,29).

Uit deze systematische review blijkt dat de CT-karakteristieken van COVID-19 snel kunnen veranderen en dat dit proces divers verloopt^(19,21,24,25). De meest voorkomende laesies, waaronder GGO en consolidatie, zijn zichtbaar in meer dan twee longkwabben met een bilaterale en perifere verdeling^(19,20,31,21-25,27,28,30). In de tijd worden veranderingen van CT-karakteristieken van COVID-19 waargenomen. Vroege veranderingen zijn GGO en crazy paving, gevolgd door consolidatie^(19,25). Aanvullend worden laesies in meerdere delen van de longen zichtbaar. Daarnaast vindt een toename plaats in grootte of fusie van longnodules in de follow-up, wanneer deze op de initiële CT al zichtbaar waren^(19,25). Verschillende studies geven aan dat de longafwijkingen het ernstigst zijn op ongeveer tien dagen na de start van de symptomen^(27,28). In de tijd vindt een evolutie van focale unilaterale naar diffuse bilaterale GGO die vorderden tot, of samen bestaan met crazy paving, (reversed) halo-sign en consolidaties binnen één tot drie weken^(20-22,24,25,28,30). Opmerkelijk voor vroege casussen (\leq zeven dagen na de start van de symptomen) is de afwezigheid van lymfadenopathie, pleurale effusie en nodules, daarentegen zijn aanwezigheid van GGO en enkele kleine laesies kenmerkend voor de vroege fase van COVID-19^(21,22).

In deze systematische review zijn in twee studies percentages van 71% en 83% gevonden voor de sensitiviteit van de RT-PCR test^(23,26). Echter varieert de sensitiviteit in andere, niet-geïnccludeerde studies tussen de 42% en 83%⁽³⁻⁵⁾. Eén studie was geschreven als correspondentie en is om deze reden geëxcludeerd⁽⁴⁾. Twee andere

studies zijn geëxcludeerd wegens onvoldoende toepasbaarheid, één studie onderzocht de kwaliteit van verschillende locaties van RT-PCR testmonsters⁽⁵⁾. Een andere studie bestudeerde verschillende virussen en microbiologische testen⁽³⁾. De verschillen in de gerapporteerde sensitiviteit kunnen worden veroorzaakt door onvoldoende virale lading in het monster, een laboratoriumfout of deficiënties in het transport of afname van monsters⁽³⁻⁵⁾.

Het uitvoeren van de CT-thorax in het kader van COVID-19 heeft enkele nadelen. Niet alle ziekenhuizen of huisartspraktijken hebben beschikking over een CT-scan, laat staan voldoende capaciteit voor alle patiënten met verdenking op COVID-19. Op grote schaal lijkt de RT-PCR test realistischer uitvoerbaar dan een CT-scan. Door de lage gerapporteerde specificiteit (25% en 56%) van de CT-thorax, kan COVID-19 op basis van de CT-scan niet met voldoende zekerheid worden uitgesloten^(18,31,36-38). Of de gerapporteerde specificiteit van de CT daadwerkelijk zo laag is, kan in twijfel worden getrokken. De CT wordt namelijk vergeleken met de gouden standaard, waarvan de sensitiviteit relatief laag is. Hierdoor kunnen veel CT-scans onterecht als fout positief worden bestempeld. Een ander nadeel van de CT-scan is de stralingsdosis welke toegediend wordt aan een patiënt gedurende een CT-scan. De stralingsdosis wordt zo veel mogelijk beperkt door een CT-thorax uit te voeren zonder intraveneus(IV)-contrast (blanco) met een lage stralingsdosis (low-dose)^(11,39,40). Aangezien de belangrijkste, verwachte laesies zich in het longparenchym bevinden is een blanco low dose CT-thorax voldoende voor CT-scans die in kader van COVID-19 worden vervaardigd⁽⁴⁰⁾.

Deze systematische review kent een aantal sterke kanten en beperkingen. De gehanteerde methode van deze systematische review reduceerde de kans dat relevante literatuur werd gemist en zorgde voor een verhoging van de betrouwbaarheid van dit onderzoek. Doordat verschillende studies zijn geïncludeerd in deze systematische review is het totaal van de patiëntenpopulatie redelijk groot (n = 2062). Daarnaast is geen eerdere systematische review geschreven met betrekking tot dit onderwerp.

Een minder sterke kant van de systematische review is dat zeven van de geïncludeerde studies een preprint bevat^(18,22,23,27,28,31,41). Een preprint is een vroege versie van een artikel waar nog geen systematische peer review op gedaan is, hierdoor wordt de betrouwbaarheid en kwaliteit van een dergelijk artikel lager. Daarnaast zijn tien van de geïncludeerde artikelen single-center studies, waardoor een mogelijke admission bias en selectie bias ontstaat^(18,19,21,23,26-31). Twaalf van de geïncludeerde onderzoeken zijn

retrospectief uitgevoerd, waarbij weinig tot geen rekening gehouden kon worden met confounders^(18-24,27,29,30). De nauwkeurigheid van de resultaten van deze systematische review wordt bovendien beïnvloed door onvoldoende specifieke inclusie- en exclusiecriteria voor de patiëntenpopulatie in vijf studies^(19,21,24,27,30). Daarenboven zijn de patiëntenpopulaties in de verschillende studies niet gelijk en kan de vraag worden gesteld of de resultaten van de geïncludeerde studies vergeleken mogen worden. In vier van de studies die de samenhang tussen de CT-thorax en RT-PCR test onderzochten, is onvoldoende beschreven op welk moment de CT-thorax en de RT-PCR test zijn afgenomen ten opzichte van het begin van de symptomen^(22,26,29,31). In twee studies zijn de CT-thorax en de RT-PCR test in een tijdsinterval van nul tot zeven dagen afgenomen^(18,23). De sensitiviteit en specificiteit van deze testen kan variëren in de tijd. Om de sensitiviteit en specificiteit van de CT-thorax en van de RT-PCR test betrouwbaar te kunnen vergelijken moeten deze testen op dezelfde dag worden afgenomen⁽²⁸⁾.

Op basis van de beschikbare literatuur wordt de praktijk aangeraden om een CT-thorax uit te voeren bij patiënten met een hoge klinische verdenking voor COVID-19, maar met een aanvankelijk negatief RT-PCR resultaat. Aan de hand van het CT-beeld kunnen patiënten tijdig in een 'waarschijnlijk positieve' of 'waarschijnlijk negatieve' cohort worden geplaatst. Aangeraden wordt om aan de hand van een (herhaalde) RT-PCR test COVID-19 definitief te bevestigen of uit te sluiten. Daarnaast kan op basis van het CT-beeld de ernst van de infectie worden bepaald en kan de behandeling hierop worden aangepast. De resultaten van deze systematische review moeten voorzichten worden geïnterpreteerd, gezien de geïncludeerde studies enkele beperkingen bevatten. Meer onderzoek in een klinische setting is nodig naar de diagnostische waarde van de CT-thorax bij COVID-19 patiënten, wel of niet in samenhang met het RT-PCR resultaat. Eveneens kan het van belang zijn om in een klinische setting onderzoek te doen met een langere follow-up om de temporele veranderingen en eventuele restafwijkingen van COVID-19 beter in beeld te brengen.

Conclusie

CT-thorax is sensitiever in het diagnosticeren van COVID-19 dan de RT-PCR test, echter blijft de RT-PCR test de gouden standaard. De CT-thorax heeft een lage specificiteit en is daardoor niet goed genoeg om COVID-19 met zekerheid uit te sluiten. GGO en consolidatie in perifere longvelden zijn karakteristiek voor COVID-19, maar deze CT-kenmerken kunnen snel veranderen in de eerste twee weken na aanvang van de symptomen. De CT kan worden

gebruikt als hulpmiddel om patiënten tijdig in 'waarschijnlijk positieve' en 'waarschijnlijk negatieve' cohorten te plaatsen. Daarnaast kan de CT-thorax van meerwaarde zijn om COVID-19 waarschijnlijker te maken bij patiënten met een verdacht klinisch beeld, maar een initieel negatief RT-PCR resultaat.

Referenties

1. Organization), W. (World H. WHO Coronavirus Disease (COVID-19) Dashboard | WHO Coronavirus Disease (COVID-19) Dashboard. Available at: <https://covid19.who.int/>. (Accessed: 18th January 2021)
2. World Health Organization. Naming the coronavirus disease (COVID-19) and the virus that causes it. (2020). Available at: [https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/technical-guidance/naming-the-coronavirus-disease-\(covid-2019\)-and-the-virus-that-causes-it](https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/technical-guidance/naming-the-coronavirus-disease-(covid-2019)-and-the-virus-that-causes-it). (Accessed: 10th April 2020)
3. Corman, V. M. et al. Detection of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) by real-time RT-PCR. *Eurosurveillance* (2020). doi:10.2807/1560-7917.ES.2020.25.3.2000045
4. Zou, L. et al. SARS-CoV-2 Viral Load in Upper Respiratory Specimens of Infected Patients. *N. Engl. J. Med.* (2020).
5. Wang, W. et al. Detection of SARS-CoV-2 in Different Types of Clinical Specimens. *JAMA - J. Am. Med. Assoc.* (2020). doi:10.1001/jama.2020.3786
6. Hani, C. et al. COVID-19 pneumonia: A review of typical CT findings and differential diagnosis. *Diagn. Interv. Imaging* (2020). doi:10.1016/j.diii.2020.03.014
7. Zu, Z. Y. et al. H13. Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): A Perspective from ChinaZu, Z. Y., Jiang, M. D., Xu, P. P., Chen, W., Ni, Q. Q., Lu, G. M., & Zhang, L. J. (2020). H13. Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): A Perspective from China. *Radiology*, 200490. <https://doi.org/10.1148/radiol.2020200490>
8. Akçay, Ş., Özlü, T. & Yılmaz, A. Radiological approaches to covid-19 pneumonia. *Turkish J. Med. Sci.* (2020). doi:10.3906/sag-2004-160
9. Prokop, M. et al. CO-RADS - A categorical CT assessment scheme for patients with suspected COVID-19: definition and evaluation. *Radiology* (2020). doi:10.1148/radiol.2020201473
10. Zimmerman, M. Corona-virus/COVID-19 en CT-scan van de longen uitgelegd | Nederlandse Vereniging voor Radiologie. (2020). Available at: <https://www.radiologen.nl/nieuws/corona-viruscovid-19-en-ct-scan-van-de-longen-uitgelegd>. (Accessed: 7th April 2020)
11. Federatie Medisch Specialisten, F. Handreiking diagnostiek (PCR en CT) bij patiënten met opname-indicatie en verdenking COVID-19 infectie | Nederlandse Vereniging voor Radiologie. (2020). Available at: https://www.demedischspecialist.nl/sites/default/files/handreiking_diagnostiek_bij_verdenking_COVID-19.pdf. (Accessed: 16th May 2020)

12. Lee, E. Y. P., Ng, M. Y. & Khong, P. L. COVID-19 pneumonia: what has CT taught us? *Lancet Infect. Dis.* (2020). doi:10.1016/S1473-3099(20)30134-1
13. Salehi, S., Abedi, A., Balakrishnan, S. & Gholamrezanezhad, A. Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): A Systematic Review of Imaging Findings in 919 Patients. *Am. J. Roentgenol.* (2020). doi:10.2214/ajr.20.23034
14. Rubin, G. D. et al. The Role of Chest Imaging in Patient Management during the COVID-19 Pandemic: A Multinational Consensus Statement from the Fleischner Society. *Radiology* (2020). doi:10.1148/radiol.2020201365
15. The Radiology Assistant : CO-RADS classification. Available at: <https://radiologyassistant.nl/chest/covid-19/corads-classification#typical-findings>. (Accessed: 23rd August 2020)
16. Cochrane. Checklist Cohortstudies. Available at: https://netherlands.cochrane.org/sites/netherlands.cochrane.org/files/public/uploads/4.3_prognostisch_onderzoek_checklist.pdf. (Accessed: 10th September 2020)
17. Cochrane. Checklist Cross-sectionele Studies. Available at: https://netherlands.cochrane.org/sites/netherlands.cochrane.org/files/public/uploads/4.2_diagnostische_test_checklist.pdf. (Accessed: 10th September 2020)
18. Ai, T. et al. Correlation of Chest CT and RT-PCR Testing in Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in China: A Report of 1014 Cases. *Radiology* (2020). doi:10.1148/radiol.2020200642
19. Pan, Y. et al. Initial CT findings and temporal changes in patients with the novel coronavirus pneumonia (2019-nCoV): a study of 63 patients in Wuhan, China. *Eur. Radiol.* (2020). doi:10.1007/s00330-020-06731-x
20. Shi, H. et al. Radiological findings from 81 patients with COVID-19 pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. *Lancet Infect. Dis.* (2020). doi:10.1016/S1473-3099(20)30086-4
21. Zhou, S., Wang, Y., Zhu, T. & Xia, L. CT Features of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Pneumonia in 62 Patients in Wuhan, China. *AJR. Am. J. Roentgenol.* (2020). doi:10.2214/AJR.20.22975
22. Bernheim, A. et al. Chest CT Findings in Coronavirus Disease-19 (COVID-19): Relationship to Duration of Infection. *Radiology* (2020). doi:10.14358/PERS.80.2.000
23. Fang, Y. et al. Sensitivity of Chest CT for COVID-19: Comparison to RT-PCR. *Radiology* (2020). doi:10.1148/radiol.2020200432
24. Li, X. et al. CT imaging changes of corona virus disease 2019(COVID-19): A multi-center study in Southwest China. *J. Transl. Med.* (2020). doi:10.1186/s12967-020-02324-w
25. Liang, T. et al. Evolution of CT findings in patients with mild COVID-19 pneumonia. *Eur. Radiol.* (2020). doi:10.1007/s00330-020-06823-8
26. Long, C. et al. Diagnosis of the Coronavirus disease (COVID-19): rRT-PCR or CT? *Eur. J. Radiol.* (2020). doi:10.1016/j.ejrad.2020.108961

over de auteurs

27. Pan, F. et al. Time Course of Lung Changes On Chest CT During Recovery From 2019 Novel Coronavirus (COVID-19) Pneumonia. Radiology (2020). doi:10.1148/radiol.20200370

28. Wang, Y. et al. Temporal Changes of CT Findings in 90 Patients with COVID-19 Pneumonia: A Longitudinal Study. Radiology (2020). doi:10.14358/PERS.80.2.000

29. Xie, X. et al. Chest CT for Typical 2019-nCoV Pneumonia: Relationship to Negative RT-PCR Testing. Radiology (2020). doi:10.1148/radiol.20200343

30. Xu, X. et al. Imaging and clinical features of patients with 2019 novel coronavirus SARS-CoV-2. Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging (2020). doi:10.1007/s00259-020-04735-9

31. Caruso, D. et al. Chest CT Features of COVID-19 in Rome, Italy. Radiology (2020). doi:10.14358/PERS.81.12.21

32. Radiologen NVvR. Standardized reporting scheme for Chest CT in patients suspected of COVID-19. (2020).

33. The Radiology Assistant : COVID-19. (2020). Available at: <https://radiologyassistant.nl/chest/lk-jg-1>. (Accessed: 26th June 2020)

34. Dai, W. C. et al. CT Imaging and Differential Diagnosis of COVID-19. Can. Assoc. Radiol. J. (2020). doi:10.1177/0846537120913033

35. Li, Y. & Xia, L. Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): Role of Chest CT in Diagnosis and Management. AJR. Am. J. Roentgenol. (2020). doi:10.2214/AJR.20.22954

36. Karam, M. et al. Chest CT versus RT-PCR for the Detection of COVID-19: Systematic Review and Meta-Analysis. medRxiv (2020). doi:10.1101/2020.06.22.20136846

37. Gietema, H. A. et al. CT in relation to rt-PCR in diagnosing covid-19 in the netherlands: A prospective study. PLoS ONE (2020). doi:10.1371/journal.pone.0235844

38. American College of Radiology (ACR). ACR Recommendations for the use of Chest Radiography and Computed Tomography (CT) for Suspected COVID-19 Infection | American College of Radiology. (2020). Available at: <https://www.acr.org/Advocacy-and-Economics/ACR-Position-Statements/Recommendations-for-Chest-Radiography-and-CT-for-Suspected-COVID19-Infection>. (Accessed: 27th May 2020)

39. Agostini, A. et al. Proposal of a low - dose , long - pitch , dual - source chest CT protocol on third - generation dual - source CT using a tin filter for spectral shaping at 100 kVp for CoronaVirus Disease 2019 (COVID - 19) patients : a feasibility study. Radiol. Med. (2020). doi:10.1007/s11547-020-01179-x

40. Kang, Z., Li, X. & Zhou, S. Recommendation of low-dose CT in the detection and management of COVID-2019. Eur. Radiol. (2020). doi:10.1007/s00330-020-06809-6

41. Zhao, W., Zhong, Z., Xie, X., Yu, Q. & Liu, J. CT Scans of Patients with 2019 Novel Coronavirus (COVID-19) Pneumonia. Theranostics (2020). doi:10.7150/thno.45016



S.D. Botter
Medisch Beeldvormend en Bestra-
lingsdeskundige, Hanzehogeschool
Groningen



P. Dewansingh-Leeffers
Docent Methodologie, Medisch
Beeldvormende en Radiothera-
peutische Technieken, Hanzehoge-
school Groningen



Drs. R.B.G. de Jong
Radioloog, afdeling Radiologie,
Wilhelmina Ziekenhuis Assen



J.W. Jonges-Boerman
Kwaliteitsfunctionaris, afdeling
Radiologie, Wilhelmina Ziekenhuis
Assen

ZELF AAN DE SLAG MET EBP?
Door de E-learning module Evidence- Based Practice te vol-
gen krijg je inzicht in wat EBP inhoud, leer je hoe je infor-
matie kunt verzamelen om EBP te kunnen toepassen en
hoe je de verkregen informatie op waarde kunt schatten.
De module is gratis te volgen voor NVMBR-leden:
elearning.nvmb.nl

Het is bekend dat een koperspiraal, anticonceptiemiddel, zich spontaan kan verplaatsen. Mogelijk kan verplaatsing ook uitgelokt worden door een MRI. Als er uit de screening voorafgaand aan een MRI (checklist) blijkt dat een patiënt een koperspiraal heeft, doen we na de MRI een echo ter controle of de ligging van de koperspiraal nog goed is. De vraag is of een koperspiraal zich verplaatst door een MRI onderzoek en of de echo nadien zinvol is?



Dienne Feiken
Echografist. BVT

Formuleer je vraag

- P Patiënt met een koperspiraal
- I MRI
- C Geen MRI
- O Verplaatsing van de koperspiraal

Zoekstrategie

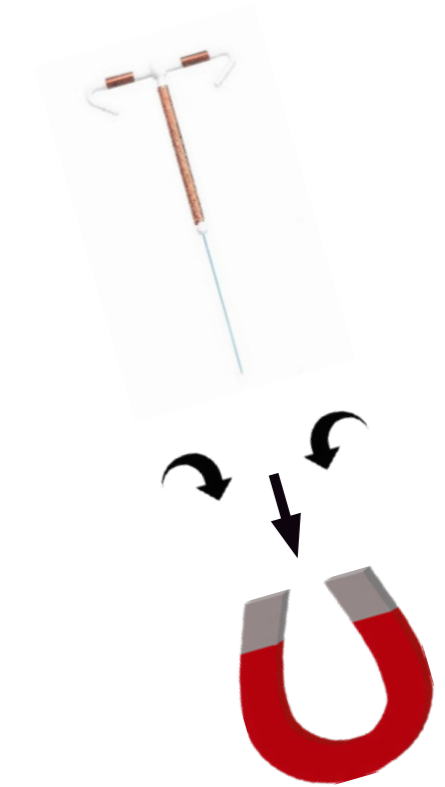
Zoekmachines: PubMed, Google Scholar
Zoektermen: MRI, Intrauterine Devices,
IUD copper, safety, migration, expul-
sion, dislocation

Opbrengst zoekstrategie

3 studies over effect MRI op ligging, 4 studies
over verplaatsing spiraal in het algemeen, zon-
der MRI, 2 studies over effect MRI op medewer-
kers met koperspiraal. MRIsafety.com richtlijnen.

Beoordeling methode

1. Retrospectieve vragenlijst studie, In Vivo. Telefonische enquête bij 33 patiën-
ten na een MRI onderzoek.
2. Fantoom studie, test van 3 types (meest gebruikte)
koperspiralen en de Chinese ring. Getest op 1,5T en 3T MRI. Onderzoek op verplaat-
singskracht, draai-effect en temperatuurstijging
3. Fantoom studie, 7 types (meest
gebruikte) koperspiralen getest. Getest op 1,5T en 3T MRI. Onderzoek op tempera-
tuurstijging, draaiing en beweging.
4. Systematic review van 14 studies. Vergelijking
van levonorgestrel spiraal met koperspiraal, gekeken naar de veiligheid, waaron-
der het aantal verplaatsingen, perforatie, zwangerschap, bloedverlies. (Studie 5.
(N=2138) en 7 (N=5403) waren een onderdeel van deze review). Bij 5, Retrospectieve
cohort studie en 7. Prospectieve cohort studie werd de koperspiraal vergeleken met
de levonorgestrel spiraal. Gekeken naar het aantal verplaatsingen .
6. Enkel-blind
gerandomiseerd onderzoek waarbij bij 2 soorten koperspiralen werden vergeleken
bij 300 patiënten. Gekeken naar het aantal verplaatsingen.



Wat is EBP?

Evidence-based practice (EBP) is het uitvoeren van een handeling door een beroepsbeoefenaar op zo'n wijze dat de uitvoering is gebaseerd op de best beschikbare informatie over doelmatigheid en doeltreffendheid.

EBP houdt in dat het handelen tijdens de dagelijkse zorgpraktijk gebaseerd is op de volgende drie pijlers:

- 1) ervaring en inzichten van de zorgprofessional,
- 2) de wensen en waarden van de patiënt én,
- 3) de uitkomsten van wetenschappelijk onderzoek

EBP vergroot de kennis van de in combinatie met de praktijkervaring en zorgt voor meer betrokkenheid bij de kwaliteit van zorg voor de patiënt.



Beoordeling resultaten

1. Bij de in Vivo studie is 1 verplaatsing van de koperspiraal waargenomen na de MRI. Van te voren is de ligging niet getest. Na herplaatsing heeft dezelfde patiënt nog 2 keer een MRI gehad zonder verplaatsing van de koper spiraal. In studie 2. en 3. zijn er bij de uitgevoerde testen geen significante draai-effecten of verplaatsingskrachten waargenomen bij de geteste koperspiralen, (Cu380, Cu375, CuT-380A-QL, GoldLuna, Gynefix 200, IntraUterine Ball, Mona Lisa375, Nova T380) na de MRI. De Chinese Ring (2) echter vertoonde een sterk draai- effect en een grote verplaatsingskracht. 4. Bij de systematic review, werd er een (spontane) verplaatsing van de koperspiraal van ca 8% gevonden bij de verschillende studies. 12 studies voldeden aan de inclusie criteria. Hierin waren 5 studies van onvoldoende methodologische kwaliteit 5. Bij de retrospectieve Cohort studie was de spontane verplaatsing van de koperspiraal 8%. 6. Bij de single-blinded randomized controlled trial wordt een spontane verplaatsing van 12% en 5% bij de 2

typen koperspiralen gezien. 7. Bij de prospectieve Cohort studie was de verplaatsing 10,7% bij de koperspiraal.

Conclusie, toepassing en evaluatie

Er zijn geen aanwijzingen gevonden dat een MRI onderzoek een verhoogd risico op verplaatsing van de koper spiraal geeft^(1,2,3). Bij een patiënt met een koperspiraal, die niet voor een MRI onderzoek gaat, is de kans op spontane verplaatsing van de koperspiraal circa 10%^(4,5,6,7). Er is wel aangetoond dat de Chinese Ring sterk reageert in de MRI⁽²⁾. Dit levert een potentieel gevaar voor de patiënt op. Opname hiervan in de checklist MRI is noodzakelijk. Het is te overwegen om een in vivo studie, met voor en na de MRI een echo, te doen. In de genoemde in vivo studie⁽¹⁾, is er geen echo voorafgaand aan de MRI gedaan. let op. Hoewel buiten de scope van dit artikel, geeft dit onderzoek aan dat medewerkers op de MRI met een spiraal een verhoogde kans op verhevigde menstruele bloedingen hebben^(8,9).

Door een MRI onderzoek wordt de koper IUD niet verplaatst. Echografische controle is niet nodig. De Chinese ring is niet MRI veilig en moet opgenomen worden in de MRI checklist.

Noten

1. Berger-Kulemann V, Einspieler H, e.a. Magnetic field interactions of copper-containing intrauterine devices in 3.0-Tesla magnetic resonance imaging: in vivo study. Korean J Radiol. 2013 May-Jun;14(3) PMID: 23690707.
2. Bussmann S, Luechinger R, e.a. Safety of intrauterine devices in MRI. PLoS One. 2018 Oct 9;13(10). PMID: 30300364.
3. Neumann W, Uhrig T, e.a. Risk assessment of copper-containing contraceptives: the impact for women with implanted intrauterine devices during clinical MRI and CT examinations. Eur Radiol.2018 Nov 19.PMID:30456586.
4. Jatlaoui TC, Riley HE, e.a. The safety of intrauterine devices among young women: a systematic review. Contraception. 2017 Jan 95(1). PMID:27771475.
5. Aoun J, Dines VA, e.a. Effects of age, parity and device type on complications and discontinuation of intrauterine devices.Obstet Gynecol. 014Mar;123(3). PMID:24499755.
6. Reeves MF, Katz BH, e.a. A randomized comparison of a novel nitinol-frame low -dose-copper intrauterine contraceptive and a copper T380S intrauterine contraceptive. Contraception.2017 Jun;95(6) PMID: 28495299.
7. Madden T, McNicholas C, e.a. Association of age and parity with intrauterine device expulsion Obstet Gynecol. 2014 Oct;124(4) PMID: 25198262.
8. Gobba F, Bianchi N, e.a. Menometrorrhagia in magnetic resonance imaging operators with copper intrauterine contraceptive devices (IUDS): a case report. Int J Occup Med Environ Health. 2012 Mar;25(1). PMID: 22219062.
9. Huss A, Schaap K, e.a. A survey on abnormal uterine bleeding among radiographers with frequent MRI exposure using intrauterine contraceptive devices. Magn Reson Med. 2018 Feb;79(2) PMID: 28444812.

Colofon

Advertentie-exploitatie NVMBR

Copyright Het overnemen van artikelen is alleen toegestaan na schriftelijke toestemming van de redactie. De redactie is niet aansprakelijk voor de inhoud van de onder auteursnaam opgenomen artikelen. Het opnemen van advertenties houdt geen aanbeveling van de NVMBR in.

Fotografie NVMBR & auteurs | Jonas Kakaroto via Pexels (p6)

Vormgeving NVMBR

ISSN 0016-4380

Verklaring belangenverstrengeling publicaties

Auteurs van publicaties verklaren dat er geen sprake van belangenverstrengeling is. Indien er sprake is van belangenverstrengeling, dan wordt dit expliciet gemeld.

NVMBR in het kort

De NVMBR zorgt voor

- Het behartigen van individuele en collectieve belangen.
- Het nemen, stimuleren en ondersteunen van initiatieven op het gebied van professionalisering.
- Het profileren van kwaliteit binnen de werkvelden medische beeldvorming en radiotherapie.
- Het vertegenwoordigen van de beroepsgroep in overkoepelende organisaties, adviesorganen en samenwerkingsverbanden.

Opzeggen lidmaatschap of wijzigingen

- Het NVMBR-lidmaatschap wordt automatisch een jaar verlengd, tenzij voor 1 november per e-mail wordt opgezegd. De opzegging wordt schriftelijk door de NVMBR bevestigd. In het jaar van aanmelding kan niet worden opgezegd.
- Adreswijzigingen of wijziging persoonlijke gegevens kunnen via het ledennet in Mijn Profiel of per e-mail aan info@nvmb.nl worden doorgegeven.

Contributie 2021

- Leden € 172,80
- Leden gereduceerd tarief (assisterenden MB en RT, uitkerings- en pensioengerechtigd): € 99,60
- Partnerlidmaatschap € 99,60
- Pas afgestudeerde leden: € 99,60
- Student/leerling MBB'ers: gratis

Hoofdbestuur

Dagelijks Bestuur: Cristel Muijters a.i. (voorzitter), Mirjam Verkleij a.i. (penningmeester), VACANT (secretaris)

Overige hoofdbestuurleden: Wendy Visscher (Echografie), Emma van de Borne (Radiotherapie), Debbie van Asselt (Straling), Joyce Kroon (Nucleaire Geneeskunde), Judith Jonkman (Kwaliteit)

Redactiecommissie Publicaties

Geesje Bisschop, Peter Derks, Thom Roding, Lia Versluis

Stafmedewerkers

Marloes de Fluiter-Zeeman, Jeannette Meedendorp-van Sloten, Meiske van der Ploeg, Pascal van der Sandt, Ellen van de Zande-Berndsen

Contact

Verenigingsbureau NVMBR

Postbus 30511, 3503 AH Utrecht

Bezoekadres:

Piet van Dommelenhuis, 7^e etage, Churchillaan 11 te Utrecht

E-mail: info@nvmb.nl

Tel.: +31 (0)6 531 90 501 (ma, di, do, vrij: 09.00 – 15.00 uur)

Internet: www.nvmb.nl

facebook: <https://www.facebook.com/NVMBRvoorMBBers/>

linkedin: <https://www.linkedin.com/company/NVMBR>

instagram: https://www.instagram.com/nvmb_r voor_mbbers/

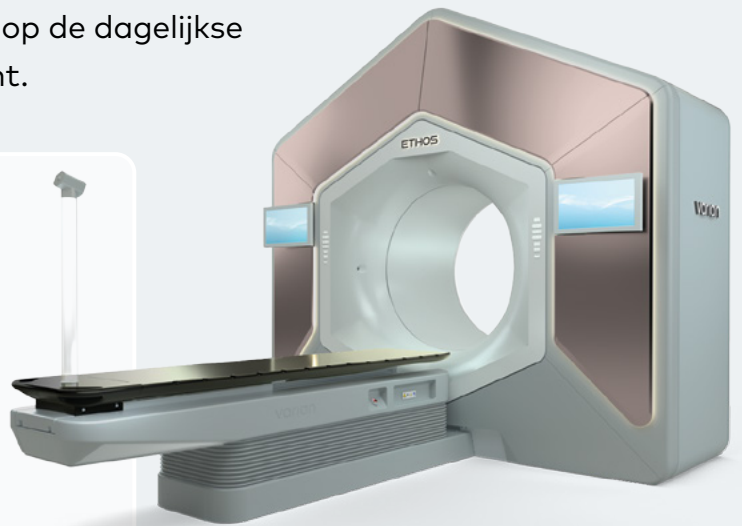
twitter: <https://twitter.com/voorMBBers>

Online adaptieve radiotherapie in slechts **15 minuten** per patiënt

Met de Varian Ethos® therapy versneller wordt het mogelijk om binnen 15 minuten een volledige adaptieve workflow te doorlopen. Deze bestaat uit het maken van een CBCT, definiëren van het doelgebied en kritieke organen (AI), berekening van de dosisplanning en het uitvoeren van de bestraling. Met Varian Ethos therapy past u de behandeling aan op de dagelijkse anatomische veranderingen van de patiënt.

'Met de Ethos therapy zijn we in staat om bij een grote groep patiënten dagelijks het behandelplan aan te passen op basis van de anatomie van dat moment. Ik verwacht dat deze vorm van adaptieve radiotherapie binnen afzienbare tijd de nieuwe standaard gaat worden.'

Prof. Ben Slotman,  Amsterdam UMC
Universitair Medische Centra



See More

Ethos maakt gebruik van hoge kwaliteit iteratieve CBCT beeldvorming. Ondersteund door multi modality (MR, PET) imaging gedurende het hele proces. Verklein de kans op bewegingsartefacten door de super snelle en kwalitatief hoogwaardige beeldvorming (CBCT in 17 sec).

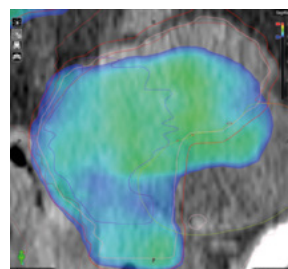
Know More

Gebruik de geavanceerde deep learning-algoritmen om het doelgebied en kritieke organen snel en doeltreffend te definiëren. Genereer binnen enkele minuten een nieuw bestralingsplan, door gebruik te maken van innovatieve auto-planning algoritmes.

Treat More Precisely

Bereik een uniformere dosis in het doelgebied en beperk dosis in kritieke organen. Verminder kans op beweging en anatomieverandering door de korte behandel tijd. Voorkom fouten en verhoog de snelheid door dedicated adaptive workflowondersteuning.

Initial Scheduled Plan



Adaptive Intelligence™

