

3

# MEMO RAD

JAARGANG 25 - NUMMER 3 - NAJAAR 2020

DE ROL VAN  
RADIOLOGIE BIJ:  
SCHIETINCIDENTEN  
EXPLOSIELETSELS  
MISHANDELING VAN  
KIND EN DIER  
DOOD DOOR  
MOORD OF BRAND  
EN NOG VEEL MEER

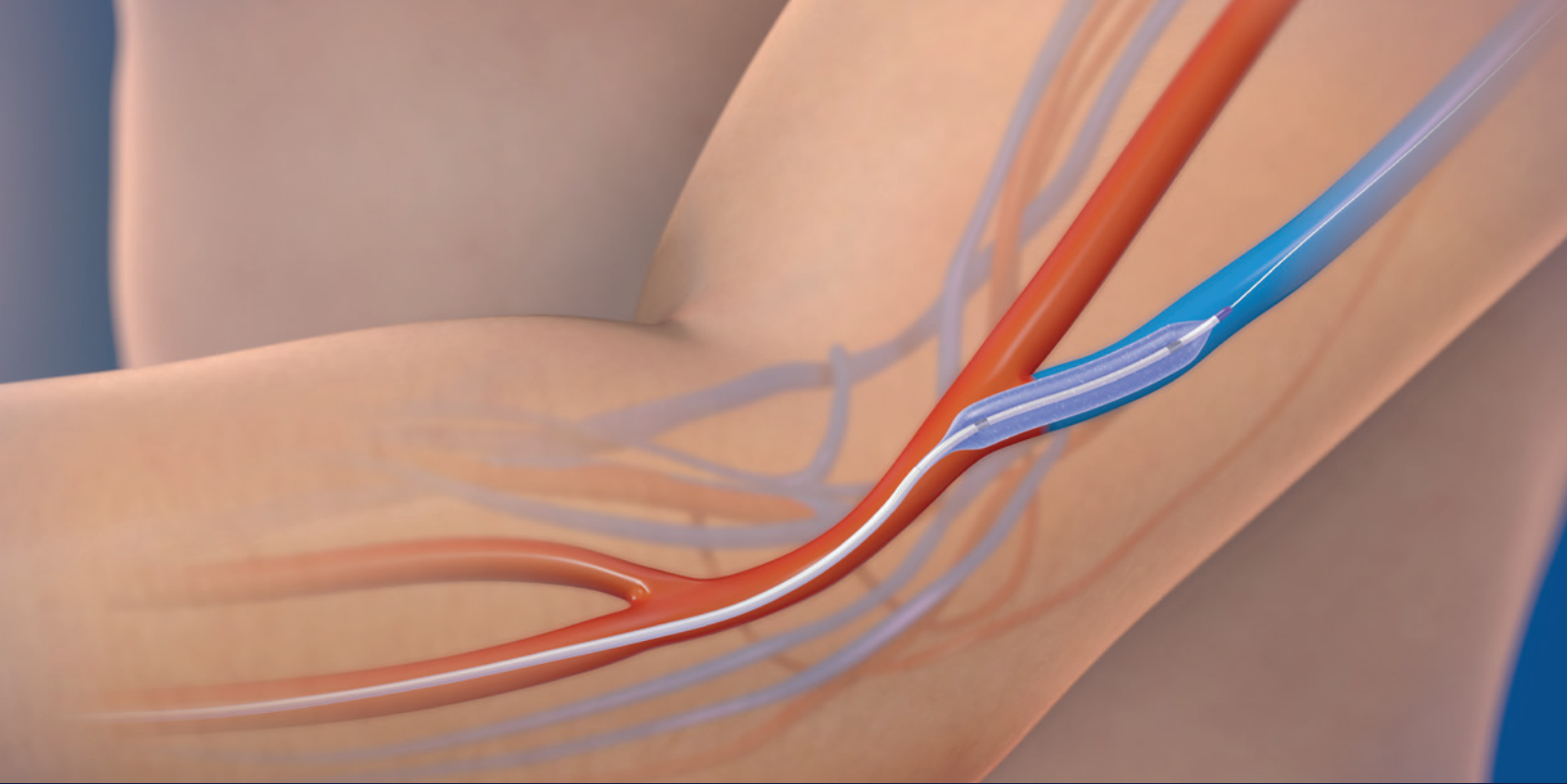


THEMANUMMER

# FORENSISCHE RADIOLOGIE



Nederlandse Vereniging voor  
**Radiologie**

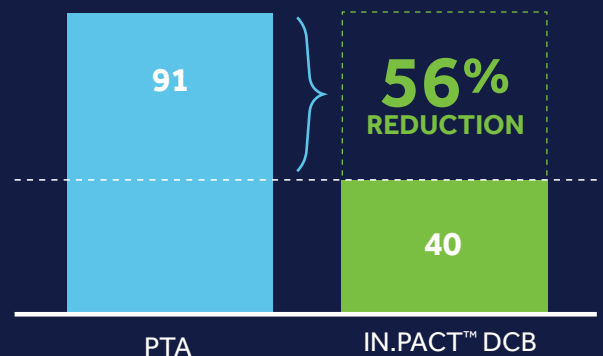


# 56% FEWER INTERVENTIONS<sup>1</sup> MORE OF WHAT MATTERS

Get ahead of AV fistula restenosis with the IN.PACT™ Admiral™ drug-coated balloon (DCB).

With the IN.PACT™ Admiral™ DCB you can slow the progression of restenosis, helping preserve the fistula for dialysis. That's a good thing for your patients—and those who love them.

Number of reinterventions required to maintain target lesion primary patency<sup>1</sup>



The largest global, randomized, AV fistula drug-coated balloon study conducted, with subjects from Japan, New Zealand, and the United States.

## LEARN MORE: [medtronic.eu/AV-Access](https://medtronic.eu/AV-Access)

1. Holden, A. IN.PACT AV 6-month results. Cardiovascular and Interventional Radiological Society of Europe (CIRSE). Barcelona, Spain, 2019.

**Target Lesion Primary Patency Rate based on KM estimates:** Defined as freedom from clinically driven target lesion revascularization (CD-TLR) or access circuit thrombosis.

**Reduction in reinterventions:** Defined as the number of interventions required to maintain target lesion primary patency calculated at 210 days.

**IMPORTANT:** Indications, contraindications, warnings, and instructions for use can be found in the product labeling supplied with each device.

# INHOUD

Column van het NVvR-bestuur – Winnifred van Lankeren	4
Ten geleide – Henri de Bakker	5

## FORENSISCHE RADIOLOGIE SPECIAL

### Symbiotische samenwerking tussen patholoog en radioloog

– Vidija Soerdjbalie-Maikoe, Henri de Bakker en

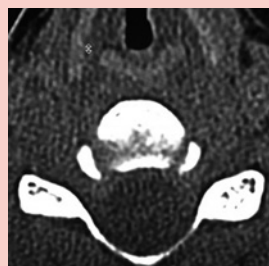
Bernadette de Bakker 7



zie pagina 9

Beeldvorming bij brand: veranderingen van de botmatrix ten gevolge van hitte-inwerking – Tristan Krap	9
---	---

Prevalentie van bullae en blebs bij post-mortem CT: implicaties voor duikgeneeskunde? – Henri de Bakker, Melanie Tijsterman, Olga de Bakker, Vidija Soerdjbalie-Maikoe, Rob van Hulst en Bernadette de Bakker	12
---	----



zie pagina 18

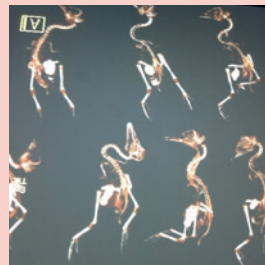
Waardevolle bevindingen bij forensische radiologie op Aruba – Alexander van Straten	18
---	----

Rol van radiologie bij explosieletsels – Maarten Otten, Ludo Beenen, Perjan Dirven en Marck Haerkens	20
--	----

Fracturen beoordelen om kindermishandeling te signaleren – Marloes Vester, Simon Robben en Rick van Rijn	26
--	----

Postmortale beeldvorming van foetussen – Lianne Sonnemans, Yousif Dawood, Willemijn Klein en Bernadette de Bakker	30
---	----

Forensische radiologie in de rechtszaal – Wilma Duijst	36
--	----



zie pagina 39

(Vermeende) dierenmishandeling: anders dan bij mensen, net zo waardevol – Monique Verkerk en Frank van de Goot	39
--	----

Granaatscherven en metalen voorwerpen opsporen: de boloscoop – Frans Zonneveld	42
--	----

Forensisch-radiologisch politieonderzoek: 3D-visualisatie bij schietincidenten – Ingrid Haest en Rob van Kan	46
--	----

Het werkveld van de forensisch radioloog: een nieuw en fascinerend subspecialisme – Paul Hofman	49
---	----

### INGEZONDEN

Minimaal-invasieve CT-autopsie bij covid-19 overledenen – Jan Vanrusselt en Janneke Cox	53
---	----

### MEDEDELINGEN

Nieuwe covid-19-golf in Suriname	25
Hoe loopt het met de Daniel den Hoed-loopbrug?	35
Sandwichcursus november 2020	52
Jaarkalender NVvR	55

### DIVERSEN

Tante Bep	54
Colofon	55



## COLUMN

## Een andere modus



**H**et parlement heeft vijftien weken reces per jaar, maar ook de leden van het bestuur van de NVvR genieten in de zomer van hun welverdiende rust. Zo komt het vanwege een deadline van de MemoRad in de vakantieperiode dat niet de voorzitter de voorzitterscolumn verzorgt.

recte steun mogelijk is. Ik wil namens het bestuur hun allen hiervoor heel hartelijk danken.

Gelukkig was het voor velen mogelijk, hoewel aangepast, 'normaal' op vakantie te gaan. Dat was nodig. We weten allemaal dat thuisblijven niet de ontspanning brengt die de accu's opladen. Een week

danks ieders inspanning toch deuken opgelopen. Na- en bijscholing zal nog lang anders verlopen.

Nu zijn er geweldige stappen gemaakt in de digitalisering van congressen en cursussen, de digitale zomereditie van de uitgestelde ECR 2020 is zeer goed verzorgd en educatief. We moeten echter nog wel zorgen dat we het sociale aspect, het zogenaamde 'vlooiën' waar onze *Apemanagement*-man Patrick van Veen op de Radiologendagen zo bevlogen over vertelde ergens in een andere vorm kunnen compenseren. Zie ook een interview van hem over de corona-periode op: <http://bit.do/aapmanagement>.

In het bestuur hadden we het daar ook soms lastig mee. Marieke Zimmerman had haar vijfjarige jubileum als directeur van het bureau NVvR en dit kon nog tijdens een 'live' vergadering worden gememoreerd, maar voor het twintigjarige werkbijleum van Jolanda Streekstra za-

### 'Zorg en zorgen, wegvallen van routines en snelle beslissingen eisen hun tol'

Nu zijn dit jaar veel dingen anders. Veel radiologen en arts-assistenten zagen hun normale taken en dag routines drastisch veranderen door het covid-19 virus: de vorige editie van de MemoRad heeft daar een doorkijk van gegeven. Langzaam wordt een aantal zaken weer normaal. De ziekenhuizen kunnen hun reguliere zorg weer starten, de IC's worden leger en ook de opleiding Radiologie kan weer beter aan zijn leerdoelen voldoen. Maar de mensen zijn moe, lichamelijk en geestelijk. Zorg en zorgen voor zichzelf en voor naasten, snel noodzakelijke beslissingen op hoog niveau, wegvallen van routine en zelf 'thuiswerken' eisen hun tol.

Wat velen zich waarschijnlijk niet realiseren, is dat de werknemers van het bureau van de NVvR in Domus Medica te Utrecht, in de covid-tijd alle zeilen hebben moeten bijzetten. Met alle vragen van de leden, maar ook van de FMS, aanpassen van richtlijnen en website, ondersteunen van het bestuur en dan werkend vanuit een thuissituatie waar er toch minder di-

'Tuinesië of Balkonië', is prima, maar de zinnen worden pas goed verzet buiten de grenzen van eigen huis & haard. Er was kritiek op de neiging tot vakantiemigratie, zeker naar het buitenland, maar kijkend naar mijn uit Frankrijk of Zwitserland teruggekeerde collega's, weet ik dat het goed was. Ze zijn gebronsd, ontspannen en kunnen er weer tegenaan.

Want de wereld is inmiddels inderdaad anders. Het virus zal toch wel weer leiden tot meer ziekenhuis-, en helaas ook IC-opnames. Financieel bevindt de wereld en daarmee ook de ziekenhuizen en zorg in Nederland in zwaar weer. De jonge klaren zullen hierdoor minder vacatures hebben om uit te kiezen, terwijl dat begin dit jaar nog zo de goede kant op leek te gaan. De opleiding heeft op sommige plekken on-

gen we de ballonnen tijdens een 'Zoomvergadering' binnengebracht worden. Dit maakt het menselijk contact anders. Hopelijk vinden we daar de komende tijd een modus in.

Namens het bestuur van de NVvR,  
**Winnifred van Lankeren**



## INLEIDING THEMAMUMMER

## Forensische radiologie



Henri de Bakker

In het *Haarlems Dagblad* van 14 augustus 1929 verschijnt een klein artikel onder het kopje: 'X-stralen bij het opsporen van misdrijven' (figuur 1). Hierin valt te lezen dat de raad van bestuur van de Philips-fabrieken in Eindhoven heeft besloten om een 'röntgenapparaat' ter beschikking te stellen aan de heer Co

feit. Het aantal casus in opdracht van de forensisch patholoog, dan wel van de in het NFI werkzame forensisch artsen, nam snel toe. De hieruit opgebouwde database, met radiologische onderzoeken van deze forensische casus, was de basis voor het schrijven van mijn dissertatie getiteld *Forensic radiology in the Netherlands* (promotor prof dr. R.R. van Rijn). De subtitel:

**Sprong voorwaarts**

Op het gebied van gerechtelijke autopsie blijkt het scalpel nog steeds essentieel en in veel opzichten de gouden standaard. Een belangrijke sprong voorwaarts met betrekking tot de toepassing van forensische radiologie vergeleken met het beschreven röntgenapparaat uit 1929 is de uitvinding geweest van de computertomografie (CT) door Sir Godfrey Hounsfield in de jaren zeventig van de vorige eeuw. De afgelopen twintig jaar is door technische ontwikkelingen de CT-techniek sterk verbeterd, met verkorting van de scantijden, het scannen van grotere volumes en optimaliseren van de beeldkwaliteit. Als gevolg hiervan heeft de CT zich bewezen als een cruciaal hulpmiddel in de klinische omgeving met een toegevoegde waarde in het forensisch onderzoek. ►

## 'De CT is inmiddels een cruciaal hulpmiddel bij forensisch onderzoek'

van Ledden Hulsebosch. In die tijd een bekende apotheker, onderzoeker en crimineel-deskundige die regelmatig werkzaamheden verrichtte op verzoek van de politie van Amsterdam en/of andere regio's. Dit nieuwsberichtje is vermoedelijk de eerste gedocumenteerde indicatie van het gebruik van röntgenstralen als potentieel hulpmiddel bij forensisch onderzoek binnen Nederland. Het krantenartikel meldt dat Van Ledden Hulsebosch zou proberen te onderzoeken in hoeverre de verschillende toepassingen van röntgenstralen nuttig kunnen zijn om misdaden op te lossen.

*Results of a symbiotic collaboration in the pathological-radiological field* benadrukt het belang van de samenwerking met de pathologen.

**Forensische opsporing**

Zeventig jaar later (1999) bezoekt Rob Visser, een van de forensisch pathologen van het Nederlands Forensisch Instituut, destijds gevestigd in Rijswijk en later in Den Haag, onze radiologieafdeling in Gouda. Hij wilde met ons spreken over de inzet van de radiologieapparatuur ten behoeve van de forensische opsporing. In 2000 werd deze samenwerking een



Figuur 1. Kopie van het artikel uit het Haarlems Dagblad, augustus 1929.

## Subspecialisme

Dit heeft geleid tot de opkomst van een nieuwe subspecialisatie: de 'forensische radiologie'. Het eerste leerboek over forensische radiologie, getiteld *Forensic Radiology* dat in 1998 uitkwam en geschreven werd door prof. dr. Gil Brogdon, paste naadloos in deze ontwikkeling. Bovendien factoren resulteren erin dat er in het afgelopen jaar vier dissertaties gerelateerd aan de forensische radiologie zijn verschenen, waarvan drie in Amsterdam (UvA) en één in Nijmegen (Radboudumc) (figuur 2). Dit feit was de aanleiding voor de redactie van MemoRad om een themanummer hieromtrent samen te stellen met bijdragen van de pioniers in deze nieuwe 'subspecialisatie' binnen ons vakgebied.

## Verskillende benaderingen

Ik wil u van harte uitnodigen om dit themanummer te gaan lezen. U zult versteld staan van de grote variatie in onderwerpen. Natuurlijk leest u in verschillende artikelen over de pure forensische radiologie, hoe een en ander is ontstaan en de verschillende benaderingen ervan binnen ons kleine landje. Er wordt geschreven over explosieletfels, maar ook over MRI bij foetussen en neonaten en het onderzoek bij vermoeden op kindermishandeling. U zult lezen over de positie van de 'deskundige' in de rechtbank en over de opkomst van de forensische radiologie in Aruba. Maar ook een historisch stuk over de boloscoop.

Op een heldere en prettig leesbare manier wordt uw aandacht gevraagd voor forensisch onderzoek bij dieren en tevens voor de gevolgen van de hitte-inwerking op de botten. Het vervaardigen van de inmiddels aanzienlijke aantallen postmortale CT-scans over de afgelopen twintig jaar, biedt ook de mogelijkheid om naar anatomische structuren en varianten van



Figuur 2. Voorzijde van de 4 dissertaties van het afgelopen jaar gerelateerd aan de forensische radiologie.

Ik wil mijn dank uitspreken aan de redactie van Memorad, in het bijzonder Paul Algra, dat ik ben uitgenodigd om in relatie

ken van de kopij gaat mijn dank uit naar Naomi van Esschoten. Tevens veel dank aan alle auteurs die, zonder uitzondering, enthousiast reageerden op de vraag of ze mee wilden schrijven aan dit themanummer.

‘Nu er afgelopen jaar vier dissertaties aan forensische radiologie waren gewijd, werd het tijd voor een themanummer’

het lichaam te kijken mede dankzij de gebruikte hoge stralingsdosis, zoals we kunnen lezen in het artikel over 'blebs en bullae'.

met mijn recente promotie met betrekking tot dit onderwerp, gastredacteur te mogen zijn. Voor de prettige samenwerking omtrent het verzamelen en bewer-

Heel veel leesplezier,

**Dr. Henri de Bakker**  
forensisch radioloog, niet-praktiserend

# Symbiotische samenwerking tussen patholoog en radioloog



Vidija Soerdjbalie-Maikoe



Henri de Bakker



Bernadette de Bakker

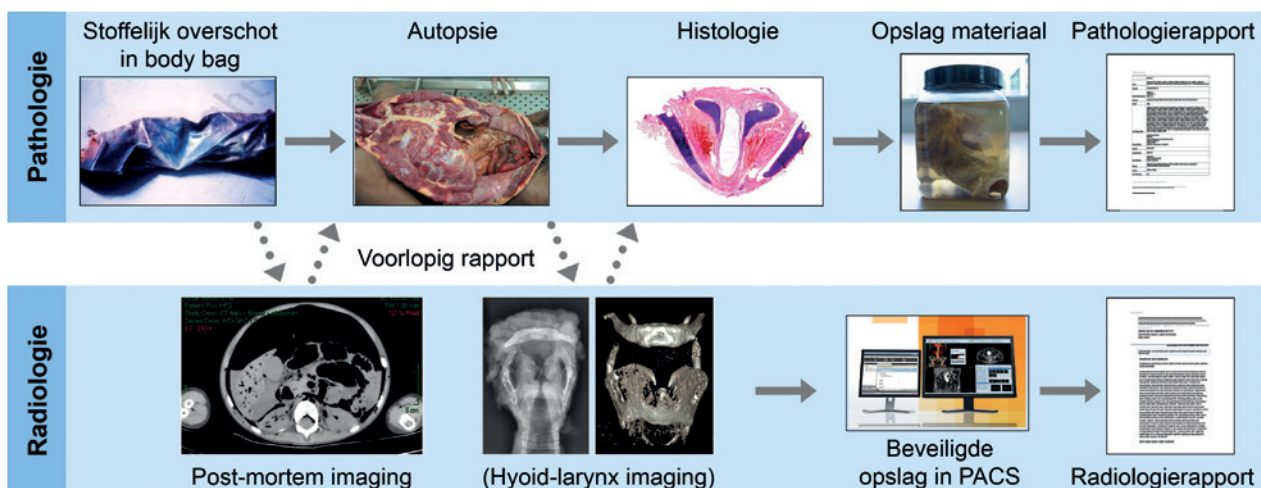
Sinds twintig jaar werken de forensisch pathologen van het Nederlands Forensisch Instituut (NFI) nauw samen met de radiologen van het Groene Hart ziekenhuis (GHZ) in Gouda. In deze symbiotische werkwijze zijn onderlinge samenwerking en wederzijds respect en begrip tussen forensisch patholoog en forensisch radioloog belangrijke factoren. Dit verbetert het postmortaal overlidensonderzoek in Nederland kwalitatief steeds verder. Bovendien is forensisch radiologisch onderzoek zeer illustratief toe te passen bij reconstructie van schiet- en steekzaken.

**D**e werkspraken tussen de forensisch pathologen van het Nederlands Forensisch Instituut (NFI) en de radiologen van het Groene Hart ziekenhuis (GHZ) zijn vanaf het begin goed omschreven en duidelijk voor de betrokken partijen: de forensisch patholoog vraagt het radiologisch onderzoek aan bij de radiologie<sup>1,2</sup>. Het forensisch-radiologisch onderzoek, dat wil zeggen de postmortale *total body CT* (PMCT) van het gehele lichaam en bij minderjarigen tot twee jaar

tevens een totale skeletstatus, vindt per definitie plaats voorafgaand aan de sectie. De forensisch radioloog die de PMCT heeft beoordeeld, stelt de forensisch patholoog zo optimaal mogelijk van de bevindingen op de hoogte.

Met deze 'meer kennis' krijgt de hierop volgende sectie ook 'meer waarde' dan zonder de PMCT. Bovendien wordt bij minderjarigen, bij wie voorafgaand aan de sectie radiologisch breuken van het skelet zijn vastgesteld, ten tijde van de

sectie deze skeletdelen veilig te stellen voor nader onderzoek. Als die informatie er niet is voorafgaand aan de sectie, stelt de patholoog deze niet veilig, en gaat een belangrijk onderdeel van de sectie verloren bij een mogelijk fataal geval van kindermishandeling. De meerwaarde van een postmortale MRI ten opzichte van de postmortale CT-scan is volgens de wetenschappelijke literatuur, en zoals tevens blijkt uit de forensische praktijk, nog niet overtuigend bewezen. Uitzondering hierop is het foetusonderzoek. ▶



Figuur. Werkwijze forensische radiologie.



### Forensisch jargon

Er bestaat nog geen officiële opleiding tot forensisch radioloog. Het blijft voornamelijk een aandachtsgebied binnen de radiologie, zoals ook de forensische pathologie in strikte zin een aandachtsgebied is binnen de pathologie. De in dit vakgebied noodzakelijke 'juridische knowhow' met forensisch jargon, is volledig ingebed bij de 'in service opleiding' tot forensisch patholoog binnen het NFI. Dit komt ook de rechtspraak ten goede. Wanneer de forensisch patholoog de aanvragend specialist is en daardoor de hoofdzaaksverantwoordelijke blijft, komt het zelden voor dat een (forensisch) radioloog die daarvoor geen training ontvangen heeft, wordt opgeroepen als getuige-deskundige in de rechtszaal.

### Elkaar aanvullen

Uit de praktijk en uit de wetenschappelijke literatuur blijkt dat postmortale radiologie bepaalde structuren/entiteiten beter inzichtelijk kan maken dan de patholoog dat bij de sectie kan. Het gaat bijvoorbeeld om fracturen van het skelet, met name van het aangezicht, aanwezige gascollecties en corpora aliena. Andersom geldt dat bepaalde uitingen van ziekelijke afwijkingen niet of niet betrouwbaar, te zien zijn bij radiologisch onderzoek. Denk hierbij aan een hartinfarct of aan traumatische afwijkingen, zoals geweld op de hals. Deze zijn vaak beide van belang voor het vaststellen van de mogelijke doodsoorzaak. De sectie, inclusief histologie, is hier de gouden standaard. Recente casuïstiek uit de praktijk binnen de forensische pathologie, waarbij zowel TBCT-scan als MRI zijn verricht, laten essentiële perforaties van grote bloedvaten niet zien, waaronder de aorta, vena subclavia beiderzijds, venae pulmonalis, truncus pulmonalis, en het hart. Bij sectie konden deze bevindingen, die van belang zijn voor de doodsoorzaak, wél worden vastgesteld. Mogelijk dat in de toekomst verdere ontwikkelingen volgen waarmee deze letsels wel bij postmortaal radiologisch onderzoek zichtbaar gemaakt kunnen worden (postmortale angio-CT).

### Gezamenlijke conclusie

Andere pluspunten van de gerechtelijke sectie zijn de beoordeling van de *cause of death* en *manner of death*. Bijvoorbeeld bij de diagnostiek van *vital signs*, zoals het vaststellen of iemand wel of niet bij leven was ten tijde van een brand, of het vaststellen dat een bepaald letsel bij leven was opgelopen. Ook de *time of impact*, door datering van de letsels, is op dit moment helaas (nog) niet te vervangen door een ander onderzoek. Eventuele discrepanties

in de bevindingen van de radioloog en die van de patholoog op basis van respectievelijk de PMCT en de gerechtelijke sectie, bespreken radioloog en patholoog in een regulier multidisciplinair overleg. Hierbij wegen zowel de meerwaarde als de beperkingen van beide onderzoeken mee. Deze werkwijze is vergelijkbaar met de werkwijze rond een klinische PET-CT, waarbij we in het GHZ nastreven dat er altijd een gezamenlijke conclusie van het verrichtte onderzoek komt, zowel van de nucleair geneeskundige als van de radioloog. Wanneer er discrepanties zijn in de rapportage van de radioloog en de patholoog, dan dienen deze te worden besproken in het rapport van de forensisch patholoog, conform de gedragscode Nederlands Register Gerechtelijk Deskundigen (NRGD), vastgesteld door het College gerechtelijk deskundigen in opdracht van de wetgever.

### Patholoog in the lead

Om te voorkomen dat er twee kapiteins op één schip staan, en de patholoog en radioloog tegen elkaar zijn uit te spelen in de rechtszaal, is er in de Goudse werkwijze al in 2000 voor gekozen om de patholoog de leiding te geven over de casus. Wel met dien verstande dat met bovengenoemd multidisciplinair overleg 'consensus' is tussen de twee experts, zichtbaar in het rapport van de forensisch patholoog. Zo is de wijze van het aanvragen van een radiologisch onderzoek door de forensisch patholoog vergelijkbaar met de manier waarop het standaard gebeurt in de klinische praktijk, waarbij een radiologisch onderzoek wordt aangevraagd door de behandelend huisarts of medisch specialist. Voorafgaande aan de CT kan de forensisch patholoog de forensisch radioloog die de beelden van de PMCT beoordeelt, informeren over de omstandigheden waarin het lichaam is aangetroffen. In het geheel van het postmortaal overlijdensonderzoek levert dit meerwaarde op voor de uitkomst hiervan. Dit is ook in lijn met de werkwijze in de kliniek, waar de radioloog verlangt c.q. eist van de aanvragend arts dat deze hem of haar zo goed mogelijk informeert over de casus, alvorens het radiologisch onderzoek uit te voeren en te beoordelen.

### Lekentaal

Samenvattend behoudt de forensisch patholoog de regie van de casus, hetgeen ook praktisch is in de praktijk. De radioloog beschrijft zijn bevindingen in een radiologierapport in de gebruikelijke radiologische terminologie. Deze bevindingen worden door de patholoog gewogen en waar nodig omgezet in 'lekentaal', terwijl

eventuele discrepanties met de sectiebevindingen worden besproken in het sectierapport. Het door de patholoog opgemaakte definitieve sectierapport, waaraan het radiologierapport als bijlage is toegevoegd, wordt verzonden naar de opdrachtgever van de gerechtelijke sectie, de officier van justitie. Deze samenwerking geeft een verbetering van de kwaliteit van het postmortaal overlijdensonderzoek in Nederland en versterkt de kwaliteit van het sectierapport. Bovendien is forensisch radiologisch onderzoek zeer illustratief toe te passen bij reconstructie van schiet- en steekzaken, in plaats van het gebruik van sectiefoto's. Dit gaat met name over het tonen van beelden in de rechtbank. Daarom is het van belang om bij de politiek na te streven dat voorafgaand aan iedere(!) gerechtelijke sectie een PMCT plaatsvindt, die beoordeeld wordt door een in deze materie ervaren (forensisch) radioloog. ■

### Vidija Soerdjbalie-Maikoe

Afdeling Medisch Forensisch Onderzoek, Sectie Forensische Pathologie, Nederlands Forensisch Instituut, Den Haag

### Henri M. de Bakker

Afdeling Radiologie, Groene Hart Ziekenhuis, Gouda

### Bernadette S. de Bakker

Afdeling Medische Biologie, Sectie Klinische Anatomie & Embryologie, Amsterdam UMC, Universiteit van Amsterdam

### Referenties

1. de Bakker HM, de Bakker BS. Forensic radiology in the Netherlands: a personal perspective. *Journal of Forensic Radiology and Imaging*. Volume 9, June 2017, 56–58.
2. de Bakker HM, Soerdjbalie-Maikoe V, Kubat B, Maes A, de Bakker BS. Forensic imaging in legal medicine in the Netherlands: Retrospective analysis of over 1700 cases in 15 years' experience. *Journal of Forensic Radiology and Imaging*. Sept 2016, Volume 6, 1–7.

### Meer lezen?

Een en ander is treffend verwoord in een van de stellingen uit het proefschrift van dr. Henri de Bakker, getiteld: *Forensic Radiology in the Netherlands (26-02-2020): 'De radioloog ziet vele tinten grijs op de postmortale CT, de patholoog ziet bij de sectie de kleuren!'*

## RADIOLOGISCHE BEELDVORMING BIJ BRAND

## Veranderingen van de botmatrix ten gevolge van hitte-inwerking

Hitteveranderingen in de botmatrix zijn visueel en radiologisch waarneembaar. Daarin zijn verschillende fasen te duiden. Naast visueel onderzoek kan radiologische beeldvorming belangrijke informatie opleveren bij het bepalen van de omvang van de thermische schade. Deze informatie kan van belang zijn voor het strafrechtelijke onderzoek en het identificatieproces.



Tristan Krap

**B**rand is een door een ontsteking opgang gebrachte kettingreactie tussen brandstof en zuurstof waarbij hitte vrijkomt. De omvang van de brand is afhankelijk van de context. In het geval van een veel voorkomende binnenbrand (in een woning of een voertuig) blijft de warmte geïsoleerd. Indien er voldoende zuurstof aanwezig is, verlopen verbrandingsreacties sneller dan bij een buitenbrand<sup>1</sup>. De verbrandingstemperatuur is mede afhankelijk van het type brandstof: in een woning behalen binnenbranden temperaturen tussen 800 °C en 1000 °C, in een voertuig kunnen temperaturen hoger oplopen<sup>2-5</sup>.

### Brand en het lichaam

Bevindt een individu zich in een compartiment waar brand woedt, dan kunnen de hitte, hete partikels in de lucht en de giftige gassen leiden tot bewusteloosheid en uiteindelijk de dood. Soms steken daders een woning of voertuig met een stoffelijk overschot in brand om sporen van strafrechtelijk vervolgbare feiten te verdoezelen. Onderscheid maken op basis van uiterlijke kenmerken tussen vitale blootstelling aan de brand en postmortale blootstelling is lastig<sup>6</sup>. Een carboxyhemoglobine-gehalte boven een vastgestelde drempel in het bloed wordt gezien als gouden standaard voor vitaliteit ten tijde van de brand<sup>7</sup>. Brand is in staat om het stoffelijk overschot te consumeren. Allereerst verdampt door de hitte het vocht, gevolgd door verkoling van adipose en bindweefselstructuren. Doordat weke delen dehydreren en carboniseren, krimpen deze. Er ontstaan scheuren en dieperlig-

gend weefsel komt bloot te liggen. Tevens neemt het lichaam een pugilistische houding aan. De brand verbruikt de organische structuren uiteindelijk volledig als brandstof, waardoor de benige structuren bloot komen te liggen. De thermische schade en daaropvolgende skelettering die plaatsvindt door de brand zijn te reconstrueren. Delen van het lichaam die dichter bij de brandhaard liggen skeletteren eerst en lichaamsdelen met minder weke delen skeletteren sneller. Het wegbranden van de weke delen leidt tot hitteveranderingen in de botmatrix die visueel en radiologisch waarneembaar zijn<sup>8-11</sup>.

### Thermische veranderingen

Uitgaande van een situatie waarin een lichaam op de rug ligt in een binnenbrand en de hitte redelijk gelijk verspreid is over

Er is echter ook moleculair gebonden water, dat pas vrijkomt bij hogere temperaturen<sup>13</sup>. Water dat zich in de botmatrix bevindt, dampst pas uit als het insluitende adipose is weggevloeid en/of het aanwezige bindweefsel is weggebrand. Wel vinden er overgangsfasen plaats van vloeibaar naar gas, met als gevolg expansie. Daardoor kunnen al bij relatief lage temperaturen microfracturen ontstaan<sup>15</sup>. Bot blootgesteld aan lage temperaturen heeft een gebroken witte kleur<sup>16</sup>.

- **Carbonisatie:** verbrandingsreacties in de aanwezigheid van zuurstof en pyrolyse zonder zuurstof breken organische structuren thermisch af<sup>17</sup>. Deze afbraak begint bij een temperatuur vanaf ongeveer 200 °C tot ongeveer 450 °C<sup>15,18</sup>. Pyrolyse vindt plaats bin-

## ‘Onderscheid maken tussen vitale en postmortale blootstelling aan brand is lastig’

de ventrale zijde, skeletteert het voorhoofd het eerst. Daaropvolgend skeletteren onder andere de onderarmen na een blootstellingsduur van ongeveer vijftien minuten, waarna de ribben en het sternum bloot komen te liggen. Diepliggende en meest afgeschermd beenderen komen het laatst bloot te liggen<sup>12</sup>.

Zodra bot wordt blootgesteld aan extreme hitte gaat het door een aantal fasen<sup>13,14</sup>:

- **Dehydratie** vindt in hoge mate plaats vanaf een temperatuur rond 100 °C.

nen in de botmatrix, met als gevolg dat radiologisch waarneembare gasophopingen ontstaan<sup>11</sup>. De ophopende gassen verhogen de inwendige druk en leiden tot meer microfracturen<sup>15</sup>. Tegelijkertijd kunnen in deze fase gassen ontsnappen. Het systeem van Havers functioneert als een rookafvoer en zuurstofinvoer: hierdoor vinden verbrandingsreacties ook plaats binnenin de botmatrix. Verkolde beenderen zijn zeer bros en postmortale fracturen ontstaan dan ook bij geringe krachtsinwerking. Deze fase is te kenmerken door ►



**Figuur 1.** Bovenste botfragment toont duimnagelfracturen, onderste botfragment toont craquelé.

de verkleuring van bruin naar zwart<sup>16</sup>.

- **Calcinatie:** de verkoelde restanten branden weg en er blijven botzouten achter. Om deze fase te bereiken, is een minimale blootstellingstemperatuur van 450 °C nodig bij een blootstelduur van minstens een uur. Temperaturen hoger dan 450 °C vereisen een kortere tijdsduur om tot dezelfde mate van calcinatie te komen. Voor volledige calcinatie is overigens een minimale temperatuur van 700 °C nodig. Dit is namelijk de thermische drempelwaarde voor het oxideren van het aanwezige carbonaat in het bot<sup>19</sup>. Het bot is in deze fase vrij bros en postmortale fracturen ontstaan gemakkelijk. Partieel gecalcineerde botdelen tonen nog grijstinten of een kleurzweem, volledig gecalcineerde botdelen zijn wit<sup>16</sup>.
- **Rekristallisatie** betreft de laatste fase. Het hydroxyapatiet van de botzouten rekristalliseert door de hitte, met als gevolg krimp en een toename in hardheid. Dit bot is daardoor iets minder

bros dan bot dat zich in de voorgaande twee fasen bevindt. Rekristallisatie vindt alleen plaats bij temperaturen hoger dan 700 °C. Daarbij geldt: des te hoger de temperatuur, des te sneller de rekristallisatie plaatsvindt<sup>20</sup>. Blootstelling aan hogere temperaturen

### Kleur van het bot

De verandering van botkleur is te gebruiken voor het inschatten van de blootstellingstemperatuur. De geschatte bloot-

heeft als effect dat de botmatrix wordt ontdaan van contaminanten die kunnen oxideren. Dit heeft een klein effect op de kleur: de laatste kleurzweem verdwijnt<sup>16</sup>.

stellingstemperatuur is nuttig voor de brandreconstructie en voor de besluitvorming of botdelen nog zijn te gebruiken voor moleculair vervolgonderzoek ten behoeve van het identificatieproces. Het schatten van de blootstellingstemperatuur dient te geschieden met geijkte apparatuur en een gevalideerde methode; een visuele waarneming is niet voldoende betrouwbaar<sup>16,21</sup>. Het is van belang te realiseren dat thermische veranderingen van de buitenste laag van het bot voorlopen op de verandering aan de binnenzijde<sup>16</sup>. Dit is vooral van belang voor de besluitvorming voor het inzetten van moleculair vervolgonderzoek voor het identificatieproces. Informatie over de thermische verandering in het bot zonder invasief en destructief te werk te gaan, is alleen te verkrijgen middels radiologische beeldvorming. Naar thermische veranderingen in het bot en de relatie met de blootstellingstemperatuur is momenteel echter nog onvoldoende wetenschappelijk onderzoek naar verricht.

### Specifieke hittefracturen

Botfracturen kunnen bij leven ontstaan, maar ook postmortaal. Zo kan hitte-in-

## ‘De botkleur kan helpen bij het inschatten van de blootstellingstemperatuur’

werking op een lichaam leiden tot fracturen, is thermisch aangedaan bot bros en kunnen tijdens het veiligstellen van de verbrande stoffelijke resten tot slot ook fracturen ontstaan. Hittefracturen zijn het resultaat van uitzetting en krimpen ten gevolge van de dynamiek en hitte van de brand. Een specifieke hittefractuur is de duimnagelfractuur (zie *figuur 1*)<sup>22</sup>. Duimnagelfracturen ontstaan als weke delen



**Figuur 2.** Ulna en radius veiliggesteld na experimentele binnenbrand. Ulna met longitudinale en transverse fracturen, trapsgewijs, en een hittefront  $\frac{1}{3}$ <sup>de</sup> distaal. Radius met craquelé. Proximale epifyse loopt achter qua thermische inwerking.



wegbranden. Hierdoor schuift het hittefront gelijkmatig op. Het hittefront kenmerkt zich door de hierboven genoemde faseovergangen, inclusief waarneembare verandering in kleur (zie *figuur 2*)<sup>23,24</sup>. Duimnagelfracturen ontstaan bij blootstelling aan hoge temperaturen en bij een verschil in mate van krimp tussen bot dat is blootgesteld aan de hoge temperatuur en bot dat nog wordt afgeschermd door weke delen. De buitenste botlaag kan door het krimpen craquelé vertonen (zie *figuur 1* en *2*)<sup>13</sup>. Hittefracturen zijn vaak transvers, oblique of longitudinaal, en hebben een gelijkmatige stompe en gladde fractuurcontour, in tegenstelling tot de rafelige en scherpe contour van een botbreuk die is ontstaan in vers bot, niet zijnde droog zoals archeologisch<sup>22,25</sup>. Verder komt het voor dat hittefracturen trapsgewijs verlopen, transvers en longitudinaal afwisselend (zie *figuur 2*). Het is niet te verwachten dat wigfracturen ontstaan ten gevolge van de hitte-inwerking of de daaropvolgende krachtsinwerking tijdens het veiligstellen. Wel kunnen spiraalvormige fracturen ontstaan. Onderscheid maken tussen fracturen die voor, door en na de brand zijn ontstaan is lastig, vooral aangezien deze simultaan aanwezig kunnen zijn. Aan te nemen is dat fracturen die door de brand zijn ontstaan een gelijkmatige verkleuring tonen en fracturen die door of na de brand zijn ontstaan een wisselend kleurpatroon tonen op het breukvlak. Dat is echter alleen waarneembaar als volledige calcinatie nog niet is opgetreden.

## Wat brengt de wetenschap?

Er is een sterke toename van wetenschappelijke publicaties inzake thermische veranderingen van de botmatrix, nieuwe technieken die dezelfde vragen proberen te beantwoorden of fundamentele veranderingen op chemisch niveau bestuderen. Maar om de praktijk echt vooruit te brengen, is er behoefte aan studies naar het verhogen van het rendement en de kwaliteit van geëxtraheerd DNA voor het identificatieproces en het kunnen onderscheiden van traumafracturen van postmortale en brand of post-brand fracturen.

## Tristan Krap

Promovendus Maastricht University en afdeling Medische Biologie, sectie anatomie van Academisch Centrum Amsterdam, forensisch antropoloog A.C. Kenniscentrum voor forensische geneeskunde, docent Forensisch Onderzoek hogeschool Van Hall Larenstein

## Literatuur

- Lentini, J.J., Fire: Dynamics and pattern production, in Wiley Encyclopedia of Forensic Science, A. Jamieson and A.A. Moenssens, Editors. 2009, John Wiley & Sons. p. 1112-1122.
- Hayasaka, H., et al., Burning rate in a small compartment fire. *Fire Safety Science*, 1988. 3: p. 273-282.
- Yuen, A.C.Y., et al., Fire scene reconstruction of a furnished compartment room in a house fire. *Case Studies in Fire Safety*, 2014. 1: p. 29-35.
- Okamoto, K., et al., Burning behavior of minivan passenger cars. *Fire Safety Journal*, 2013. 62: p. 272-280.
- Mangs, J. and O. Keski-Rahkonen, Characterization of the fire behaviour of a burning passenger car. Part I: Car fire experiments. *Fire Safety Journal*, 1994. 23(1): p. 17-35.
- Krap, T., F.R.W.v.d. Goot, and W. Duijst, Levend of dood verbrand? Expertise & recht, 2018. 1: p. 12-22.
- Ferrari, L.A. and L. Giannuzzi, Assessment of carboxyhemoglobin, hydrogen cyanide and methemoglobin in fire victims: a novel approach. *Forensic Science International*, 2015. 256: p. 46-52.
- Pokines, J. and S.A. Symes, Manual of Forensic Taphonomy. 2013: Taylor & Francis Group.
- Symes, S.A., et al., Patterned thermal destruction of human remains in a forensic setting., in *The Analysis of Burned Human Remains*, C.W. Smidt and S.A. Symes, Editors. 2008, Academic Press: London. p. 15-54.
- Bohnert, M., Morphological findings in burned bodies, in *Forensic Pathology Reviews*, M. Tsokos, Editor. 2004, Humana Press Inc.: Totowa, New Jersey. p. 3-27.
- Bakker, H.M.d., et al., The value of post-mortem computed tomography of burned victims in a forensic setting. *European Radiology*, 2019. 29: p. 1912-1921.
- Bohnert, M., T. Rost, and S. Pollak, The degree of destruction of human bodies in relation to the duration of the fire. *Forensic Science International*, 1998. 95: p. 11-21.
- Correia, P.M., Fire modification of bone: a review of the literature., in *Forensic Taphonomy*, W.D. Haglund and M.H. Sorg, Editors. 1997, CRC Press: New York. p. 275-293.
- Thompson, T.J.U., Recent advances in the study of burned bone and their implications for forensic anthropology. *Forensic Science International*, 2004. 146(S): p. S203-S205.
- Squires, K.E., et al., The application of histomorphometry and Fourier Transform Infrared Spectroscopy to the analysis of early Anglo-Saxon burned bone. *Journal of Archaeological Science*, 2011. 38: p. 2399-2409.
- Krap, T., et al., Colourimetric analysis of thermally altered human bone samples. *Scientific Reports*, 2019. 9(1): p. 8923 (10).
- Haan, J.D.D. and D.J. Ilove, *Kirk's Fire Investigation: Pearson New International Edition*. 7 ed. 2013: Pearson Higher Education.
- Thompson, T.J., M. Gauthier, and M. Islam, The application of a new method of Fourier Transform Infrared Spectroscopy to the analysis of burned bone. *Journal of Archaeological Science*, 2009. 36(3): p. 910-914.
- Rogers, K.D. and P. Daniels, An X-ray diffraction study of the effects of heat treatment on bone mineral microstructure. *Biomaterials*, 2002. 23(12): p. 2577-2585.
- Piga, G., et al., The Potential of X-Ray Diffraction in the Analysis of Burned Remains from Forensic Contexts. *Journal of Forensic Sciences*, 2009. 54(3): p. 534-539.
- Krap, T., et al., Temperature estimations of heated bone: A questionnaire-based study of accuracy and precision of interpretation of bone colour by forensic and physical anthropologists. *Legal Medicine*, 2017. 29: p. 22-28.
- Herrmann, N.P. and J.L. Bennett, The differentiation of traumatic and heat-related fractures in burned bone. *Journal of Forensic Science*, 1999. 44(3): p. 461-469.
- Schmidt, C.W. and S.A. Symes, *The Analysis of Burned Human Remains*. 2011: Elsevier Science.
- Gonçalves, D., E. Cunha, and T.J.U. Thompson, Estimation of the pre-burning condition of human remains in forensic contexts. *International Journal of Legal Medicine*, 2014. 129(5): p. 1137-1143.
- Macoveciuc, I., et al., Sharp and blunt force trauma concealment by thermal alteration in homicides: An in-vitro experiment for methodology and protocol development in forensic anthropological analysis of burnt bones. *Forensic Science International*, 2017. 275: p. 260-270.

## PREVALENTIE VAN BULLAE EN BLEBS BIJ POST-MORTEM CT

# Implicaties voor duikgeneeskunde?



Henri de Bakker



Melanie Tijsterman



Olga de Bakker

Vidija  
Soerdjbalie-Maikoe

Rob van Hulst



Bernadette de Bakker

**Pulmonale bullae en blebs kunnen leiden tot een pneumothorax. Om de prevalentie van pulmonale bullae en blebs te bepalen bij een normale Nederlandse volwassen populatie van 21 tot 70 jaar, hebben de onderzoekers 130 PMCT-scans opnieuw beoordeeld. Ze vonden op CT een verrassend hoge incidentie van kleine bullae en/of blebs bij een derde van de bestudeerde casus, allen zonder onderliggende longziekte. Deze bevinding kan mogelijk gevolgen hebben voor de duikgeneeskunde.**

### Inleiding

Pulmonale bullae en blebs kunnen een pneumothorax veroorzaken, een potentieel levensbedreigende aandoening van pulmonaal barotrauma (PBT) bij duikers die zich blootstellen aan verhoogde omgevingsdruk<sup>1</sup>. Lucht die zich in een bulla of bleb bevindt onder verhoogde omgevingsdruk, zet uit wanneer de druk tijdens de opstijging afneemt. Deze lucht kan een spanningspneumothorax<sup>2</sup> en/of mediastinaal- of subcutaan emfyseem veroorzaken, en in relatie hiermee mogelijk een arteriële gasembolie (AGE)<sup>3</sup>. Het risico van een PBT is zelfs groter in ondiep water dan in diep water, vanwege het grotere relatieve verschil in omgevingsdruk. Op zeeniveau is de druk 1 atmosfeer (atm), op 10 m diepte 2 atm, 20 m: 3 atm enz.<sup>4</sup>

Het doel van de duikmedische zorg en -keuring is om te bepalen of het lichaam deze sterk veranderende drukverschillen aankan. Naast algemeen lichamenlijk onderzoek besteedt de keuringsarts extra aandacht aan onderzoek van de longen met spirometrie en peakflow meting (PFM), alsmede aan het KNO-gebied en de algemene fysieke conditie. De aanwezig-

heid van intrapulmonale afwijkingen in het algemeen en in het bijzonder van bullae en blebs is in de keuringsruimte niet te beoordelen. Om deze reden is het een lang bestaande vraag of radiologische

onderzoek<sup>5</sup>. De prevalentie in andere leeftijdsgroepen dan de bovengenoemde studie is momenteel onbekend. Het doel van ons onderzoek is om de prevalentie van bullae en blebs te bepalen in een

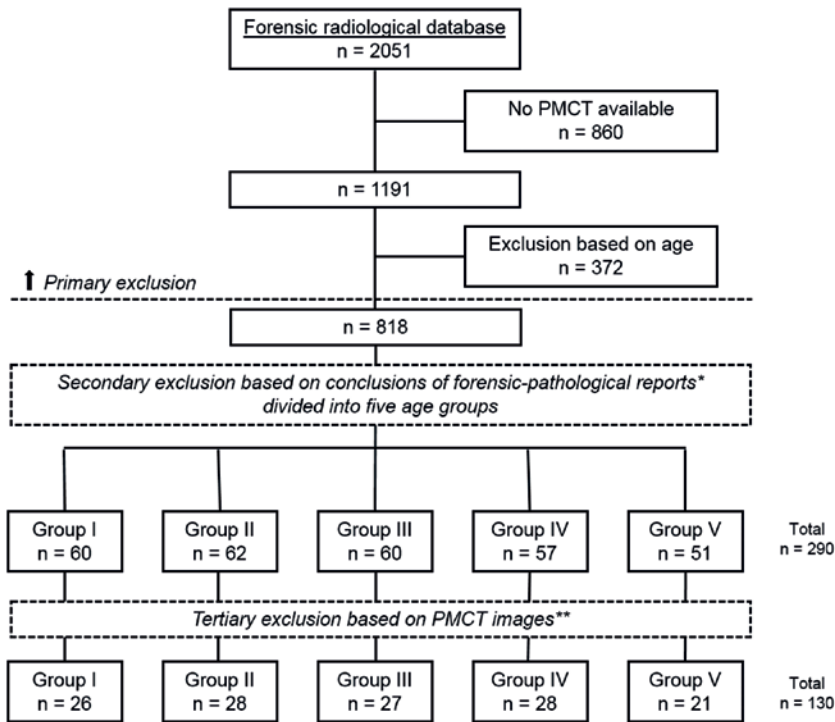
‘Moet radiologisch onderzoek van de longen worden opgenomen in de medische screening voor duikers?’

onderzoeken van de longen moeten worden opgenomen in de medische screening voor beroepsmatige- en/of recreatieve duikers<sup>5-7</sup>.

### Prevalentie onbekend

De exacte prevalentie van (kleine) pulmonale bullae of blebs in de normale populatie is onbekend, omdat het ethisch niet toelaatbaar is om gezonde individuen bloot te stellen aan een niet-medisch geïndiceerde dosis straling. Amjadi et al. vonden in 2007 een prevalentie van bullae/blebs bij 6 procent van gezonde jongvolwassenen tijdens een thoracoscopisch

populatie van 21 tot 70 jaar. We gebruiken hiervoor post-mortem CT (PMCT) en vermijden op deze manier de beperkingen van hoge stralingsdoses zoals die gelden in de klinische setting. Dit stelt ons in staat om zelfs de kleinste blebs te detecteren, die over het hoofd kunnen worden gezien op hoge resolutie computertomografie (HRCT) of lage dosis CT (LDCT) van de thorax. Door de prevalentie te kennen, willen we bijdragen aan de discussie over de eventuele noodzaak van radiologische longscreening bij medische keuringen voor beroepsmatige en recreatieve duikers.



Figuur 1. Stroomschema van casusselectie.

## Materiaal en methoden

### Studiepopulatie

De casus zijn geselecteerd uit een forensisch-radiologische database<sup>9</sup>, die in 2000 is opgezet. Het betreft een samenwerking tussen het Groene Hart Ziekenhuis (GHZ) in Gouda en het Nederlands Forensisch Instituut (NFI) in Den Haag. De database bevat momenteel meer dan 2.000 forensisch-radiologische casus van overleden personen die een forensische autopsie hebben ondergaan bij het NFI, volgens op een in het GHZ verrichte PMCT. Doodsoorzaken zijn bijvoorbeeld steekletsels, schotwondingen en geweld op de hals. De forensische procedure na een verdacht overlijden volgt een strikt protocol. Voorafgaand aan de autopsie wordt een PMCT-scan van het hele lichaam uitgevoerd, die vervolgens wordt beoordeeld door een ervaren forensisch radioloog. In al deze casus was vrijwel geen 'klinische' informatie aanwezig of bekend. De autopsie- en radiologierapporten zijn gebruikt om een SPSS-database te creëren. In het kader van deze studie selecteerden de auteurs retrospectief casus uit deze database en analyseerden de oorspronkelijke afbeeldingen opnieuw. Hieraan voorafgaand werden de eerste exclusiecriteria geformuleerd: er is geen PMCT beschikbaar en de leeftijd is onder de 21 of boven de 70 jaar (figuur 1). De zo overblijvende 818 casus ondergingen een tweede exclu-

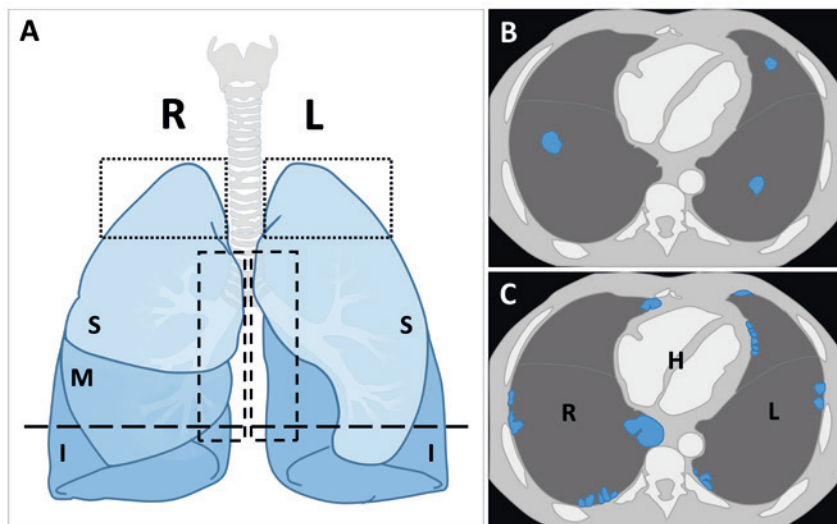
sie criterium, namelijk de verwachting dat thorax en longen beschadigd zouden zijn. Op basis van de conclusies van de forensisch-pathologische autopsierapporten zijn alle casus geëxcludeerd van verbrande lichamen, kogel- of steekwonden in de borststreek, verdrinkingsslachtoffers,

ernstige verkeersongevallen, luchtvaartongevallen, andere thoraxtrauma's en gevallen van vergevorderde ontbinding. We verdeelden de resterende 290 casus met het vermoeden van 'onbeschadigde longen' in vijf verschillende leeftijdsgroepen. Groep I (21-30 jaar) bevat 60 slachtoffers, groep II (31-40) 62, groep III (41-50) 60, groep IV (51-60) 57 en groep V (61-70) 51 (figuur 1).

Van deze 290 gevallen hebben we de PMCT-beelden opnieuw geanalyseerd. Voor onze studie dienden de longen normaal geëxpandeerd te zijn, zonder intra-pulmonale pathologie. Dit werd het derde exclusiecriteria: CT-beelden met tekenen van thoracaal trauma, (hemo-) pneumothorax, longconsolidatie, unilaterale of bilaterale atelectase, cystische fibrose, tuberculose, bulleus emfyseem en andere diffuse parenchymziekte zijn uitgesloten. Fysiologische post-mortale veranderingen in de vroege stadia na het overlijden, zoals enig vocht dat zich ontwikkelt in de longblaasjes, waardoor een matglasaspect ontstaat op CT, zijn geaccepteerd. Uiteindelijk konden 130 slachtoffers in dit onderzoek worden opgenomen: groep I: 26, groep II: 28, groep III: 27, groep IV: 28 en groep V: 21 personen.

### Imaging protocol

Vanaf 2009 worden de PMCT-scans vervaardigd met de Toshiba Aquilon ►



Figuur 2. Schematische, educatieve weergave van de longen.

A, ventrale weergave van de bronchusboom en longen. De linkerlong (L) heeft twee lobben en de rechterlong drie: U = bovenste lob, M = middelste lob, L = onderste lob. De gestippelde rechthoek geeft het apicale gebied aan, de rechthoek met onderbroken lijntjes het mediastinale gebied. De horizontale stippellijn geeft het niveau aan van de transversale plak in B en C. B, schematische CT-coupe met drie intrapulmonale bullae in blauw. Een bulla wordt radiologisch gedefinieerd als een luchtruimte in het longweefsel, normaal gesproken groter dan 1 cm in diameter, met een duidelijk gemarkeerde wand van niet meer dan 1 mm dik. C, schematische CT-coupe die in blauw voorbeelden van meerdere locaties van blebs laat zien. Een bleb wordt gedefinieerd als een luchtruimte in de viscerale pleura of in de subpleurale long<sup>10</sup>.



**Tabel 1.** De leeftijdsgroepen van de geïncludeerde personen: het aantal bullae en / of blebs zoals gezien in de longen en het totaal aantal normale longen bij de geïncludeerde personen en het totale percentage aangedane longen.

Groep	Geïncludeerd	Bulla(e) & Bleb(s)	Bulla(e)	Bleb(s)	Normaal	Totaal aangedaan	% aangedaan
I (21-30)	26	1	0	4	21	5	19,2
II (31-40)	28	0	1	9	18	10	35,7
III (41-50)	27	4	1	9	13	14	51,9
IV (51-60)	28	2	0	7	19	9	32,1
V (61-70)	21	2	1	3	15	6	28,6
<b>Totaal</b>	<b>130</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>32</b>	<b>86</b>	<b>44</b>	<b>33,8</b>

64-slice. Oudere casus werden verricht op de Toshiba Aquilon 32-slicescanner of de Siemens Somatom 4 CT-scan. De parameters die worden gebruikt voor een PMCT van thorax/abdomen zijn: 120 kV / 300mA / 1s rotatie / 0,5 mm plakdikte / reconstructie 0,5 mm. De PMCT-scans zijn opgeslagen in het PACS van het GHZ.

### Analyse

Voor deze retrospectieve analyse zijn de

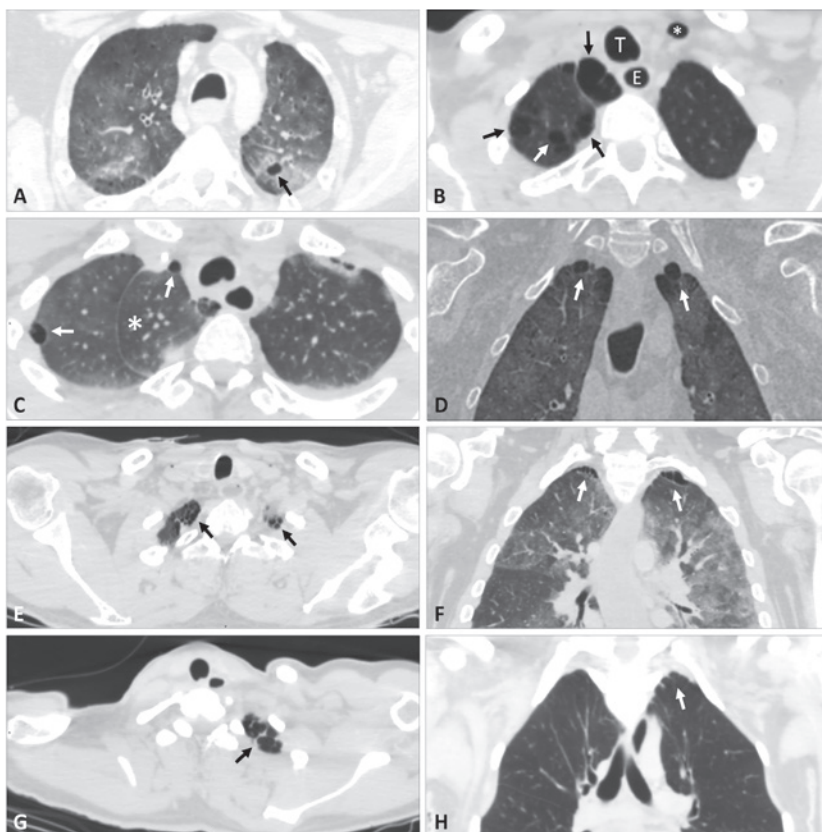
geselecteerde casus opnieuw geanalyseerd door een radioloog met achttien jaar ervaring in de forensische radiologie (HdB). De autopsierapporten en sectiefoto's zijn opnieuw geanalyseerd door een forensisch patholoog met dertien jaar ervaring in forensische pathologie (VSM). Zowel de radioloog als de patholoog waren 'blind' voor respectievelijk de oorspronkelijke radiologie- en autopsierapporten. Om ervoor te zorgen dat alle casus

op een gelijke en volledige manier werden herbeoordeeld, zijn de PMCT-scans en de autopsierapporten/ sectiefoto's gescoord met een rapportagesjabloon, waarin de locatie, de grootte en het aantal bullae / blebs per casus waren vastgelegd. Er zijn geen verdere statistische analyses uitgevoerd. Volgens de richtlijnen van de Fleischner Society wordt een bulla radiologisch gedefinieerd als een 'luchtruimte' in het longweefsel, normaal gesproken meer dan 1 cm in diameter, met een duidelijk gemarkeerde wand van niet meer dan 1 mm dikte (figuur 2). Een bleb wordt gedefinieerd als een 'luchtruimte' in de viscerale pleura of in het subpleurale longweefsel. De blebs kleiner dan 5 mm zijn alleen bij elkaar opgeteld en niet afzonderlijk gemeten, aangezien metingen <5 mm als onbetrouwbaar werden beschouwd. Om de aanwezigheid van lucht in een bulla of bleb te bevestigen, is de dichtheid in Hounsfield-units (HU) gemeten. De HU-waarde van lucht is -1000 HU en van longweefsel tussen -700 tot -600 HU<sup>11</sup>.

### Resultaten

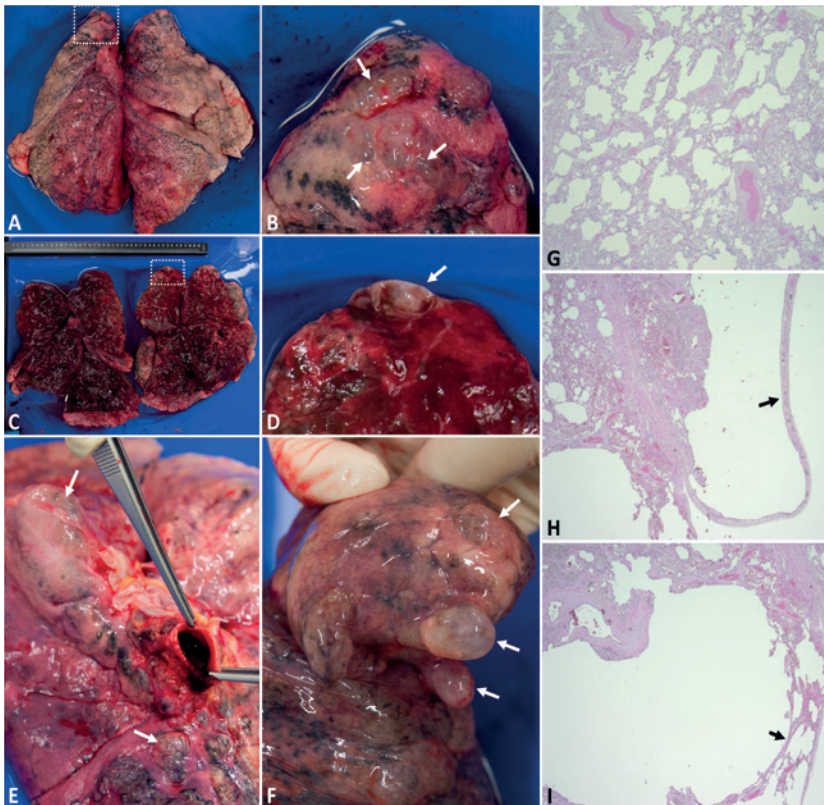
De studie omvatte 130 casus van overleden personen (figuur 1). Van de 130 casus waren er 75 man (58%) en 55 vrouw (42%). De gemiddelde leeftijd was 44,8 jaar. Gewicht (kg) en lengte (cm) zijn verkregen uit de autopsierapporten van het NFI. Body mass index (BMI) is dienovereenkomstig berekend.

In totaal toonden 44 casus (33,8% (95% betrouwbaarheidsinterval: 25,7% -41,9%)), met normaal ontplooiden longen en zonder onderliggende afwijkingen en of pathologie, één of meer geïsoleerde bulla(e), geïsoleerde bleb(s) of een combinatie van bulla(e) en bleb(s) (tabel 1, figuren 3 en 4). In 86 van de 130 geanalyseerde gevallen (66%) toonden de longen geen afwijkingen. In alle gevallen bleef de diameter van de blebs binnen de 20 mm, de meesten zelfs binnen de 10 mm, overeenkomend met de definitie van

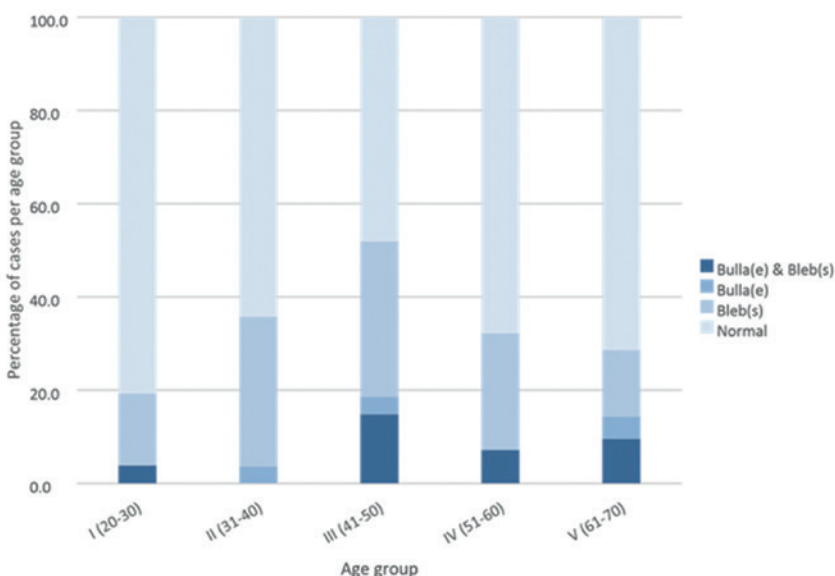


**Figuur 3.** Postmortem total-body CT van meerdere gevallen met bullae of blebs.

- A, kleine bulla in de linkerlong (zwarte pijl). Let op de subtiele postmortale uiting van matglas in de dorsale longdelen.
  - B, blebs in de rechterlong (zwarte pijlen) en een kleine bulla (witte pijl). Lucht in de luchtpijp (T), slokdarm (E) en linker halsader (asterix).
  - C, blebs in de rechterlong (witte pijlen). Let op de variant: azygos lob (asterix).
  - D, blebs in de toppen aan beide kanten (witte pijlen).
  - E & F, bleb-reeks (string of blebs) in beide longapices (pijlen), E en F komen uit zelfde casus.
  - G, blebs in de linker apex (zwarte pijl)?
  - H, nee, alleen vingervormig longweefsel (witte pijl).
- CT-beelden van de transversale vlakken van de longen (A, B, C, E, G) en coronale reconstructies (D, F, H).



**Figuur 4. Autopsiebeelden van casus uit deze studie met pulmonale blebs.**  
**A**, foto van vooraanzicht van beide longen van een mannelijk slachtoffer, 39 jaar oud. Let op het gestippelde vak, waarin blebs op de linker longtop zichtbaar zijn.  
**B**, ingezoomde afbeelding van gestippeld vak van afbeelding A. Pijlen geven verschillende blebs aan.  
**C**, coronale foto van sectie van de rechterlong van een 51-jarig vrouwelijk slachtoffer. Zie het witte gestippelde vak voor een bleb.  
**D**, close-up van de bleb van foto C.  
**E**, close-up dorsaal aanzicht van de rechterlong van een 50-jarig vrouwelijk slachtoffer. Let op de zichtbaarheid van blebs (twee pijlen).  
**F**, close-up foto van het apicale gebied van de rechterlong van een 43-jarig mannelijk slachtoffer. Let op de aanwezigheid van blebs op meerdere locaties (pijlen).  
**G**, hematoxyline en eosine (HE) kleuring (2,5x) van gezond longweefsel.  
**H**, HE-kleuring van longweefsel (2,5x) met een bleb van een 49-jarig mannelijk slachtoffer. De zwarte pijl wijst naar de wand van de bleb.  
**I**, voorbeeld van een bleb op een andere locatie.



**Figuur 5. Staafdiagram met de vijf leeftijdsgroepen en hun respectievelijke percentages normale gevallen, gevallen met blebs, gevallen met bullae en gevallen met bullae en blebs.**

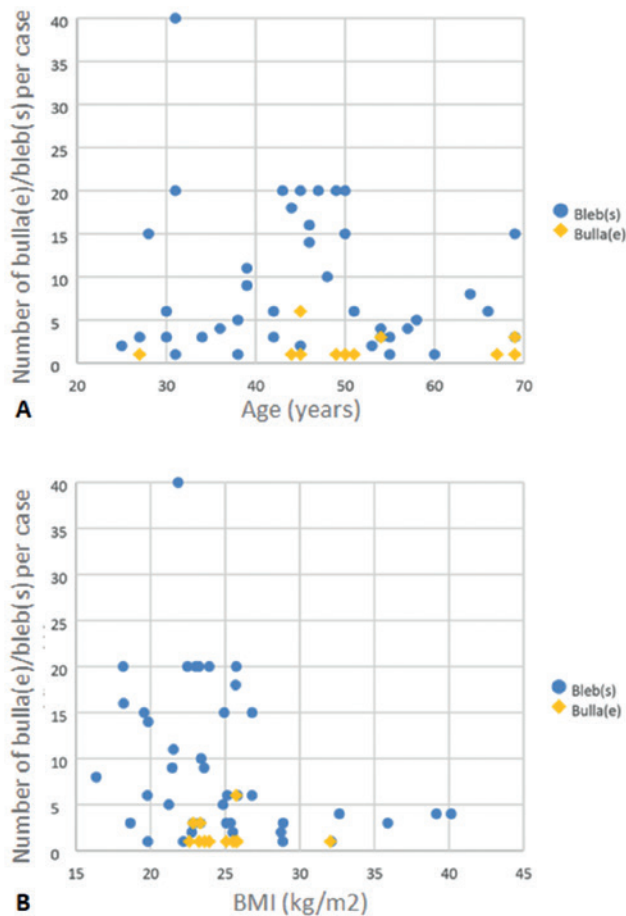
een bleb<sup>10</sup>. De bulla(e) die we vonden in het longparenchym, waren allemaal kleiner dan 20 mm. Van de 44 casus toonden er 3 geïsoleerde bullae (7%), terwijl 32 van de 44 casus geïsoleerde blebs toonden (73%). Bullae en blebs zijn gelijktijdig aangetroffen in 9 van de 44 gevallen (20%) (tabel 1, figuur 5). Van deze 44 casus waren er 15 vrouw (34%) en 29 man (66%). Het aantal mannen was hoger dan het aantal aangedane vrouwen in een verhouding van 2:1 (66%:34%).

De gemiddelde leeftijd was 46,5 jaar, met een spreiding van 25-69 jaar. Het aantal bulla (e)/ bleb (s) per individuele casus is uitgezet tegen leeftijd en BMI, (figuur 6A en 6B). Het aantal positieve casus toont een normale verdeling wanneer het wordt uitgezet tegen de leeftijd, met het hoogste aantal (14/27 = 52%) in leeftijdsgroep III (tabel 1 en figuur 5). Het laagste percentage (19%) werd gezien in leeftijdsgroep I.

In totaal zijn 21 kleine bullae en 377 blebs gevonden in de 44 positieve casus. In het apicale gebied van de longen werden één bulla (5%) en 149 blebs (40%) gezien. De linker apex toonde geen bulla en 64 blebs, terwijl het rechter apicale gebied één bulla en 85 blebs toonde. In de mediastinale regio bevonden zich geen bullae en 43 blebs (11% van de 377 blebs), 23 in de linkerlong en 20 in de rechterlong. Alle andere bullae (n = 20, 95% van 21 bullae) en blebs (n = 185, 49% van 377 blebs) zijn aangetroffen in andere anatomische gebieden van de longen; 8 bullae en 77 blebs in de linkerlong en 12 bullae en 108 blebs in de rechterlong. In deze studie werd een 'reeks van blebs' (zie discussie) aangetroffen in 6 casus, 4 aan de linkerkant en 2 aan de rechterkant. Vijf keer werd een reeks van blebs gezien in de mediastinale regio en één keer in de apicale regio. In 25 gevallen werd een geclusterde groep van blebs aangetroffen, 10 aan de linkerkant en 15 aan de rechterkant.

## Discussie

We wilden de prevalentie van bullae en blebs bepalen in een 'doorsnee' populatie en zo bijdragen aan de discussie over de eventuele noodzaak van radiologische longscreening bij medisch onderzoek voor beroepsmatige en recreatieve duikers. We concluderen dat op basis van ons onderzoek, ongeveer een derde van de normale volwassen populatie ten minste één pulmonale bulla of bleb heeft. Als we die aanname vervolgens spiegelen aan de populatie duikers, betekent dit dat ►



**Figuur 6.** Aantal bulla(e) of bleb(s) per individueel geval uitgezet tegen leeftijd (A) en body mass index (BMI) (B).

ongeveer een derde van de duikers duikt met kleine bullae of blebs in de longen. Daarom is de aarzeling ongegrond om een persoon met een bekende kleine bulla en/of bleb medische toestemming te geven om te duiken, vanwege het veronderstelde verhoogde risico op een (spannings) pneumothorax. Daarom ook is er, gezien de stralingsdosis, geen indicatie om een CT-scan te maken in de medische beoordeling van de recreatieve duiker zonder een voorgeschiedenis van (ernstige) longproblemen.

Een en ander komt ook overeen met de nieuwste richtlijn 'De medische keuring en beoordeling van commerciële duikers' van *The Health and Safety Executive*<sup>12</sup>. Deze stelt dat er geen wetenschappelijk bewijs is om iemand uit te sluiten van duiken bij aanwezigheid van kleine(!) bullae of blebs. Met de aanwezigheid van grote bullae of longcysten wordt de te keuren persoon beschouwd als ongeschikt om te duiken<sup>12,13</sup>, maar verder wetenschappelijk onderzoek is nodig om de term 'groot' te definiëren. Voor professionele duikers is een lage dosis CT-scan te overwegen, vooral als er longproblemen worden ver-

moed. Als een pulmonale CT-scan vrij recent (<5 jaar) is gemaakt, kan deze opnieuw worden geëvalueerd, bijvoorbeeld om grote bullae uit te sluiten.

Het aantal blebs dat we vonden in PMCT-scans van 130 casus tussen 21 en 70 jaar was opmerkelijk hoog in vergelijking met eerdere studies<sup>8,14</sup>. In 32% vonden we blebs, soms in combinatie met een of meer kleine bullae en in 2% geïsoleerde bullae. Amjadi et al. vond een prevalentie van 6% blebs bij jonge gezonde individuen bij het verrichten van een systematische bilaterale thoroscopische evaluatie<sup>8</sup>. Voordeel van onze studie vergeleken met deze thoroscopische studie is dat wij beide longen volledig konden onderzoeken en niet alleen het oppervlak van de longen. De beperkte visualisatie van het posteromediale segment van de long met thoroscopie is ook geen probleem bij het gebruik van CT.

### Ruis op het beeld

Bij levende, gezonde personen is het verstandig om een LDCT te gebruiken, omdat radiologen verplicht zijn zich te houden aan het ALARA-principe (*As Low As Rea-*

*sonably Achievable*), met een stralingsdosis die voldoende is om een adequate klinische beoordeling te maken. Omdat de onderzochte mensen in onze studie overleden waren, konden we een hoge stralingsdosis geven met de beste beeldvormingsresultaten (120kV en 300-350 mAs). In onze onderzoekspopulatie hebben we echter te maken met andere variabelen die de beeldkwaliteit beïnvloeden. In al onze PMCT-onderzoeken zijn de lichamen in een *body bag* gescand met de armen direct langs het lichaam. Dit in tegenstelling tot het uitvoeren van een normale CT-thorax van een levend persoon met de armen boven het hoofd. De genoemde positie in de *body bag* genereert wat ruis in de beeldkwaliteit, maar was verder niet van invloed op de detectie van bullae of blebs in de longen. Bovendien kunnen metalen *corpora aliena* (bijvoorbeeld kogels) aanzienlijke artefacten veroorzaken. Daarom werden alle gevallen met metalen *corpora aliena* in de thorax of verstoringe verstrooiing door metaal elders in het lichaam uitgesloten. We hebben ook te maken met normale postmortale veranderingen. Geleidelijk komt er na het overlijden vocht vrij in de longblaasjes, waardoor matglas-aspect ontstaat dat later verandert in matig dichte consolidaties in de longen<sup>15</sup>. Daarom hebben we casus met een zo kort mogelijk postmortaal interval in de studie opgenomen. In sommige casus hebben we luchtembolieën in de vaatstructuren gedetecteerd, gerelateerd aan de doodsoorzaak, bijvoorbeeld steekwonden die een groot bloedvat hebben geraakt. Deze intravasculaire lucht interfereerde niet met de interpretatie van de CT-beelden van de longen.

Als we de prevalentie van bullae en blebs bestuderen, zal er altijd een discussie over de terminologie zijn. De Fleischner Society (versie van 2008 in *Radiology*) beschrijft een bleb als een dunwandige cystische luchtpocket van weinig klinisch belang. Daarom raden zij het gebruik van de term 'bleb' door radiologen af<sup>10</sup>. Belangrijker is volgens ons de locatie van de bleb: binnen de viscerale pleura of in de subpleurale long. De relatief kleine, dunwandige ronde intrapulmonale luchtpockets die geen verband hielden met het borstvlies worden in dit onderzoek bullae genoemd. De casus met (grote) bullae omgeven door emfysemateus veranderd longweefsel, dat wijst op een onderliggende longaandoening, werden uitgesloten. Om een onderscheid te maken tussen een reële bleb of een longgebied met verminderde dichtheid, vooral voorkomend



in de apicale longdelen, is een dichtheidsmeting uitgevoerd<sup>11</sup>.

## Opmerkelijke bevindingen

Zoals verwacht op basis van het werk van Amjadi et al.<sup>8</sup> vonden we de meeste blebs in de bovenste kwabben, vooral in de toppen van de longen. Maar er waren ook blebs in andere delen van de longen. We belichten enkele opmerkelijke bevindingen. In 25 casus vonden we een cluster van kleine blebs, dicht op elkaar gepakt als een soort 'druiventrosje', met verschillende diameters. Vaak in de bovenste kwabben maar ook in andere delen van de long, altijd in directe relatie met het borstvlies. Een ander fenomeen is het vinden van reeks van kleine blebs die als een kralensnoer langs het borstvlies liggen. We noemden ze *string of blebs*, meestal gezien langs de mediastinale pleura, maar in één geval ook aan de top van de rechterlong (figuur 3E, F). De etiologie van deze 'clusters' en 'strings' is naar ons beste weten niet eerder beschreven. In de standaard transversale scan vlak kan er een suggestie zijn van blebs in de longapices die in transversale of coronale richting blijken te berusten op normaal longweefsel dat een soort 'vingervorming' toont (figuur 3G en 3H). Daarom hebben wij in alle casus CT-reconstructies gemaakt in coronale en sagittale vlakken. In de dagelijkse klinische praktijk is een (vals-positieve) diagnose van blebs te vermoeden wanneer niet alle drie de scanvlakken zijn beoordeeld.

Er is in de literatuur discussie over de relatie tussen de aanwezigheid van pulmonale blebs en bepaalde risicofactoren zoals BMI, langwerpige thoraxvorm, roken en genetische aanleg<sup>8</sup>. In ons retrospectieve onderzoek van overleden personen, in het kader van forensisch onderzoek, zijn we beperkt in kennis van deze risicofactoren. Ergo, we hadden geen gegevens over de rookgewoonten van de personen die in dit onderzoek zijn opgenomen. Wel konden we informatie over lengte en gewicht verkrijgen via de patholoog om een berekening te maken van de BMI van de bestudeerde casus in vergelijking met het aantal bullae en blebs (figuur 6B). De vooraf veronderstelde hogere incidentie van blebs in het leptosome lichaamstype werd niet gevonden.

Opvallend is de hoge incidentie van blebs en bullae bij personen in het vijfde decennium (41-50). We hebben geprobeerd informatie te verzamelen over externe factoren, zoals bijvoorbeeld luchtveront-

reiniging rond hun geboortetijd (de jaren zestig en zeventig van de vorige eeuw), maar een verband kon niet worden gelegd vanwege de beperkte beschikbare gegevens.

**Henri M. de Bakker<sup>1</sup>, Melanie Tijsterman<sup>2</sup>, Olga J.G.B. de Bakker-Teunissen<sup>3</sup>, Vidija Soerdjbalie-Maikoe<sup>4</sup>, Rob A. van Hulst<sup>5</sup> en Bernadette S. de Bakker<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Radiologieafdeling, Groene Hart Ziekenhuis, Gouda

<sup>2</sup>Afd. Medische Biologie, Sectie Klinische Anatomie & Embryologie, Amsterdam UMC, Universiteit van Amsterdam, Amsterdam

<sup>3</sup>Hippocampus Medicus Duikkeuringen, Gouda

<sup>4</sup>Divisie Bijzondere Dienstverlening en Expertise, Sectie Forensische Pathologie, Nederlands Forensisch Instituut, Den Haag

<sup>5</sup>Anesthesiologieafdeling, Amsterdam UMC, Universiteit van Amsterdam, Amsterdam

Corresponderend auteur:

Bernadette S. de Bakker, Afd. Medische Biologie, Sectie Klinische Anatomie & Embryologie, Amsterdam UMC, Universiteit van Amsterdam, Meibergdreef 9, 1105 AZ Amsterdam. E-mail: b.s.debakker@amsterdamumc.nl

## Literatuur

1. Germopré P, Balestra C, Pieters T. Influence of scuba diving on asymptomatic isolated pulmonary bullae. *Diving Hyperb. Med.* 2008;38(4):206-11.
2. Calder IM. Autopsy and experimental observations on factors leading to barotrauma in man. *Undersea Biomedical Research.* 1985;12(2):165-182.
3. Mellem H, Emhjellen S, Horgen O. Pulmonary barotrauma and arterial gas embolism caused by an emphysematous bulla in a SCUBA diver. *Aviation, Space and Environmental Medicine.* 1990;61(6):559-62.
4. Vann RD, Butler FK, Mitchell SJ, Moon RE. Decompression illness. *Lancet.* 2011; 377(9760):153-64.
5. Toklu AS, Kiyani E, Aktas S, Cimsit M. Should computed chest tomography be recommended in the medical certification of professional divers? A report of three cases with pulmonary air cysts. *Occup Environ Med.* 2003;60:606-608.
6. Tetzlaff K, Reuter M, Leplow B, Heller M, Bettinghausen E. Risk factors for pulmonary barotrauma in divers. *Chest.* 1997;112(3):654-659.

7. Reuter M, Tetzlaff K, Warminghoff V, Steffens JC, Bettinghausen E, Heller M. Computed tomography of the chest in diving-related pulmonary barotrauma. *Br.J.Radiol.* 1997;70(833):440-445.
8. Amjadi K, Alvarez GG, Vanderhelst E, Velkeniers B, Lam M, Noppen M. The prevalence of Blebs or Bullae Among Young Healthy Adults. A thoracoscopic investigation. *Chest.* 2007;132:1140-1145.
9. de Bakker HM, Soerdjbalie-Maikoe V, Kubat B, Maes A, de Bakker BS. Forensic imaging in legal medicine in the Netherlands: Retrospective analysis of over 1700 cases in 15 years' experience. *Journal of Forensic Radiology and Imaging.* 2016;6:1-7.
10. Hansell DM, Bankier AA, MacMahon H, McLoud TC, Muller NL, Remy J. Fleischner Society: glossary of terms for thoracic imaging. *Radiology.* 2008;246(3):697-722.
11. Bickle I, Greenway K et al. Hounsfield Unit, Radiology Reference Article. <https://radiopaedia.org/articles/hounsfield-unit>.
12. Health and Safety Executive. The medical examination and assessment of commercial divers(MA1/rev 4, 2015). <http://www.hse.gov.uk/pubns/ma1.htm>.
13. Godden D et al. British Thoracic Society guidelines on respiratory aspects of fitness for diving. *Thorax.* 2003;58:3-13.
14. Hasegawa I, Nushida H, Vogel H, Püschel K. Corpses move in post-mortem radiographic imaging. In: Nushida H, Vogel H, Püschel K, Heinemann A, eds. *Der durchsichtige Tote- Post-mortem CT und forensische radiologie.* Hamburg: Verlag Dr. Kovac. 2011:19-20.

Dit artikel maakt deel uit van het proefschrift van Henri de Bakker en verscheen in april 2020 in iets uitgebreidere vorm in *Chest* (*Chest* 2020;157(4):9126-923).

## FORENSISCHE RADIOLOGIE OP ARUBA

## Waardevolle bevindingen



Alexander van Straten

**V**an 2013 tot 2018 heb ik mogen wonen en werken op Aruba, een tropisch eiland dat sinds 1986 een status aparte geniet binnen het Koninkrijk der Nederlanden. Aruba beschikt over één volwaardig ziekenhuis, het Horacio E. Oduber Hospitaal in Oranjestad, centraal gelegen op het eiland. De gezondheidszorg is grotendeels ingericht naar Nederlands model met eigenlijk als grootste verschil het feit dat er maar één zorgverzekeraar is, het AZV. Die bepaalt daardoor hoe de ziekenhuiszorg gefinancierd wordt. Nog veel meer dan in Nederland is er sprake van te schaarse middelen voor een te grote en immer toenemende vraag naar zorg. Hierdoor is het niet altijd makkelijk om iets nieuws op te zetten. Enkele jaren geleden hebben we na jarenlange pogingen uiteindelijk cardiale beeldvorming (CT Calciumscore en CTA van de coronairen) op kunnen zetten. Dat is inmiddels niet meer weg te denken en blijkt een belangrijke tool, met name voor het triëren van patiënten voor een eventuele invasieve procedure.

**Meer dan kogels tellen**

Lastiger was het echter toen collega radioloog Rob van den Bos en ondergetekende op het idee kwamen de forensische radiologie verder uit te breiden. Tot 2015 bestond deze uit het verrichten van röntgenfoto's bij met name slachtoffers van dodelijke schietpartijen. Vraag was dan altijd, hoeveel kogels zijn er aanwezig en waar bevinden deze zich? Natuurlijk behelst de forensische radiologie veel meer dan dat. Voor meer complexe vraagstellingen was Aruba echter aangewezen op de obductie door de enige forensische patholoog van het land en verder het Nederlands Forensisch Instituut (NFI) in Nederland. Voordat we besloten de foren-

Sinds 2015 vindt ook op Aruba forensische radiologie plaats. Radioloog Alexander van Straten, die het vakgebied opzette op Aruba, deelt zijn ervaringen en enkele casus.

sische radiologie op Aruba uit te breiden naar met name CT, besloten we ons in te schrijven voor de Virtopsy ('Virtual Autopsy') cursus in Zürich in maart 2015. Voor degenen die overwegen iets te gaan doen in dit bloeiende, maar vooral ook boeiende aandachtsgebied, echt een *must*. Zwitserland is niet voor niets de bakermat van de forensische beeldvorming en het in Zürich gevestigde Institute of Forensic Medicine van de Universiteit van Zurich is toonaangevend in de wereld. Na afloop van de vijfdaagse cursus (bestaande uit een basisdeel I en een verdiepend deel II waarbij je *hands-on* een echte virtuele autopsie uitvoert met het team), beheers je enigszins de basis om zelfstandig forensische beelden te kunnen gaan beoordelen. Na terugkomst in Aruba namen we direct contact met de officier van justitie om voor te stellen voortaan CT-onderzoek te verrichten in plaats van conventionele röntgenfoto's. Nadat ook de raad van bestuur van het ziekenhuis akkoord was,

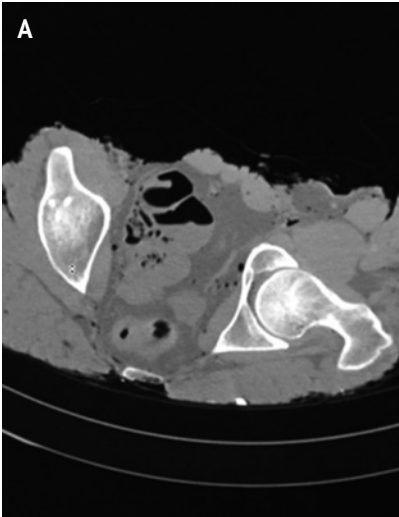
zonder afspraken over vergoeding van de scans, was het wachten op de eerste case. Deze volgde al snel.

**Zelfmoord of moord?**

Onze eerste casus betrof een 19-jarige vrouw. Zij was door haar vriend gevonden in haar woning. Het leek erop dat zij zichzelf van het leven had beroofd door ophanging. De vraag van justitie aan ons was of de dood was veroorzaakt door de ophanging, of dat zij al overleden was voordat ze werd opgehangen. Met andere woorden: pasten de verwondingen aan haar hals bij zelfmoord of konden deze toch suggestief zijn voor moord? Zoals bekend betreft de typische *hangman's fracture* een fractuur van de pedikels van C2. Bij het slachtoffer was er echter geen sprake van een fractuur van de cervicale wervelkolom. Er was echter wel een subtiele fractuur zichtbaar van het thyroïd kraakbeen aan de rechterzijde met een klein hematoom ter plaatse. Dit is een



Figuur 1A en B. Zelfmoord of moord?



Figuur 2A en B. Twee boteilandjes.

letsel dat nog wel eens wordt gezien bij verwurging met name door impressie van de duim van de dader. Nu zijn deze bevindingen verre van bewijzend voor moord, maar onze bevindingen waren wel aanleiding voor justitie om het onderzoek te intensiveren en uiteindelijk kon moord door de vriend van het slachtoffer dankzij ander bewijs bewezen worden verklaard.

### Twee boteilandjes

Een interessante casus deed zich enige tijd later voor. In een uitgebrande auto werd in de kofferbak het zwaar verminkte lichaam van een man aangetroffen. Identificatie op uiterlijke kenmerken was niet meer mogelijk en justitie vroeg ons om een scan. De scan toonde dat het lichaam reeds voor verbranding zwaar verminkt was, waarbij onder andere de beide armen van het slachtoffer waren afgehakt. Maar identificatie leek voor ons een onmogelijke opgave, totdat een dag of twee na de vondst een artikel in een lokale krant verscheen over een vermist persoon. Dit betrof een Venezolaanse inwoner van Aruba van wie al enkele dagen niets meer was vernomen. Zou de vermiste man wellicht het slachtoffer van dit gruwelijke misdrijf kunnen zijn? We besloten in ons PACS te kijken of de vermiste man ooit een CT-scan had ondergaan en tot onze vreugde bleek dit het geval. Het viel hierbij op dat de man twee kenmerkende boteilandjes had in het rechter acetabulum. Na enig spuurwerk in de scan van het zwaar toegetakelde lichaam van het slachtoffer, ontwaarden we onmiskenbaar dezelfde twee boteilandjes op exact dezelfde plaats als bij de vermiste man. We stelden justitie op de hoogte van deze bevinding en de volgende dag werd het lichaam overgebracht naar het NFI in Nederland

voor een DNA-match. Na enkele weken kwam het resultaat, de vermiste man bleek inderdaad het slachtoffer van deze gruwelijke misdaad. De man had grote gokschulden en bleek vermoord omdat hij deze niet kon terugbetalen.

### Dood op het strand

De derde casus die ik hier wil bespreken betreft het dramatische verhaal van een 18-jarige stagiair uit Nederland. Het slachtoffer had op een vrije middag met een paar vrienden alcohol gedronken en ze hadden zich laten voortslepen op een opblaasbanaan achter een speedboot waarbij ze er diverse malen af waren gevallen. Het slachtoffer voelde zich op een bepaald moment niet lekker en had zijn vrienden verteld alvast naar het strand te gaan waar hij op ze zou wachten. Een uur later troffen zijn vrienden hem dood aan. De vraag van justitie was of er sprake

ke kon zijn van een misdrijf. Het betrof hier immers een kerngezonde jongeman. De CT-scan toonde longoedeem en een vloeistofspiegel in de trachea, maar geen enkel spoor van een misdrijf. Wij concludeerden dat hier mogelijk sprake kon zijn van *dry drowning*, een verschijnsel dat kan optreden na het aspireren van grote hoeveelheden hoogosmolair (zee)water. Hierbij lopen de luchtwegen vol door de osmotische werking van het aspiraat en kun je dus als het ware verdrinken op het droge, minuten tot uren nadat je uit het water bent gegaan. Vermoedelijk had het slachtoffer zeewater geaspireerd zonder het te merken door de flinke hoeveelheid alcohol die hij had genuttigd die middag.

### Grote gevolgen

Deze casus kwamen wij tegen in een fase waarin wij uiteraard nog verre van experts waren, maar met behulp van de kennis uit de *Virtopsy*-cursus, ons gezond verstand en zo volledig mogelijke informatie van justitie over de toedracht van het misdrijf, hebben we toch een aantal interessante en waardevolle bevindingen kunnen doen. Een belangrijk verschil met de radiologie zoals wij die allemaal kennen, dus bij patiënten, is de mate van voorzichtigheid bij het doen van uitspraken. In de forensische radiologie stel je immers doorgaans geen diagnose, maar je probeert te reconstrueren wat er gebeurd zou kunnen zijn en wat de doodsoorzaak kan zijn. De uitspraak die je hierbij als radioloog doet, kan grote gevolgen in een eventuele rechtszaak waarbij je in een uiterst geval ook zelf aansprakelijk gesteld kunt worden voor een foutieve conclusie. ■

Alexander van Straten, radioloog



Figuur 3A en B. Dood op het strand.



# Rol van radiologie bij explosieletsels



Maarten Otten



Ludo Beenen



Perjan Dirven



Marck Haerkens

Om goed voorbereid te zijn op een bomaanslag, is kennis van traumamechanismen en pathofysiologische effecten van een explosie essentieel. Bij de initiële opvang van slachtoffers met explosieletsel dient rekening te worden gehouden met de mogelijkheden en beperkingen van de radiologie. Na uitleg over de mechanismen van veelvoorkomende explosieletsels en de bevindingen bij beeldvorming, doen de auteurs aanbevelingen voor de optimale inzet van radiologisch onderzoek bij de opvang van slachtoffers na een bomaanslag.

Dit artikel verscheen eerder als e-learning in *Imago – Praktische nascholing over radiologie en nucleaire geneeskunde*, editie maart 2020 (zie [www.imago-nascholing.nl](http://www.imago-nascholing.nl)).

**D**e kans op een terreuraanslag in Nederland is reëel. In een dergelijke situatie kunnen meerdere slachtoffers binnen een korte periode aankomen op de afdeling Spoedeisende Hulp (SEH), met een combinatie van levensbedreigende uit- en inwendige letsels. Zeker bij de laatste categorie kunnen uitingen hiervan subtiel zijn en aanvankelijk zelfs subklinisch verlopen. De radioloog speelt een belangrijke rol bij detectie en karakterisering van inwendige explosieletsels. Omdat bij de opvang van meerdere

terreurslachtoffers de capaciteiten van zowel de trauma-opvang als de chirurgische capaciteit overvraagd kunnen raken, is het van belang om tijdig uit de grote groep toegestroomde slachtoffers efficiënt de patiënten met een acute operatie-indicatie te selecteren.

Ook de afdeling radiologie kan bij een ramp tegen capaciteitsbeperkingen aanlopen. Dit maakt een optimale inzet van de beschikbare radiodiagnostische middelen cruciaal. In het *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde* verscheen in 2016 reeds een

artikel waarin de behandelprincipes van veelvoorkomende explosieletsels staan beschreven<sup>1</sup>. Dit artikel beschrijft allereerst de pathofysiologische effecten van veel voorkomende explosieletsels. De daaropvolgende aanbevelingen beogen een optimale inzet van de radiologische expertise te bewerkstelligen, teneinde de hoge morbiditeit en mortaliteit van explosieletsel te reduceren.

## Veel voorkomende explosieletsels

Na een explosie kunnen letsels van verschillende origine aanwezig zijn: neuro-

Tabel 1. Classificatie en een overzicht van de belangrijkste en veel voorkomende explosieletsels met bijbehorende traumamechanismen.

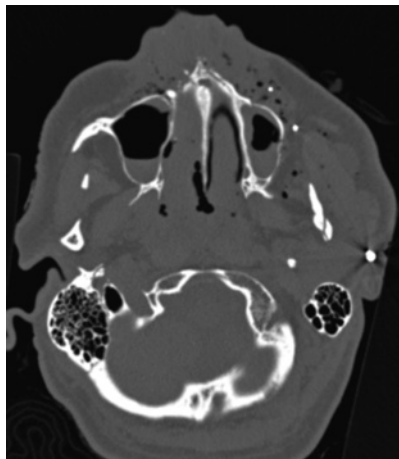
Classificatie	Traumamechanisme	Veel voorkomende letsels
Primair letsel	Barotrauma veroorzaakt door de schokgolf.	Luchthoudende organen; trommelvliesperforatie, pulmonaal en gastro-intestinaal letsel. Traumatische amputaties. Neurotrauma.
Secundair letsel	Ballistisch trauma door bomfragmenten, débris en andere projectielen.	Penetrerende letsels en traumatische amputaties mogelijk aan alle lichaamsdelen.
Tertiair letsel	Stomp trauma door fysieke verplaatsing door de ruimte.	Alle lichaamsdelen kunnen hierbij betrokken zijn met hematomen, contusies, fracturen, penetrerende trauma tot aan traumatische amputaties.
Quaternair letsel	Al het overige explosie gerelateerd letsel.	Letsel als gevolg van instortende omgevende structuren, brandwonden, wondinfectie, asfyxie, inhalatietrauma, psychologisch trauma, gevolgen van vrijgekomen radioactieve straling, crushsyndroom.

trauma, hemorrhagische shock, thoracale en intra-abdominale letsels, open fracturen, traumatische amputaties, corpora aliena of een combinatie hiervan. Dit maakt de opvang van slachtoffers van een terreuraanslag met explosieven complex. Explosieletsels kunnen zijn onder te verdelen in verschillende categorieën met elk hun kenmerkende traumamechanismen (zie tabel 1). Gebruikelijk is om letsels in te delen in primaire, secundaire, tertiaire en quaternaire explosieletsels<sup>2,3</sup>. Secundaire letsels komen het meest voor bij overlevenden van een explosie en worden veroorzaakt door bomscherven en débris, opgeworpen door de schokgolf van de explosie<sup>2</sup>.

## Neurotrauma en aangezichtsletsel

Het traumamechanisme van het neurotrauma als gevolg van een explosie is anders dan het neurotrauma na bijvoorbeeld een verkeersongeluk. De schokgolf van een explosie veroorzaakt barotrauma als deze zich direct door de schedel verplaatst. Er verplaatst zich ook een drukgolf via de supra-aortale bloedvaten de schedel in als gevolg van plotselinge compressie van de thorax<sup>4</sup>. Daarnaast kunnen *shearing*-krachten neurologisch letsel veroorzaken door acceleratie, deceleratie en rotatoire bewegingen van de schedel. Het ballistische neurotrauma kan worden veroorzaakt door bomfragmenten en door stomp trauma als gevolg van fysieke verplaatsing van het slachtoffer door de ruimte. Op beeldvorming kan een mengbeeld aan intracranieële bloedingen, contusies, diffuus axonale schade, fracturen en corpora aliena zichtbaar zijn.

Het kenmerkende aangezichtsletsel als gevolg van een explosie bestaat uit comminutieve fracturen, ofwel een implosie van de sinus maxillaris met multipiele corpora aliena. Hierbij zijn de paranasale sinussen vaak gevuld met bloed (zie figuur 1). Traumatische explosieletsels aan de ogen bestaan voornamelijk uit een perforatie van de oogbol en *hyphema*<sup>5</sup>, een bloeding in de voorste oogkamer. Een trommelvliesperforatie lijkt in geval van een explosie een relatief onbelangrijk trauma. De trommelvlies zijn echter erg kwetsbaar voor een barotrauma. Zelfs bij een beperkte energie van de schokgolf na een explosie kunnen de trommelvlies scheuren. Bij een bilaterale trommelvliesperforaties vormt de anamnese bovendien een uitdaging aangezien het slachtoffer de hulpverlener niet zal verstaan. Als het trommelvlies niet geperforeerd is, is de kans op significant



**Figuur 1.** Axiale CT in botsetting van het aangezicht met multipiele granaatfragmenten in de weke delen, comminutieve fracturen van de mandibula links, benige neusseptum en sinus maxillaris beiderzijds welke grotendeels zijn gevuld met bloed.

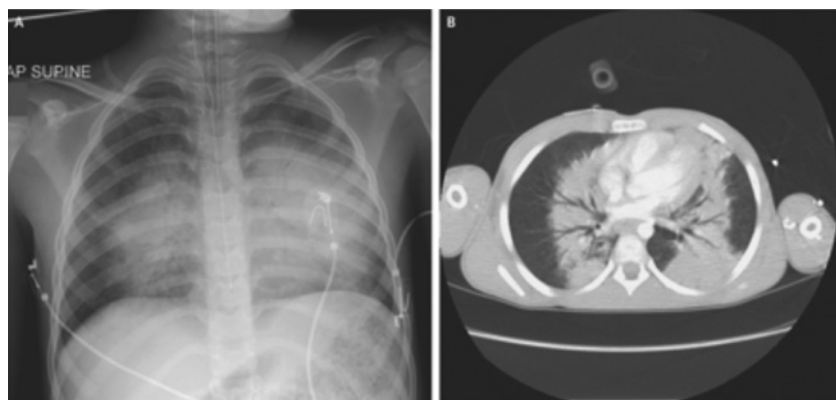
pulmonaal of gastro-intestinaal letsel bij stabiele, asymptomatische patiënten laag<sup>3</sup>. Otoscopie is daarom nuttig bij triage en opvang van slachtoffers die zijn blootgesteld aan een explosie.

## Pulmonaal letsel

Pulmonaal letsel kan veroorzaakt worden door barotrauma, penetratie of inhalatie. Het barotrauma ontstaat doordat de schokgolf interacties aangaat met de lucht in de alveoli, de alveolaire septa en het vaatstelsel. Door verschil in compliantie van deze verschillende weefsels ontstaat een verstoring van de anatomie als de drukgolf zich door de thorax verplaatst. Het ruptureren van de alveolaire septa en het capillaire vaatbed heeft intrapulmonale bloedingen en systemische luchtembolieën tot gevolg<sup>5</sup>. Direct na het trauma met pulmonaal explosieletsel

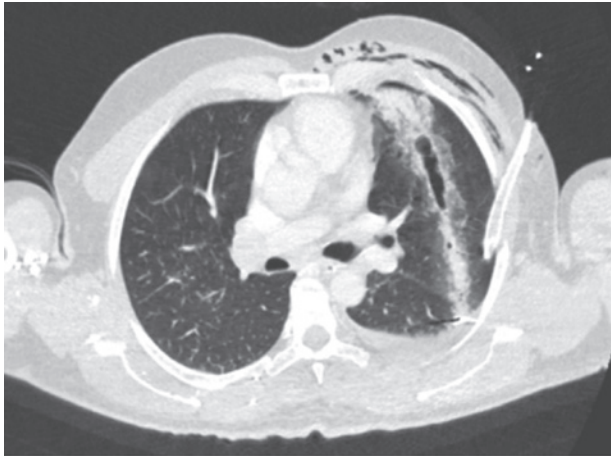
kunnen patiënten zich presenteren met dyspneu, hypoxie, hoesten en hemoptoë. Dit beeld verergert naar verwachting de eerste uren met oedeem en ontstekingsinfiltraten door de fysiologische reactie op dit uitgebreid letsel. Dat kan leiden tot pulmonale hypertensie en mogelijk cardiale overbelasting. Het pulmonale explosieletsel kan in de acute fase ook subklinisch verlopen. De langzaam progressieve bloedingen veroorzaken dan pas in een latere fase een inflammatoire reactie en pulmonaal oedeem. Deze patiënten kunnen na 12 tot 24 uur alsnog respiratoire insufficiëntie ontwikkelen<sup>6</sup>. Pulmonaal letsel waarvoor mechanische beademing is geïndiceerd, manifesteert zich echter in de meeste gevallen klinisch binnen twee uur na een explosie. Langdurige observatie van asymptomatische patiënten vanwege de kans op longletsel is daarom niet nodig<sup>7</sup>.

Bij 80% van de patiënten met longletsel als gevolg van een explosie is mechanische beademing geïndiceerd<sup>5</sup>. Tijdige detectie van het pulmonaal explosieletsel is belangrijk, want een late start met beademing bij pulmonaal explosie letsel geeft een grote kans op hogere beademingsvoorwaarden, met slechtere uitkomst op langere termijn. Beademing bij bestaande alveolaire rupturen vergroot de kans op additionele luchtembolieën en is, indien mogelijk, beter te vermijden. Continue positieve luchtdruk (CPAP), Optiflow en extracorporele membraanoxygenatie (ECMO) zijn nieuwere technieken die zijn te gebruiken om endotracheale intubatie en kunstmatige beademing te voorkomen. Vroege diagnostiek is hierbij nodig om de patiënten met longletsel te identificeren. In ervaren handen kan tijdens ►



**Figuur 2.** (A) Op een thoraxfoto zijn karakteristieke uitingen van pulmonaal explosieletsel zichtbaar als bilaterale perihilaire consolidaties ofwel vliedervormig patroon van exsudaat. (B) Axiale CT van de thorax bij dezelfde patiënt met uitgebreide perihilaire consolidaties.

Bron: Barnard E, Johnston A. Images in clinical medicine. Blast lung. *N Engl J Med.* 2013 Mar 14;368(11):1045. doi: 10.1056/NEIMicm1203842.



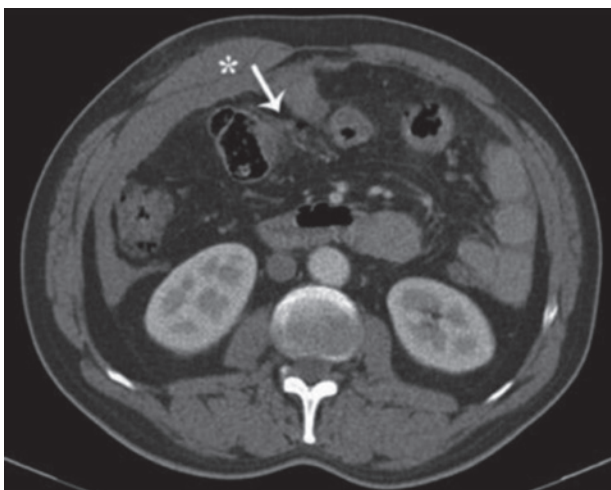
**Figuur 3.** CT van thorax van een patiënt blootgesteld aan een explosie van een granaat. De CT toont penetrerend letsel van de linkerlong met dorsaal in de thorax een granaatfragment, pulmonale hemorragie en longlaceratie door het afgelegde traject van het bomfragment. Links is een thoraxdrain geplaatst bij een pneumothorax. Er is subcutaan emfysem langs de linker thoraxwand.

de opvang een gerichte spoedechografie (*extended focused assesment with sonography for trauma*, afgekort eFAST) van de thorax een pneumothorax, pericardvocht, pulmonaal oedeem (extravasculair water) en pleuravocht aantonen<sup>8-10</sup>. Op een thoraxfoto zijn karakteristieke uitingen van pulmonaal explosieletsel zichtbaar, zoals bilaterale perihilaire consolidaties (*figuur 2a*)<sup>3</sup>. CT van de thorax kan laceraties en pneumatocèles detecteren en is bovendien sensitiever in het aantonen van een pneumothorax, longcontusies, pneumomediastinum en andere letsels van de mediastinale structuren (*figuur 2b en 3*).

### Gastro-intestinaal letsel

Het luchthoudende gastro-intestinale

stelsel is net als de longen gevoelig voor de uitwerking van een explosief. Darmperforaties kunnen ontstaan door barotrauma of als gevolg van penetrerend of stomp trauma. De verschillende lagen in de darmwand kunnen ook als gevolg van de schokgolf van elkaar gescheiden raken, waardoor intramurale hematomen ontstaan. Het colon en de ileocaecale hoek zijn hierbij voorkeurslokalisaties<sup>2</sup>. Bij letsel aan de mesenteriale vaten en mogelijke luchtembolieën in het perifere mesenteriale vaatbed kan de perfusie van het gastro-intestinale stelsel worden gecompromitteerd. Dit verhoogt de kans op late complicaties als darmischemie en darmperforaties, met aanzienlijke late fase morbiditeit en mortaliteit tot gevolg<sup>2,11</sup>.



**Figuur 4.** Axiale CT van het abdomen na toediening van intraveneus contrast. Er is explosieletsel van het colon transversum met een intramuraal hematoom (pijl), hemoperitoneum met bloed in de paracolisische goot rechts en een rectushematoom rechts (\*).

Bron: Yazgan C, Aksu NM. *Imaging features of blast injuries: experience from 2015 Ankara bombing in Turkey.* Br J Radiol. 2016 Jun;89(1062):20160063.

Peritonitis, misselijkheid, braken, abdominale pijn, hematemesis of melaena zijn symptomen die duiden op betrokkenheid van het gastro-intestinale stelsel.

Spoedechografie heeft een belangrijke plaats in de traumaopvang<sup>8</sup>. In het geval van vrij intraperitoneaal vocht is in principe verdere analyse middels CT van het abdomen geïndiceerd. Ook kan de CT intramurale gastro-intestinale hematomen detecteren. Bovendien is de CT sensitief voor het pneumoperitoneum (*zie figuur 4*). In het geval van penetrerende abdominale traumata is echter niet altijd te differentiëren tussen lucht als gevolg van een darmperforatie en externe lucht die meegezogen is met een projectiel. Omdat de symptomatologie van ernstig gastro-intestinaal letsel aanvankelijk subtiel kan zijn, is het aan te raden om patiënten die laagdrempelig aan explosie zijn blootgesteld, een periode ter observatie op te nemen. Als klinische verschijnselen van peritonitis afwezig blijven, en de waardes van aanvullend laboratoriumonderzoek en zuurstofsaturatie goed blijven, kan de patiënt alsnog veilig ontslagen worden.

### Radiologie bij traumaopvang

De radioloog speelt een belangrijke rol bij de detectie van explosieletsels. Omdat de afdeling radiologie bij een ramp naar verwachting tegen capaciteitsbeperkingen aanloopt, is regulier screenend radiologisch onderzoek niet aan te raden, zoals dat nu wordt ingezet bij multitraumapatiënten na bijvoorbeeld een verkeersongeluk. Verricht radiologisch onderzoek slechts op vitale indicaties<sup>12,13</sup>. Dit kan bijvoorbeeld betekenen dat een evidente fractuur van de onderarm initieel op het klinisch beeld wordt gestabiliseerd, en pas in tweede instantie verder wordt geëvalueerd. (Hetero)anamnese kan belangrijke informatie verschaffen over de aard van de letsels. Informatie over hoe ver het slachtoffer zich ten opzichte van de explosie bevond en onder welke omstandigheden het slachtoffer is gevonden, draagt bij aan adequate triage. Bovendien kan onjuiste triage bij de ingang de druk op radiologie en traumakamers onnodig ver-

**Tabel 2.** Urgentieniveaus die worden gebruikt bij triage in het geval van rampen met meerdere slachtoffers.

Urgentieniveau	
T1	ABC-instabiel. Levensbedreigende aandoening of letsel. Directe behandeling is vereist.
T2	ABC-stabiel. Risico op levensbedreiging wanneer zij niet binnen enkele uren na oplopen van het letsel worden behandeld. Behandeling binnen 6 uur.
T3	ABC-stabiel. Slachtoffers met gering letsel. Behandeling kan wachten.
T4	Slachtoffers die onder de gegeven omstandigheden niet zijn te stabiliseren; overledenen.





**Figuur 5.** Explosieletsel van de linkerarm na ont-ploffing van een accu. Er zijn meerdere comminutieve fracturen met dislocatie en ook enkele corpora aliena.

hogen (tabel 2 biedt uitleg over de urgentieniveaus). Om dit te voorkomen is triage door een ervaren arts essentieel. Stabiele T3-patiënten zijn meestal oververtegenwoordigd en genereren de meeste vraag naar radiologisch onderzoek, terwijl bij instabiele T1-slachtoffers radiologisch onderzoek soms beperkt blijft tot een spoedechografie en een thoraxfoto wanneer er een operatie-indicatie is gesteld. Als T1-slachtoffers stabiel genoeg zijn kan een whole body-CT worden verricht als de organisatie van de SEH hierop is ingericht. Het voordeel van whole-body-CT

is dat dit een snelle en complete evaluatie oplevert. Bij de overige slachtoffers is het essentieel om selectief indicaties voor radiologie te stellen en geen onderzoeken te verrichten om pathologie uit te sluiten. Deze onderzoeken kunnen in een latere fase van behandeling alsnog worden verricht tijdens de *secondary* en *tertiary survey*. MRI is niet geïntegreerd in de traumaopvang en bovendien contra-geïndiceerd vanwege het hoge risico op metalen corpora aliena.

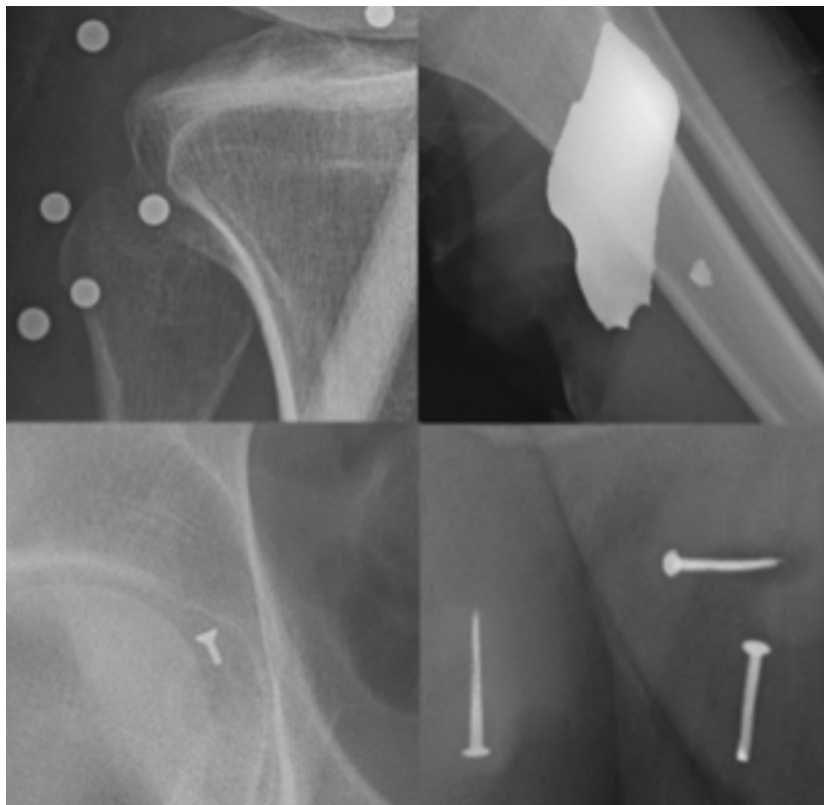
### Spoedechografie

Spoedechografie (eFAST) kan in combinatie met klinische beoordeling patiënten detecteren met acute intra-abdominale en/of thoracale pathologie. Zo is bij instabiele patiënten direct over te gaan tot een spoedoperatie volgens het *damage control surgery*-principe. Deze spoedoperatie gaat uit van schadebeperking door belangrijke bloedings- en infectiebronnen onder controle te krijgen, zonder meteen definitief herstel van letsels uit te voeren<sup>14,15</sup>. De indicatie is meestal hemorrhagische shock. Dit vergt een snelle identificatie van levensbedreigende letsels in thorax, abdomen en bekken. Klinische beoordeling

door een ervaren traumachirurg is daarbij essentieel. Als tijdens een beslismoment of snel aanvullende diagnostiek nodig is, kan de eFAST waardevol zijn. Bij bijvoorbeeld een verdenking op longletsel duidt de aanwezigheid van extravasculair water (pulmonaal oedeem) tijdens de echografie van de thorax op een verhoogde kans op longletsel. Spoedechografie, eventueel aangevuld met conventionele radiografie kan de spoedechografie, kan direct van invloed zijn op het klinisch beleid. Tevens zijn naar aanleiding van de spoedechografie op de traumakamer eenvoudige interventies te verrichten, zoals het plaatsen van een thoraxdrain.

### Conventionele radiografie

Conventionele radiografie is effectief in de detectie van de veelal multipel aanwezige bomfragmenten en fracturen (figuur 5 en 6). Voor screening is conventionele radiografie geschikt maar relatief tijdrovend. Er zijn namelijk veel opnamen nodig om fracturen in kaart te brengen en om alle corpora aliena te lokaliseren die zich overal in het lichaam kunnen bevinden, en waarbij niet duidelijk is welk fragment klinisch van belang is. ▶



**Figuur 6.** Voorbeelden van verschillende corpora aliena bij slachtoffers van een explosie. Dit betreffen dit projectielen die zijn aangetroffen bij slachtoffers van de bomaanslag tijdens de marathon van Boston in 2013. Op deze verschillende conventionele opnamen zijn bolvormige kogels, snelkookpanfragmenten, spijkers en schroeven zichtbaar.

Bron: Singh AK, Ditzkofsky NG, York JD, Abujudeh HH, Avery LA, Brunner JF, et al. Blast Injuries: From Improvised Explosive Device Blasts to the Boston Marathon Bombing. *Radiographics* 2016 Jan-Feb;36(1):295-307.



**Figuur 7.** Topogram met multipale corpora aliena projecterend over het aangezicht, thorax en abdomen. Ernstig handletsel links met weke delen letsel en traumatische amputaties van vingers. Links is een thoraxdrain geplaatst bij een pneumothorax.

Radiografie bij de acute opvang kan daarom volstaan met een X-foto van de thorax AP eventuele aanvulling op de eFAST. Een buikoverzichtsfoto voor het aantonen van pneumoperitoneum heeft geen plaats in de traumaopvang. Wees terughoudend met routinematige conventionele onderzoeken ter uitsluiting van pathologie. Bij stabiele T3-slachtoffers vindt conventionele radiologie bij voorkeur niet plaats op de SEH, maar op een later moment op de afdeling radiologie, om de SEH in de acute fase te ontzien. Bij het verrichten van deze röntgenoverzichtsfoto's zijn markeringen aan te brengen bij huidlaesies in het geval van penetrerende traumata.

### CT-scan

De whole-body-CT is het meest complete diagnostisch onderzoek bij T1-slachtof-

fers<sup>12</sup>. CT is ook het meest geschikt om corpora aliena lokaliseren en alle letsels in de thorax, het abdomen en het neurotrauma te beoordelen. Whole-body-CT-onderzoek bij een ramp is gecorreleerd met een hogere overlevingskans<sup>16</sup>. De capaciteit van de CT-scanner is echter beperkt<sup>17</sup>. Ook bevindt deze niet in alle ziekenhuizen op de SEH, wat resulteert in een hogere mortaliteit bij multitraumapatiënten<sup>18</sup>. De scantijd, reconstructietijd, digitale verwerking en interpretatie van deze onderzoeken kunnen ook beperkende factoren zijn. Een whole-body-CT protocol dat bestaat uit een blanco CT van de hersenen en de cervicale wervelkolom, gevolgd door een fixed-delay split-bolus-CT van de thorax en het abdomen, is in deze omstandigheden robuust en snel, zeker wanneer het aantal 3D-reconstruc-

ties beperkt blijft<sup>19</sup>. Wanneer wordt besloten om op indicatie selectief te scannen bij T2-slachtoffers, bijvoorbeeld een CT-scan van de hersenen bij een verminderd bewustzijn zonder verdenking op overige acute letsels, is een alternatief een topogram van het gehele lichaam te vervaardigen om te screenen op grove ossale pathologie en aanwezigheid van corpora aliena (zie figuur 7)<sup>12</sup>.

### Interventieradiologie

Indien een CT-angiografie wordt vervaardigd waarop naast een actieve bloeding geen overige pathologie met een acute operatie-indicatie wordt gediagnosticeerd, kan in het kader van *damage control* interventie-radiologische embolisatie van het bleedingsfocus uitkomst bieden. Denk aan embolisatie van bijvoorbeeld lever-, nier- en miltlaceraties en -rupturen. Ook gastro-intestinale bloedingen zijn te emboliseren bij afwezigheid van een perforatie. Dit beperkt wachttijden en bovendien de druk op de operatiekamers in de eerste fase van de traumaopvang.

### Conclusie

Kennis van de presentatievormen van veelvoorkomende explosieletsels en het optimaliseren van de rol van radiologie bij traumaopvang dragen bij aan een beter inzicht in zowel de pathologie als de opvang van slachtoffers van een explosie. Een belangrijk aspect ter voorbereiding op terreuraanslagen is dat elk traumacentrum moet nagaan of de gangbare werkwijze bij de opvang van traumapatiënten toereikend is bij een ramp, en op welke wijze acute bevindingen adequaat zijn te communiceren en registreren. Patiëntidentificatie en -registratie en het volgen van patiëntenstromen vormen eveneens uitdagingen in het geval van een ramp met meerdere slachtoffers. Tot slot is het aan te raden om de efficiënte inzet van de afdeling radiologie, bij zowel de opvang van individuele traumapatiënten als tijdens rampsituaties, regelmatig te oefenen met scenario-trainingen.

#### Maarten J. Otten

radioloog. Universitair Medisch Centrum Utrecht

#### Ludo F.M. Beenen

radioloog. Amsterdam UMC, locatie AMC

#### Perjan J.A.C. Dirven

anesthesioloog. Erasmus Medisch Centrum

#### Marck H.T.M. Haerkens

chirurg np, Wings of Care

## Literatuur

1. Haerkens MH, Tan EC, Bleeker C, van der Hoeven JH. Wat te doen bij een bomaanslag? 15 tips. *Ned Tijdschr Geneesk.* 2016;160:D379.
2. Wolf SJ, Bebarata VS, Bonnett CJ, Pons PT, Cantrill CV. Blast Injuries. *Lancet* 2009; 374: 405-15
3. DePalma RG, Burris DG, Champion HR, Hodgson MJ. Blast Injuries. *N Engl J Med* 2005;352:1335-42.
4. Gupta RK, Przekwas A. Mathematical models of blast-induced TBI: current status, challenges, and prospects. *Frontiers in Neurology*. 2013 May 30;4:59.
5. Ho AM. A simple conceptual model of primary pulmonary blast injury. *Med Hypotheses* 2002; 59: 611-13.
6. Guy RJ, Glover MA, Cripps NP. The pathophysiology of primary blast injury and its implications for treatment. Part I: The thorax *J R Nav Med Serv*. 1998;84(2):79-86.
7. Avidan V, Hersch M, Armon Y, Spira R, Aharoni D, Reissman P, et al. Blast lung injury: clinical manifestations, treatment and outcome. *Am J Surg* 2005; 190:927e31
8. Abdulrahman Y, Musthafa S, Hakim SY, Nabir S, Qanbar A, Mahmood I, et al. Utility of extended FAST in blunt chest trauma: is it the time to be used in the ATLS algorithm? *World J Surg*. 2015;39 (1): 172-8.
9. Körner M, Krötz MM, Degenhart C, Pfeifer KJ, Reiser MF, Linsenmaier U. Current Role of Emergency US in Patients with Major Trauma. *Radiographics*. 2008;28 (1): 225-42.
10. Jambrik Z, Monti S, Coppola V, Agricola E, Mottola G, Miniati M, Picano E. Usefulness of ultrasound lung comets as a nonradiologic sign of extravascular lung water. *Am J Cardiol*. 2004 May 15;93(10):1265-70.
11. Singh AK, Ditkofsky NG, York JD, Abujudeh HH, Avery LA, Brunner JF, et al. Blast Injuries: From Improvised Explosive Device Blasts to the Boston Marathon Bombing. *Radiographics* 2016 Jan-Feb;36(1):295-307.
12. Berger FH, Körner M, Bernstein MP, Sodickson AD, Beenen LF, McLaughlin PD, et al. Emergency imaging after a mass casualty incident: role of the radiology department during training for and activation of a disaster management plan. *Br J Radiol*. 2016;89(1061):20150984.
13. Young VS, Eggesbø HB, Gaarder C, Næss PA, Enden T. Radiology response in the emergency department during a mass casualty incident: a retrospective study of the two terrorist attacks on 22 July 2011 in Norway. *Eur Radiol* (2017) 27:2828-2834
14. Hietbrink F, Simmermacher R, De Vries MB, Van Wessel KJB, De Jong MB, Leenen LPH. De spoedlaparotomie bij een traumapatiënt. *Ned Tijdschr Geneesk.* 2017;161: D863
15. Andeweg SC, Vingerhoedt NM, Van Vugt AB, Haerkens MHTM 'Damage control surgery' bij polytraumapatiënten. *Ned Tijdschr Geneesk.* 2006 8 juli;150(27)
16. Huber-Wagner S, Lefering R, Qvick LM, Körner M, Kay MV, Pfeifer KJ, et al. Effect of whole-body CT during trauma resuscitation on survival: a retrospective, multicentre study. *Lancet* 2009. 373;1466-61
17. Mueck FG, Wirth K, Muggenthaler M, Kreimeier U, Geyer L, Kanz KG, Linsenmaier U, Wirth S. Radiological mass casualty incident (MCI) workflow analysis: single-centre data of a mid-scale exercise. *Br J Radiol*. 2016;89(1061):20150918
18. Huber-Wagner S, Mand C, Ruchholtz S, Kühne CA, Holzapfel K, Kanz KL et al. Effect of the localisation of the CT scanner during trauma resuscitation on survival – A retrospective, multicentre study. *Injury* 2014 Oct;45 Suppl 3:S76-82
19. Beenen LF, Sierink JC, Kolkman S, Nio CY, Saltzherr TP, Dijkgraaf MG, et al. Split bolus technique in polytrauma: a prospective study on scan protocols for trauma analysis. *Acta Radiol* 2015; 56: 873-80.

## Nieuwe covid-19-golf in Suriname

**Na een eerste milde covid-19 golf in Suriname steeg het aantal infecties vanaf juli weer snel. Nederlandse radiologen helpen mee om de gezondheidszorg op peil te houden met tele-verslagwerk.**

Een strenge lockdown zorgde dat Suriname weinig besmettingen kende en in mei de eerste maatregelen kon opheffen. Echter waren op 5 mei de landelijke verkiezingen, waarbij Boutterse werd verslagen, Santokhi president werd en Brunswijk vicepresident. Door de menigtes bij de verkiezingen, instroom vanuit Frans Guyana in het oosten, en door illegale goudzoekers vanuit de grote brandhaard in het zuiden, Brazilië, kwam covid-19 weer binnen.

### Snelle stijging

Vanaf juli steeg het aantal nieuwe infecties snel, tot 70 per dag op 19 juli, en 97 op 29 juli. Op 29 juli stond de score op 1.607 bevestigde infecties, waarvan 1.003 hersteld waren en 26 overleden. Mondkapjes werden weer verplicht, evenals de anderhalve meter afstand, het handen wassen, de hygiënemaatregelen en desinfecteren. Het uitgaansverbod werd verlengd en gold nu weer van 21.00 tot 05.00 uur 's nachts, ook voor feesten, gebedshuizen en begrafenissen.

### Ingehaald

Per 3 augustus had het MMC Nickerie weer de poli's willen openen om de medische en financiële achterstand in te halen, maar intussen is men ingehaald door de nieuwe coronagolf. Veel patiënten gaan naar Paramaribo; de covid-19-patiënten gaan naar het nieuwe streekziekenhuis Wanica bij Lelydorp, in het district Wanica ten zuidoosten van Paramaribo. Ook zijn er nog veel Nederlandse artsen weggebleven. Naast de kleine vaste staf van Surinaamse en Cubaanse artsen, en de twaalf tijdelijke Neder-

landse basisartsen, zijn er wel weer een Nederlandse chirurg (die ook orthopedie doet), een cardioloog en een gynaecoloog.

### Hulp bieden

Het reisadvies is nu code oranje, dus alleen noodzakelijke reizen. Diverse Nederlandse artsen zijn wel bereid de Surinaamse gezondheidszorg te helpen, en dat is mogelijk. Met een brief van het MMC naar het ministerie van Buitenlandse Zaken in Paramaribo kan men een visum verwerven en vervolgens een ticket kopen bij KLM (dat wordt terugbetaald door het MMC). Dit blijkt goed te verlopen, ook voor de terugvlucht. Meerdere medisch specialisten overwegen dit. Qua radiologie is de grootste druk van de ketel. Een drietal radiologen, Huib van den Hout, Pieter Roscam Abbing en Ronald Langkemper, doet tele-verslagwerk vanuit Nederland. Het MMC Nickerie stuurt onderzoeken op naar hen en via de server zenden zij een verslagje. Het gaat dagelijks om 10-12 röntgenfoto's en enkele CT's en mammografieën. Dit doen ze pro deo, maar ze hebben wel een kleine verzekering voor eventuele fouten. Echografie gebeurt niet, maar wordt eventueel vervangen door een CT.

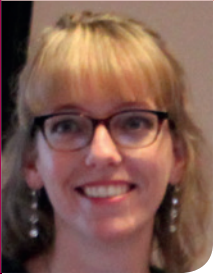
*Dit was de situatie in augustus. De actuele situatie kan inmiddels weer veranderd zijn.*

### Kees Vellenga

Radiologen die behulpzaam willen zijn – hetzij voor het huis verslagwerk of voor een avontuurlijk en zinvol verblijf in Nickerie – kunnen zich melden bij coördinator Huyb van Griethuysen (06-54 28 79 48 of whvgwestmaas@gmail.com) of Huib van den Hout (06-21 81 80 66 of info@houtvd.nl).



# Fracturen beoordelen om kindermishandeling te signaleren



Marloes Vester



Simon Robben



Rick van Rijn

Voor de beoordeling van radiologie in het kader van kindermishandeling is de specifieke kennis van een (forensisch) kinderradioloog onontbeerlijk. Het kunnen inschatten van wanneer deze expertise nodig is, samenwerken met een (kindermishandelings)team en waar nodig tijdig andere externe expertise inschakelen, kan levens redden.

**F**orensische kinderradiologie houdt zich bezig met radiologisch onderzoek in het kader van waarheidsvinding in het strafrecht, of in een eerder stadium, bij een gerede verdenking op kindermishandeling. In tegenstelling tot de 'volwassen' forensische radiologie, waar het zwaartepunt ligt op postmortale radiologie, houdt de forensische kinderradiologie zich over het algemeen bezig met levende kinderen: slachtoffers van kindermishandeling. De Nederlandse Jeugdwet definieert kindermishandeling als: 'elke vorm van voor een minderjarige bedreigende of gewelddadige interactie van fysieke, psychische of seksuele aard, die de ouders of andere personen ten opzichte van wie de minderjarige in een relatie van afhankelijkheid of van onvrijheid staat, actief of passief opdringen, waardoor ernstige schade wordt berokkend of dreigt te worden berokkend aan de minderjarige in de vorm van fysiek of psychisch letsel'<sup>1</sup>.

## Fracturen

De schatting van de prevalentie van kindermishandeling ligt in Nederland op 2,6-3,7 procent<sup>2</sup>. Op de spoedeisende hulp (SEH) is de prevalentie van bevestigde kindermishandelingsgevallen 0,07-1,1 procent. Hierbij zijn vermoedens van kindermishandeling niet meegerekend<sup>3-5</sup>.

De praktijk maakt onderscheid tussen seksuele mishandeling, psychologische mishandeling en verwaarlozing, fysieke mishandeling en verwaarlozing en tot slot nagebootste/ geïnduceerde ziekte door de verzorger(s). Kinderen uit deze laatste twee categorieën presenteren zich vaak op de SEH, dikwijls met fracturen. Naast fracturen kan er ook sprake zijn van schedel-hersenletsel of abdominaal trauma. Dit zijn echter altijd casus die een derdelijns beoordeling behoeven, of in geval van overlijden een juridische sectie. Daarom bespreken wij deze categorieën patiënten hier niet.

Wanneer een fractuur wordt vastgesteld, is het van belang onderscheid te maken tussen fracturen op basis van een aangeboren of verworven botafwijking (pathologische fracturen) en fracturen door een trauma bij kinderen met een normaal skelet<sup>6</sup>. Bij een trauma is het bij de jongste kinderen zaak uit te zoeken of het trauma voor, tijdens of na de geboorte is ontstaan. Letsel ten gevolge van trauma na de geboorte is onder te verdelen in accidenteel en niet-accidenteel letsel. In het laatste geval leidt dit tot verstrekkende gevolgen voor het gezin en het kind. Essentieel onderdeel bij het onderscheid maken tussen accidenteel en niet-accidenteel letsel is de (hetero)anamnese: is het verhaal consistent en kunnen de

letsels passen bij het vertelde traumamechanisme? Past het bij de ontwikkelingsfase van het kind?

## Expertise van het LECK

Bij de verdenking op (toegebracht) traumatisch, niet-accidenteel letsel stelt de KNMG-meldcode *Kindermishandeling en huiselijk geweld* meerdere verplichte te doorlopen stappen<sup>7</sup>. Hierbij zijn altijd meerdere professionals uit meerdere disciplines betrokken. In het ziekenhuis kan dit team bestaan uit bijvoorbeeld kinderartsen, kinderchirurgen, kinderopdragers en kinderradiologen. Bij twijfel of noodzaak is het mogelijk te overleggen met gespecialiseerde kinder- of forensisch artsen van het Landelijk Expertise Centrum Kindermishandeling (LECK)<sup>8,9</sup>. Het LECK biedt geïntegreerde kindergeneeskundige en forensisch-medische expertise en advies betreffende kinderen bij wie op basis van bevindingen bij medisch onderzoek een vermoeden van kindermishandeling aanwezig is. Het LECK is een samenwerkingsverband tussen de afdelingen kindergeneeskunde van het Amsterdam UMC, Erasmus MC en het UMC Utrecht en de afdeling forensische geneeskunde van het Nederlands Forensisch Instituut (NFI). Aan het LECK zijn drie kinderradiologen verbonden: dr. R.J. Nieveldstein, prof. dr. S.G.F. Robben en prof. dr. R.R. van Rijn.

**Tabel 1.** Overzicht (initiële) skeletstatus.

Regio	Standaardopnames
Schedel	AP en lateraal
Thorax	AP, lateraal en links, rechts oblique (driekwart opnames)
Abdomen	AP met bekken en heupen
Wervelkolom	Lateraal
<i>Bovenste extremiteiten</i>	
• Bovenarm	AP; links en rechts
• Ellebogen	Lateraal, detail; links en rechts
• Onderarmen	AP; links en rechts
• Polsen	Lateraal, detail; links en rechts
• Handen, incl pols	PA; links en rechts
<i>Onderste extremiteiten</i>	
• Bovenbenen	AP; links en rechts
• Knieën	Lateraal en AP; detail, links en rechts
• Onderbenen	AP; links en rechts
• Enkels	Lateraal en AP; detail, links en rechts
• Voeten	AP of PA; links en rechts

## Eerste en tweede lijn

Fracturen kunnen dus een gevolg van kindermishandeling zijn en soms zelfs het enige objectief gedocumenteerde letsel. Juiste beoordeling en interpretatie van de radiodiagnostiek is daarom van essentieel belang. Bij voorkeur doet een kinderradioloog of radioloog met veel ervaring in de kinderradiologie dit. Is dat niet mogelijk, overleg dan laagdrempelig met een ervaren kinderradioloog.

Nationaal en internationaal zijn er meerdere richtlijnen en protocollen over de te ondernemen stappen en verdere diagnostiek bij een vermoeden of (fysieke) kindermishandeling<sup>8-20</sup>. Na het top-teen onderzoek is het de aanbeveling om een volledig conventioneel radiologisch onderzoek te verrichten (de skeletstatus) bij

kinderen jonger dan twee jaar (zie tabel 1). De skeletstatus wordt na elf tot veertien dagen herhaald. Er vinden dan geen opnames plaats van de schedel, en indien er op de eerste opnamen geen afwijkingen zijn gezien, ook geen opnamen van de wervelkolom, het bekken, en de handen en voeten. Bij kinderen van ouder dan twee jaar kan in bijzondere gevallen op indicatie ook een skeletstatus worden verricht. Meestal kan echter worden volstaan met radiologie van de aangedane lichaamsdelen.

## (Her)beoordelingen

Bij een kind met een fractuur is de eerste vraag of het beschreven traumamechanisme tot de waargenomen fractuur is terug te leiden. In de literatuur zijn meerdere fracturen bij jonge kinderen

beschreven die een voorspellende waarde voor kindermishandeling hebben. Een combinatie van specifieke letsels (tabel 2) kan volgens de literatuur indicatief zijn voor mishandeling<sup>12,21</sup>, maar ook solitaire bevindingen kunnen indicatief zijn. Beoordeling van de fractuur in context is hierbij essentieel. Zo kunnen femurfracturen bijvoorbeeld optreden als gevolg van kindermishandeling maar zijn deze op de neonatale leeftijd ook een complicatie van gecompliceerde vaginale bevallingen. Bij een mobiel kind kan een femurfractuur het gevolg van een accidenteel trauma zijn<sup>22</sup>. Het is van belang om te onthouden dan geen enkele fractuur pathognomonisch is voor kindermishandeling. Een tweede belangrijke vraag is of er sprake kan zijn van een onderliggende ziekte, bijvoorbeeld een ►

**Tabel 2.** Specificiteit van fracturen voor kindermishandeling<sup>16</sup>.

Specificiteit	Fractuur
Hoog	Metafysaire hoekfracturen Posterieure ribfracturen Ribfracturen Processus spinosi fracturen Sternumfracturen Scapulafracturen
Matig	Meerdere (bilaterale) fracturen Fracturen van verschillende data Complexe schedelfracturen Vingerfracturen Corpora vertebrae fracturen/subluxaties Bekkenfracturen Epiphysiolysis
Laag	Subperiostale nieuwe botformatie Clavicula fracturen Pijpbeen fracturen Lineaire schedelfracturen

skeletdysplasie of stofwisselingsstoornis, of dat er sprake is van een normale ontwikkelingsvariant.

## Literatuurkennis

Bestaat een vermoeden van fracturen door kindermishandeling, dan kan het nodig zijn dat een ervaren kinderradioloog een herbeoordeling doet. Naast specifieke kinderradiologische kennis is namelijk ook een uitgebreide literatuurkennis noodzakelijk. Allereerst dient een uitspraak over het feit of een waargenomen fractuur meer past bij toegebracht letsel dan wel accidenteel letsel ondersteund te worden met literatuur/ evidence. In alle gevallen waarbij het Openbaar Ministerie (OM) overgaat tot vervolging, wordt al het radiologisch onderzoek herbeoordeeld en worden de bevindingen opgenomen in een forensisch medische rapportage van het NFI.

Tot slot is het beoordelen van de leeftijd van de fractuur belangrijk voor het opstellen van een tijdslijn, en het includeren dan wel excluderen van gebeurtenissen in relatie tot het ontstaan van de fractuur, dan wel personen. Echter is het belangrijk om duidelijk te maken dat exacte datering van fracturen niet mogelijk is. Wel is er onderscheid te maken tussen oudere en nieuwe fracturen. Hierbij maakt de forensische kinderradiologie gebruik van het visualiseren van de diverse genezingsstadia, oplopend van subperiostale nieuwe bot formatie, via callusvorming naar volledige remodellering<sup>23</sup>.

Alle betrokken partijen kunnen herbeoordeling aanvragen. De uitvoering gebeurt meestal door kinderartsen, Veilig Thuis-artsen, forensisch arts, pathologen en door advocaten in het kader van contra-expertise. Bij herbeoordeling zijn alle patiëntgegevens, beknopte klinische informatie, specifieke vraagstelling en, buiten het strafrecht, toestemming van de gezaghebbenden nodig<sup>8</sup>. In bijzondere gevallen kan de kinderradioloog ook internationale consultatie invoeren. Een van de mogelijkheden hiervoor is de Helfer Society<sup>24</sup>. Deze vereniging voor artsen is gespecialiseerd in de diagnostiek en behandeling van kindermishandeling en biedt haar leden de mogelijkheid om in een beveiligde omgeving geanonimiseerde casuïstiek met elkaar te delen voor advies en om van elkaar te leren. Ook een aantal Nederlandse artsen, waaronder kinderartsen, forensisch arts en radiologen, is lid van deze vereniging.

## NODOK-procedure

Helaas is niet alle kindermishandeling tijdig te signaleren. In sommige gevallen zijn tekenen van kindermishandeling pas na het overlijden vast te stellen. Naast de uitwendige schouw en de autopsie speelt radiologie hier een belangrijke rol bij. Ook zonder verdenking op kindermishandeling is radiologie overigens een integraal deel van het postmortale onderzoek. In 2018 is hiervoor de Nederlandse richtlijn *Klinische postmortem radiologie* verschenen<sup>25,26</sup>. In deze richtlijn is een overzichtelijk flowdiagram gepubliceerd over welk aanvullend onderzoek op welk moment van toegevoegde waarde is.

Vooraf van belang is om onderscheid te maken tussen een onverklaard overlijden met of zonder verdenking op kindermishandeling. In het eerste geval volgt een strafrechtelijk proces en vindt radiologie vóór het verrichten van de autopsie plaats in opdracht van de officier van Justitie (ovJ) van het OM. In het tweede geval is er een mogelijkheid om in overleg met ouders, kinderarts en forensisch arts te kiezen voor het doorlopen van een NODOK-procedure (Nader Onderzoek DoodsOorzaak van Kinderen). Dit is een klinisch traject. Het OM is hierbij niet betrokken en de verkregen informatie valt dan ook onder het medisch beroepsgeheim.

Binnen de NODOK-procedure is het advies voor kinderen tot en met één jaar een postmortale MRI en een skeletstatus, voor kinderen van twee tot en met vier jaar een postmortale MRI of postmortale CT en een skeletstatus en voor kinderen vanaf vijf jaar en ouder een postmortale CT of postmortale MRI. De NODOK vindt altijd plaats in een gespecialiseerd academisch NODOK-centrum met de benodigde faciliteiten en expertise. Indien er sprake is van een niet-natuurlijk overlijden overlegt de forensisch arts met de ovJ. Veelal zal deze overgaan tot inbeslagname van het stoffelijk overschot en nader onderzoek gelasten. In dit geval is de ovJ de opdrachtgever en vindt het onderzoek plaats in één van de centra die forensisch-radiologisch onderzoek doen in opdracht van het OM. Hierbij hebben ouders, in tegenstelling tot de NODOK-procedure, geen inspraak in het onderzoek. Deze onderzoeken vallen binnen een juridisch kader en de bevindingen vallen niet onder het medisch beroepsgeheim.

## Wees alert

Door kindermishandeling tijdig te herken-

nen kan de radioloog in samenwerking met alle partijen, inclusief de ouders, een interventie doen. Het doel is altijd om het kind in veiligheid op te laten groeien, bij voorkeur bij zijn/haar ouders. Veilig Thuis (eventueel anoniem) en het LECK zijn hierin belangrijke ketenpartners.

## Marloes Vester

aios Forensische Geneeskunde bij de GGD Amsterdam

## Simon Robben

hoogleraar Medisch Beeldvormend Onderwijs en kinderradioloog met als aandachtsgebied kindermishandeling, MUMC+

## Rick van Rijn

kinderradioloog in Amsterdam UMC, locatie AMC

## Literatuur

1. Jeugdwet, Art 1.1 (2014, 1 maart).
2. Alink L, Prevoo M, Berkel Sv et al. NPM 2017: Nationale prevalentiestudie mishandeling van kinderen en jeugdigen. Leiden: Universiteit Leiden/TNO. 2018.
3. Louwers EC, Affourtit MJ, Moll HA et al. Screening for child abuse at emergency departments: a systematic review. Arch Dis Child Educ Pract Ed. 2010;95(3):214-8.
4. Louwers EC, Korfage IJ, Affourtit MJ et al. Accuracy of a screening instrument to identify potential child abuse in emergency departments. Child Abuse Negl. 2014;38(7):1275-81.
5. Sittig JS. Child abuse: the value of systematic screening at Emergency Rooms. Ridderkerk, Ridderprint BV: Utrecht University; 2015.
6. Bilo R, Vester M, Nijs H et al. Een vermoeden van toegebracht hersenletsel. Expertise en Recht. 2018;5:193-204.
7. KNMG. KNMG-meldcode kindermishandeling en huiselijk geweld 2018. 2018. <https://www.knmg.nl/advies-richtlijnen/knmg-publicaties/meldcode-kindermishandeling-en-huiselijk-geweld-1.htm>.
8. Landelijk Expertise Centrum Kindermishandeling. [www.leck.nu/documenten-voor-betere-zorg/](http://www.leck.nu/documenten-voor-betere-zorg/).
9. van Rijn RR, Affourtit MJ, Karst WA et al. Implementation of the Dutch expertise centre for child abuse: descriptive data from the first 4 years. BMJ open. 2019;9(8):e031008.
10. Bilo RA, Robben SGF, Rijn RR et al. Forensische aspecten van fracturen op de kinderleeftijd. Isala; 2009.
11. Halstead S, Scott G, Thust S et al. Review of the new RCR guidelines (2017): The radiological investigation of suspected



- physical abuse in children. Arch Dis Child Educ Pract Ed. 2019;104(6):309-12.
12. Hymel KP, Wang M, Chinchilli VM et al. Estimating the probability of abusive head trauma after abuse evaluation. Child Abuse Negl. 2019;88:266-74.
  13. Kemp AM. Fractures in physical child abuse. Paediatrics and Child Health. 2008;18(12):550-3.
  14. Kemp AM, Butler A, Morris S et al. Which radiological investigations should be performed to identify fractures in suspected child abuse? Clin Radiol. 2006;61(9):723-36.
  15. Kemp AM, Dunstan F, Harrison S et al. Patterns of skeletal fractures in child abuse: systematic review. BMJ. 2008;337:a1518.
  16. Kleinman PK. Diagnostic imaging of child abuse. Cambridge University Press; 2015.
  17. Maguire S, Cowley L, Mann M et al. What does the recent literature add to the identification and investigation of fractures in child abuse: an overview of review updates 2005–2013. Evidence-Based Child Health: A Cochrane Review Journal. 2013;8(5):2044-57.
  18. Prosser I, Maguire S, Harrison SK et al. How old is this fracture? Radiologic dating of fractures in children: a systematic review. AJR Am J Roentgenol. 2005;184(4):1282-6.
  19. Radiology ACo. ACR–SPR practice parameter for the performance and interpretation of skeletal surveys in children. Reston: American College of Radiology. ACR standards. ; 2016. p. 1-9.
  20. Wootton-Gorges SL, Soares BP, Alazraki AL et al. ACR Appropriateness Criteria((R)) Suspected Physical Abuse-Child. J Am Coll Radiol. 2017;14(5s):S338-s49.
  21. Maguire SA, Kemp AM, Lumb RC et al. Estimating the probability of abusive head trauma: a pooled analysis. Pediatrics. 2011;128(3):e550-64.
  22. Hoytema van Konijnenburg EM, Vrolijk-Bosschaart TF, Bakx R et al. Paediatric femur fractures at the emergency department: accidental or not? Br J Radiol. 2016;89(1061):20150822.
  23. Prosser I, Lawson Z, Evans A et al. A timetable for the radiologic features of fracture healing in young children. AJR Am J Roentgenol. 2012;198(5):1014-20.
  24. The Ray E. Helfer Society. <https://www.helfersociety.org/>.
  25. Klinische postmortem radiologie. 2018. [https://richtlijndatabase.nl/richtlijn/klinische\\_postmortem\\_radiologie](https://richtlijndatabase.nl/richtlijn/klinische_postmortem_radiologie)
  26. Sonnemans LJP, Vester MEM, Kolsteren EEM et al. Dutch guideline for clinical foetal-neonatal and paediatric post-mortem radiology, including a review of literature. Eur J Pediatr. 2018;177(6):791-803.

(advertentie)

*Aan alle zorgverleners  
in Nederland*

*Wij denken  
aan jullie!*

*De medewerkers van Bayer*



VAN DE WETENSCHAP NAAR DE PRAKTIJK EN TERUG

# Postmortale beeldvorming van foetussen



Lianne Sonnemans



Yousif Dawood



Willemijn Klein



Bernadette de Bakker

**Postmortale radiologie kan een belangrijke rol spelen in het postmortaal onderzoek van de (jonge) foetus. In dit artikel vindt u de huidige richtlijn met aanbevelingen voor klinische postmortem diagnostiek bij foetussen en neonaten, en een vooruitblik op een tweetal potentieel interessante nieuwe beeldvormende technieken.**

In Nederland bedraagt de perinatale sterfte jaarlijks ongeveer 0,7 procent<sup>1</sup>. Dit houdt in dat er jaarlijks circa 1.200 kinderen sterven in de periode vanaf 22 weken zwangerschapsduur tot één week na geboorte. Daarbij komt nog een veelvoud aan miskramen en vroeggeboortes die plaatsvinden vóór de 22 weken. Het vinden van de doodsoorzaak is belangrijk voor onder andere de verwerking van het verlies door de ouders en het bepalen van de herhalingskans. Daarnaast zijn betrouwbare statistieken omtrent sterfteoorzaken van belang voor epidemiologische redenen.

Perinatale sterfte = 22 weken zwangerschap tot 1 week na geboorte.  
Neonatale sterfte = het overlijden van een kind tot één maand na geboorte.

## Postmortale radiologie

Sinds 2007 krijgt iedere zwangere in Nederland structureel echoscopisch onderzoek (SEO, 20-weeken echo) aangeboden. Hierdoor zijn reeds veel foetale afwijkingen al voor de geboorte op te sporen. Daarnaast verricht de echo-specialist bij een verdenking of verhoogd risico op een echoscopisch opspoorbare foetale afwijking aanvullend onderzoek in de vorm van een derdelijns echo (GUO = geavanceerd echoscopisch onderzoek). Postpartum onderzoek naar de doodsoorzaak bestaat historisch gezien meestal uit een

obductie, al dan niet aangevuld met een babygram. Gezien de dalende trend voor het aantal obducties, de opkomst van genetische diagnostiek en de komst van nieuwe beeldvormende technieken, kan postmortale radiologie hierbij een belangrijke rol vervullen.

Aangezien postmortale radiologie een relatief nieuwe sub-specialiteit is, is er een multidisciplinaire landelijke werkgroep bestaande uit diverse beroepsgroepen opgezet met onder andere radiologen, pathologen, gynaecologen, een kinderarts, intensive care arts en een forensisch geneeskundige. Deze werkgroep heeft recent een richtlijn uitgebracht over hoe postmortale beeldvorming in een ziekenhuis georganiseerd kan worden<sup>2,3</sup>. De belangrijkste bevindingen uit deze richtlijn omtrent postmortale beeldvorming bij foetussen en neonaten staan samengevat in *figuur 1*.

## Postmortem MRI

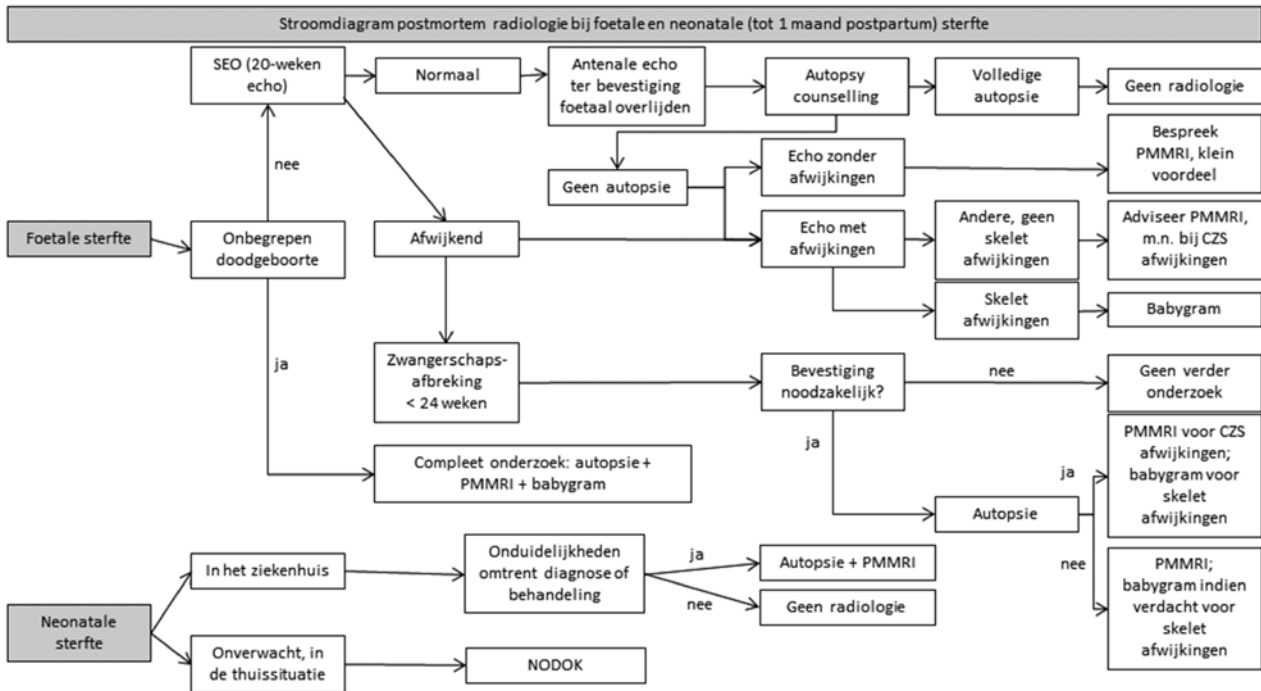
De MaRIA-studie is een grote dubbelblinde prospectieve studie (*zie figuur 2B*) die onder meer de diagnostische waarde van 1.5 Tesla postmortem MRI heeft onderzocht in foetussen (n=185 <24 weken, n=92 >24 weken) en neonaten (n=92 <1 maand) ten opzichte van conventionele obductie<sup>4</sup>. De postmortem MRI toonde een sensitiviteit van 43% voor de doodsoorzaak of belangrijkste pathologische bevinding in foetussen onder de 24

weken zwangerschapsduur en een sensitiviteit van 63% in foetussen boven de 24 weken zwangerschapsduur.

De sensitiviteit (83%) en specificiteit (95%) was met name hoog voor cardiale (zowel structurele en non-structurele) pathologie in foetussen boven en beneden de 24 weken zwangerschapsduur<sup>5</sup>. Anatomische pulmonale afwijkingen zoals pleura-effusie en longhypoplasie toonden een sensitiviteit van respectievelijk 100% en 60% in foetussen jonger en ouder dan 24 weken. Als het daarentegen gaat om non-structurele pulmonale afwijkingen, zoals pulmonale infecties (sens=13%) of difuus alveolaire bloedingen, dan is gezien de lage sensitiviteit in combinatie met de hoge specificiteit postmortem MRI enkel geschikt voor het uitsluiten van deze aandoeningen<sup>6</sup>.

Malformaties van het brein en intracraniale bloedingen tonen een hoge sensitiviteit (80-100%) en specificiteit (87-100%)<sup>7</sup>. Daarbij leverde een postmortem MRI cerebrum klinisch relevante informatie op in ruim de helft van de foetussen bij wie neuropathologisch onderzoek tijdens obductie niet-diagnostisch was door maceratie. Postmortem MRI is echter niet geschikt om hypoxisch-ischemische hersenschade te detecteren.

Met betrekking tot de abdominale pathologie werd de hoogste sensitiviteit (86%)



**Figuur 1.** Stroomschema postmortale radiologie bij foetaal en neonataal overlijden. SEO: structureel echografisch onderzoek, PMMRI: postmortem mri, NODOK: Nader Onderzoek naar de DoodsOorzaak bij Kinderen.

gevonden voor renale afwijkingen en de laagste sensitiviteit (29%) voor testes afwijkingen<sup>8</sup>. De sensitiviteit voor musculoskeletale afwijkingen was met 69% redelijk in foetussen beneden de 24 weken zwangerschapsduur en ronduit slecht (17%) in oudere foetussen<sup>9</sup>.

### Postmortem babygram

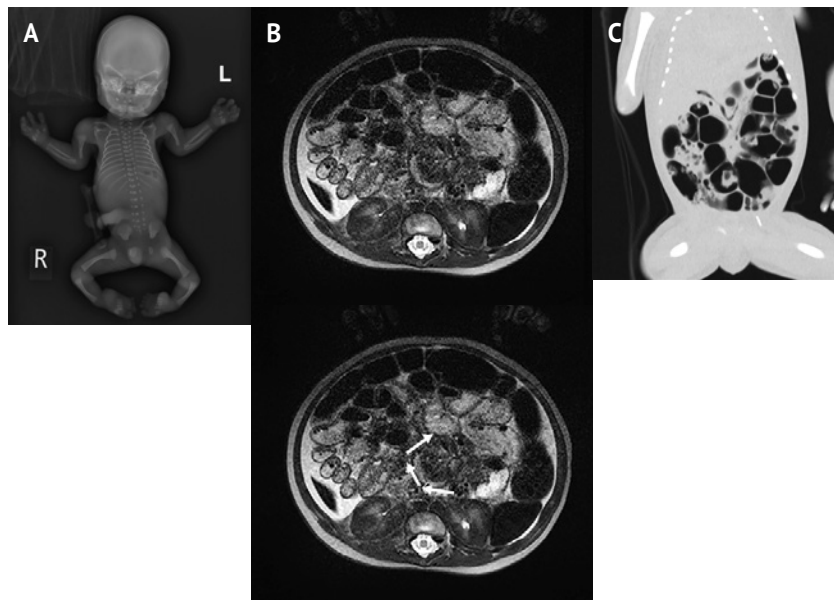
Een babygram (zie *figuur 2A*) heeft een hoge sensitiviteit (100%) en hoge specificiteit (97%) voor de detectie van ossale afwijkingen<sup>10</sup>. In veel gevallen wordt er bij foetaal overlijden standaard een babygram gemaakt. Echter adviseert de richtlijn om alleen een babygram te maken indien er tijdens de prenatale echo of de postmortale lijkshouw een verdenking op een ossale afwijking bestaat, gezien het hoge aantal negatieve babygrammen in de totale populatie.

### Postmortem CT

Er zijn zeer weinig studies die de diagnostische waarde van postmortem CT (zie *figuur 2C*) in foetussen en neonaten beschrijven. Een recente studie beschrijft dat 40% van de postmortem CT's in foetussen jonger dan 24 weken zwangerschapsduur als niet-diagnostisch is te beschouwen ten opzichte van 11% van de postmortem MRI's<sup>11</sup>. Daarbij werden er middels postmortem MRI in deze groep dubbel zoveel juiste diagnoses gesteld. In foetussen boven de 24 weken zwangerschapsduur werd 22% van de CT's als

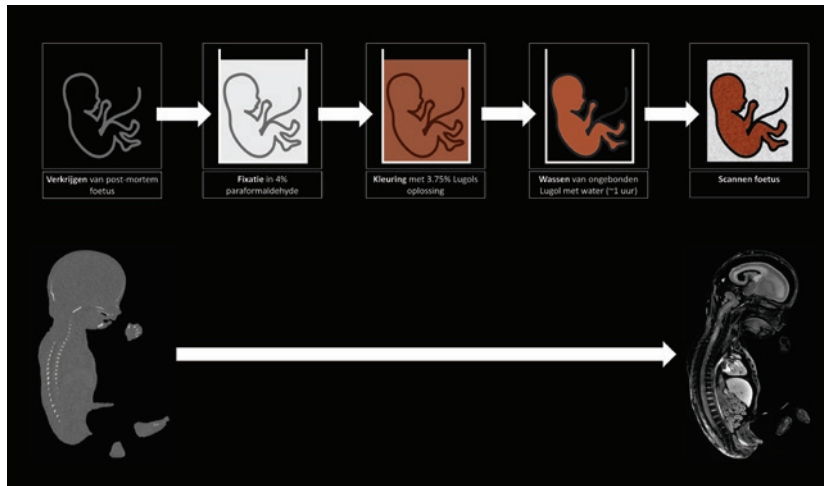
niet-diagnostisch beschouwd ten opzichte van 0% van de MRI's. Indien diagnostisch, toonden beide modaliteiten 50% sensitiviteit en 100% specificiteit voor de

hoofddiagnose of doodsoorzaak. Ondanks het beperkt aantal studies is wel duidelijk dat postmortem MRI de voorkeur heeft.



**Figuur 2.** Diverse voorbeelden van klinische postmortem scans. (A) Babygram, AP total body, betreffende een zwangerschapsafbreking bij GA 22 +6 weken vanwege verdenking skeletdysplasie. Zichtbare afwijkingen zijn onder andere: vlinderwervels, halsribben, aplasie van de fibulae, hypoplasie van de humeri met dysplastische distale zijde en plumpe hoekige metacarpalia. Dit beeld past typisch bij een atelosteogenesis en dit werd genetisch bevestigd. (B) Transversale postmortem MRI opnames door het abdomen van een overleden neonaat, bekend met een bolle buik geduid als obstipatie. Hij werd onwel; reanimatie mocht niet baten. PMMRI toont een malrotatie met midgut volvulus (pijl-tjes), ascites en verwijde darmlissen. Bij obductie werd deze diagnose bevestigd. (C) CT postmortem van een overleden premature neonaat, verdacht voor sepsis. Op dit beeld wordt gezien: wijde darmlissen, pneumatosis intestinalis en portaal lucht. Er is geen vrij lucht zichtbaar. Er is geen luchthoudendheid van de longen. Dit past bij een inflammatoir beeld van zowel longen als darmen. Er werd een gramnegatieve sepsis aangetoond.





**Figuur 3.** Workflow om foetussen gereed te maken voor micro-CT scannen. Na het verkrijgen van de foetus, wordt deze gefixeerd in 4% paraformaldehyde (PFA) of een andere fixatievloeistof om weefselintegriteit te behouden. Vervolgens wordt de foetus gekleurd door deze onder te dompelen in 3.75% Lugols oplossing voor een aantal dagen tot weken, afhankelijk van de grootte van de foetus. De Lugols oplossing zal de foetus een rood-bruine kleur geven. Het is belangrijk om de foetus te wassen na het kleuren om de ongebonden lugol er af te wassen. Hierna is de foetus klaar om gescand te worden. Linksonder zien we een micro-CT scan van een ongekleurde foetus en rechtsonder de foetus na het kleuren, om de toename van contrast in de weke delen te illustreren<sup>13</sup>.

### Minimaal-invasieve obductie

De MaRIA-studie heeft ook de diagnostische waarde vergeleken van minimaal-invasieve obductie – bestaande uit postmortem MRI, andere vormen van postmortem radiologie, antemortem en postmortem *blood sampling* voor genetische en metabole diagnostiek, dossieronderzoek, uitwendige lichaamsschouw en indien beschikbaar placenta-onderzoek – met conventionele obductie. Minimaal-invasieve obductie toonde een hogere sensitiviteit alsook een hogere specificiteit voor de doodsoorzaak of belangrijkste pathologische bevinding in foetussen beneden (sens=100%, spec=98%) en boven (sens=96%, spec=95%) de 24 weken zwangerschapsduur<sup>4</sup>. Het valt op dat de sensitiviteit met name laag is voor infectieuze pathologie in foetussen boven de 24 weken zwangerschapsduur (sens=80%).

### Nieuwe beeldvormende technieken

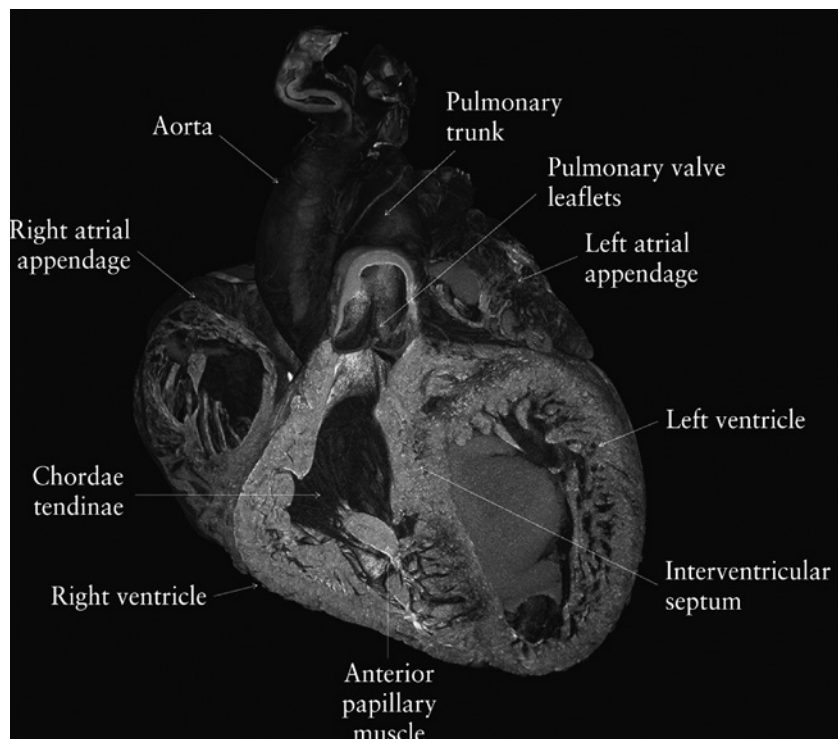
Postmortem MRI-beeldvorming met behulp van klinische scanners (1,5 - 3 Tesla (T)) vertoont met name bij foetussen jonger dan 20 weken zwangerschap een lage diagnostische nauwkeurigheid<sup>6,8,12</sup>. Dit komt voornamelijk omdat de te verkrijgen resolutie voor deze relatief kleine foetussen te laag is. Conventionele postmortem CT zonder contrastmiddel vertoont zelfs een nog lagere detectiegraad voor grote structuren in vergelijking met MRI<sup>11</sup>. Niet alleen vanwege de beperkte resolutie, maar voornamelijk vanwege het slechte contrast van weke delen. Gelukkig staat de wetenschap niet stil. Recentelijk ne-

men twee nieuwe beeldvormende technieken wereldwijd een vlucht, met name in academische ziekenhuizen en andere wetenschappelijke centra. Het betreft de Microfocus-CT, kortweg Micro-CT of  $\mu$ -CT, en de Ultra-high field MRI, ofwel UHF-MRI. Met beide technieken is een resolutie te behalen die histologische beeldkwaliteit benadert waardoor ze po-

tentieel een belangrijke plaats kunnen innemen in het postmortale onderzoek van een foetus. We bespreken hieronder kort de voor- en nadelen van beide modaliteiten. Voor gedetailleerde protocollen en aanbevelingen verwijzen wij naar ons overzichtsartikel in *European Radiology*<sup>13</sup>.

### Microfocus-CT

Micro-CT is een opkomende beeldvormingsmodaliteit in de biomedische wetenschap, die is ontwikkeld om kleine weefselmonsters op hoge resolutie te scannen. De technologie is gebaseerd op die van de conventionele CT, met enkele verschillen. In de meeste micro-CT-systemen wordt de stralingsbron gefixeerd en wordt het preparaat gemonteerd op een instelbaar en roterend platform. Hierdoor is de afstand tussen 'stralingsbrontot-preparaat' en 'preparaat-tot-detector' aan te passen, waardoor een hogere beeldresolutie is te verkrijgen<sup>14</sup>. De toevoeging van contrast, vaak aangeduid als kleuring, maakt beeldvorming van weke delen met hoge resolutie mogelijk. Deze functie wordt reeds uitgebreid gebruikt in dieronderzoek<sup>15</sup>. Kleuring is alleen nodig wanneer een onderzoeker geïnteresseerd is in het afbeelden van weke delen. Zonder contrast boekt micro-CT geweldige resultaten voor structuren met een hoge dichtheid (bijvoorbeeld orbita, humerus, femur), zelfs als de structuren nog niet



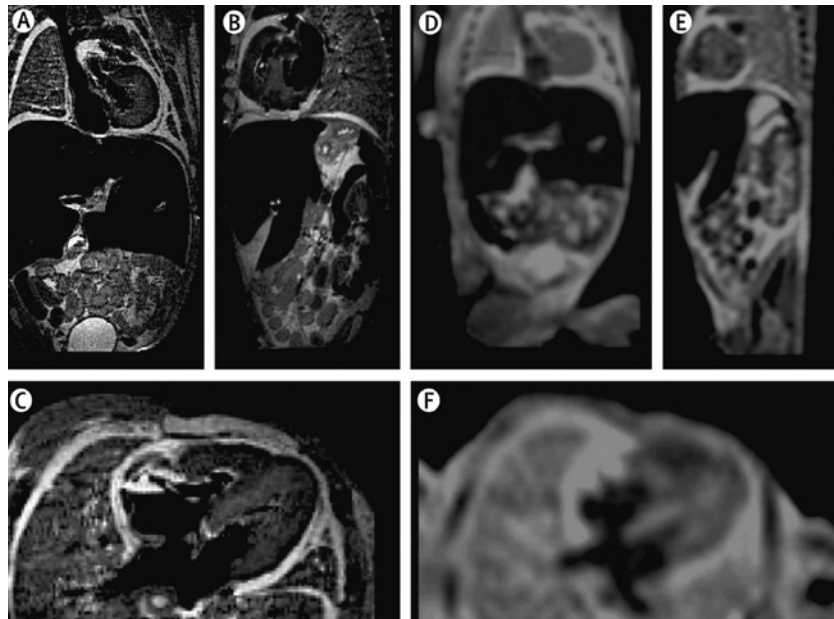
**Figuur 4.** Micro-CT afbeelding van het hart van een 23 weken oude foetus. Duidelijk zijn het rechter atrium, linker- en rechterventrikel, ventrikelseptum en de outflow van het rechterventrikel te zien (pulmonary trunk)<sup>11</sup>.

volledig verbeend zijn<sup>16-29</sup>. Kleuring is uit te voeren door de gehele foetus of een specifiek orgaan, zoals hart of hersenen, onder te dompelen in een contrastoplossing (typisch Lugol; een jodiumhoudend contrast). *Figuur 3* geeft de micro-CT workflow inclusief weefselfixatie en contraststap weer. Nadeel van deze techniek is dat het bij oudere foetussen afhankelijk van de grootte van het preparaat dagen tot weken kan duren voordat de contrastvloeistof door middel van diffusie de kern van het weefsel heeft bereikt.

Hoewel het mogelijk is om foetussen >20 weken zwangerschap met een micro-CT te scannen, betekent het scannen van grotere preparaten een verlies van beeldresolutie, omdat de resolutie sterk afhankelijk is van de relatieve afstand tussen het preparaat en de stralingsbron. Als het object dicht bij de bron staat, betekent dit (voor grotere foetussen) dat het niet in één keer volledig is te scannen. Hutchinson et al.<sup>30</sup> lost dit probleem op door preparaten gedeeltelijk te scannen in opeenvolgende runs, en biedt zo een volledige dataset met een resolutie van 46 µm van een foetus van 21 weken oud. Dit is het oudste menselijke exemplaar dat volledig is afgebeeld in tot nu toe gepubliceerde micro-CT data. Voor specifiek onderzoek of diagnostische doeleinden is het mogelijk om geïsoleerde organen te scannen. Dat maakt een hogere resolutie mogelijk en vermindert ruis van het omliggende weefsel (zie *figuur 4*)<sup>31</sup>.

## Ultra-high field MRI

Voor UHF-MRI wordt het technologische vermogen gebruikt, om de sterkte van het magnetische veld te vergroten (≥7 Tesla). Dat resulteert in een hogere signaal-ruisverhouding, een betere ruimtelijke resolutie en een meer gedetailleerde weergave van de foetale anatomie. Dit wordt ondersteund door eerdere studies die hebben aangetoond dat UHF-MRI superieur is aan lage veld MRI (1,5 - 3 T) bij het detecteren van anatomische details<sup>32-34</sup>. Diverse recente publicaties melden het succesvol scannen van menselijke foetussen met een preklinische UHF-MRI-scanner met een veldsterkte van 7 tot 11,7 T. Hoewel de 'bore'-diameter van de meeste scanners tussen de 16 en 30 cm ligt, beperkt het gebruik van een radiofrequentiespoel de binnendiameter van het scanvlak tot typisch minder dan 10-20 cm. Dit bemoeilijkt het scannen van hele foetussen >20 weken zwangerschap met deze preklinische scanners. Verschillende auteurs onderzochten de toegevoegde



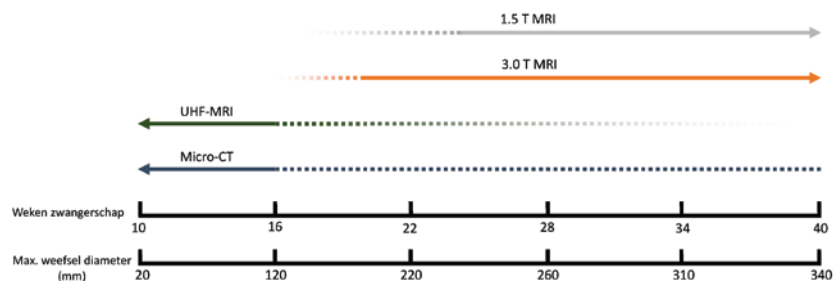
**Figuur 5.** Vergelijking tussen UHF-MRI en MRI scan met lage veldsterkte van dezelfde foetus. (A) coronale, (B) sagittale en (C) axiale beelden gescand op 9.4 T. (D) Coronale, (E) sagittale en (F) axiale beelden gescand op 1.5 T<sup>33</sup>. In de klinische setting wordt 3 T geadviseerd voor het scannen van foetussen.

waarde van UHF-MRI ten opzichte van MRI met lage veldsterktes<sup>33-35</sup>, zoals aangetoond in *figuur 5*<sup>33</sup>. Ze concluderen dat UHF-MRI scannen met een veel hogere resolutie mogelijk maakt. Met als resultaat een groter diagnostische opbrengst, vooral bij foetussen jonger dan 16 weken zwangerschap<sup>33-35</sup>. Echter, 20 tot 78 uur scantijd is nodig om een voxelgrootte van 35 - 55 µm te bereiken met behulp van UHF-MRI, terwijl dit met behulp van micro-CT in minder dan een uur is te doen.

## Toekomstperspectief

Wanneer micro-CT en UHF-MRI worden overwogen voor diagnostische postmortale foetale beeldvorming, zijn ze het meest geschikt voor het scannen van

geïsoleerde organen zoals hart of hersenen of voor beeldvorming van het hele lichaam tot 16 weken zwangerschap (*figuur 6*) vanwege de volgende argumenten. Ten eerste, de beperkte 'bore'-diameter (voor UHF-MRI), ten tweede de verlengde kleuringstijd (voor micro-CT) en ten derde de uitgebreide toegankelijkheid van de goedkopere klinische 1,5 en 3,0 T MRI's, die vergelijkbare diagnostische resultaten hebben getoond als UHF-MRI na 20 weken zwangerschap<sup>34</sup>. Omdat conventionele autopsie doorgaans een uitdaging vormt in vroege eerste en tweede trimester foetussen en daarom gebonden is aan beperkingen, kunnen UHF-MRI en micro-CT uitkomst bieden door beelden met driedimensionale histologische ►



**Figuur 6.** Overzicht om de juiste beeldvormende modaliteit te kiezen wat betreft ex-vivo diagnostische foetale beeldvorming. MRI met lage veldsterkte is het meest geschikt voor foetussen ouder dan 20 weken. Daarentegen zijn UHF-MRI en micro-CT het meest geschikt voor foetussen onder de 16 weken, of geïsoleerde organen met een maximale diameter van 120 mm van wege de gelimiteerde 'bore'-diameter (UHF-MRI) en lange kleuringstijd (micro-CT). Oudere foetussen en samples met een grotere diameter kunnen gescand worden op een UHF-MRI, maar alleen op apparaten met een grotere 'bore'-diameter. Wat betreft micro-CT, betekent het dat er langer gekleurd moet worden, soms tot wel weken, wat weer nadelig is voor het autopsieproces, waardoor het voornamelijk minder geschikt is voor de kliniek<sup>13</sup>.

kwaliteit te verschaffen van deze kleine preparaten<sup>36</sup>. Gezien de beperkte ervaring met deze technieken en hun extra kosten, blijft conventionele autopsie, gevolgd door histologie, momenteel de gouden standaard bij het diagnosticeren van foetale pathologie. Niettemin verwachten we dat, aangezien een groeiend aantal centra toegang krijgt tot UHF-MRI en / of micro-CT, ze te zijner tijd een meer prominente rol gaan vervullen in de post-mortale foetale diagnostiek van kleine preparaten. ■

**dr. L.J.P. (Lianne) Sonnemans**

aios radiologie Radboudumc

**Y. (Yousif) Dawood**

promovendus AMC Amsterdam

**dr. W.M. (Willemijn) Klein**

radioloog Radboudumc

**dr. B.S. (Bernadette) de Bakker**

arts-embryoloog AMC Amsterdam

## Aanbevelingen voor de praktijk

- Postmortale beeldvorming in foetussen en neonaten is een waardevolle toevoeging aan obductie, maar (nog) van onvoldoende diagnostische waarde om obductie te kunnen vervangen.
- Wanneer er geen toestemming is voor conventionele obductie, is het een overweging om minimaal invasieve technieken, zoals contrast-enhanced imaging of het afnemen van histologische bipten in aanvulling op de beeldvorming, te gebruiken.
- Klinische postmortem MRI (1,5 of 3 Tesla) heeft de voorkeur boven conventionele CT gezien het hogere weke delen contrast en de mogelijkheid tot high-resolution whole body imaging in een relatief kort tijdsbestek.
- Indien er verdenking bestaat op ossale pathologie is het advies een babygram te laten verrichten aanvullend op de MRI.
- Micro-CT maakt beeldvorming van jonge foetussen in hoge resolutie mogelijk in relatief korte scantijd. Weefselkleuring met behulp van een contrastoplossing is echter noodzakelijk om visualisatie van weke delen mogelijk te maken.
- UHF-MRI maakt beeldvorming van jonge foetussen in hoge resolutie mogelijk zonder voorafgaande kleuring, maar behelst een lange scantijd.
- Figuur 6 toont een overzicht waaruit af te lezen valt welke modaliteit de voorkeur geniet voor postmortaal beeldvormend onderzoek van de foetus, afgezet tegen de zwangerschapsduur.

### Literatuur

1. CBS [Internet]. Available from: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/80213NED/table?fromstatweb>
2. Sonnemans LJP, Vester MEM, Kolsteren EEM, Erwich JJHM, Nikkels PGJ, Kint PAM, et al. Dutch guideline for clinical foetal-neonatal and paediatric post-mortem radiology, including a review of literature. *Eur J Pediatr*. 2018;177(6):791–805.
3. FMS [Internet]. Available from: [https://richtlijndatabase.nl/richtlijn/klinische\\_postmortem\\_radiologie/indicatiestelling\\_bij\\_foetussen\\_en\\_neonaten.html](https://richtlijndatabase.nl/richtlijn/klinische_postmortem_radiologie/indicatiestelling_bij_foetussen_en_neonaten.html)
4. Thayyil S, Sebire NJ, Chitty LS, Wade A, Chong W, Olsen O, et al. Post-mortem MRI versus conventional autopsy in fetuses and children: A prospective validation study. *Lancet*. 2013;382(9888):223–33.
5. Taylor AM, Sebire NJ, Ashworth MT, Schievano S, Scott RJ, Wade A, et al. Postmortem cardiovascular magnetic resonance imaging in fetuses and children: A masked comparison study with conventional autopsy. *Circulation*. 2014;129(19):1937–44.
6. Arthurs OJ, Thayyil S, Olsen OE, Addison S, Wade A, Jones R, et al. Diagnostic accuracy of post-mortem MRI for thoracic abnormalities in fetuses and children. *Eur Radiol*. 2014;24(11):2876–84.
7. Arthurs OJ, Thayyil S, Pauliah SS, Jacques TS, Chong WK, Gunny R, et al. Diagnostic accuracy and limitations of post-mortem MRI for neurological abnormalities in fetuses and children. *Clin Radiol* [Internet]. 2015;70(8):872–80.
8. Arthurs OJ, Thayyil S, Owens CM, Olsen OE, Wade A, Addison S, et al. Diagnostic accuracy of post mortem MRI for abdominal abnormalities in fetuses and children. *Eur J Radiol*. 2015;84(3):474–81.
9. Arthurs OJ, Thayyil S, Addison S, Wade A, Jones R, Norman W, et al. Diagnostic accuracy of postmortem MRI for musculoskeletal abnormalities in fetuses and children. *Prenat Diagn*. 2014;34(13):1254–61.
10. Kamphuis-Van Ulzen K, Koopmanschap DHJLM, Marcelis CLM, Van Vugt JMG, Klein WM. When is a post-mortem skeletal survey of the fetus indicated, and when not? *J Matern Neonatal Med*. 2016;29(6):991–7.
11. Arthurs OJ, Guy A, Thayyil S, Wade A, Jones R, Norman W, et al. Comparison of diagnostic performance for perinatal and paediatric post-mortem imaging: CT versus MRI. *Eur Radiol* [Internet]. 2016;26(7):2327–36.
12. Kang X, Cannie MM, Arthurs OJ, Segers V, Fournieu C, Bevilacqua E, et al. Post-mortem whole-body magnetic resonance imaging of human fetuses: a comparison of 3-T vs. 1.5-T MR imaging with classical autopsy. *Eur Radiol*. 2017;27(8):3542–53.
13. Dawood Y, Strijkers GJ, Limpens J, Oostra RJ, de Bakker BS. Novel imaging techniques to study postmortem human fetal anatomy: a systematic review on microfocus-CT and ultra-high-field MRI. *Eur Radiol*. 2019;
14. Hutchinson JC, Shelmerdine SC, Simcock IC, Sebire NJ, Arthurs OJ. Early clinical applications for imaging at microscopic detail: Microfocus computed tomography (micro-CT). *Br J Radiol*. 2017;90(1075):1–10.
15. Gignac PM, Kley NJ, Clarke JA, Colbert MW, Morhardt AC, Cerio D, et al. Diffusible iodine-based contrast-enhanced computed tomography (diceCT): An emerging tool for rapid, high-resolution, 3-D imaging of metazoan soft tissues. *J Anat*. 2016;228(6):889–909.
16. Katsube M, Yamada S, Yamaguchi Y, Takakuwa T, Yamamoto A, Imai H, et al. Critical Growth Processes for the Mid-facial Morphogenesis in the Early Prenatal Period. *Cleft Palate-Craniofacial J*. 2019;105566561982718.
17. Shibata T, Matsumoto S, Agishi T, Nagano T. Visualization of Reissner membrane and the spiral ganglion in human fetal cochlea by micro-computed tomography. *Am J Otolaryngol - Head Neck Med Surg* [Internet]. 2009;30(2):112–20.
18. Skadorwa T, Maslanka M, Ciszek B. The morphology and morphometry of the fetal fallopian canal: a microtomographic study. *Surg Radiol Anat*. 2015;37(6):677–84.
19. Domic-Cule I, Eljuga D, Izadpanah A, Erjavec I, Prgommet S, Hladnik A, et al. Dynamics of optic canal and orbital cavity development revealed by microCT. *Surg Radiol Anat*. 2014;36(10):989–92.
20. Reissis D, Abel RL. Development of fetal trabecular micro-architecture in the humerus and femur. *J Anat*. 2012;220(5):496–503.
21. Degenhardt K, Wright AC, Horng D, Padmanabhan A, Epstein JA. Rapid 3D phenotyping of cardiovascular development in mouse embryos by micro-CT with io-



- dine staining. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2010;3(3):314–22.
22. Windisch G, Salaberger D, Rosmarin W, Kastner J, Exner GU, Haldi-Brändle V, et al. A model for clubfoot based on micro-CT data. *J Anat [Internet]*. 2007;210(6):761–6.
  23. Shibata T, Matsumoto S, Nagano T, Sasaki H. Micro-focus X-ray computed tomography images of the 3D structure of the cranium of a fetus with asymmetric double malformation. *Congenit Anom (Kyoto)*. 2006;10–5.
  24. Mccoll DJ, Abel RL, Spears IM, Macho GA. Automated method to measure trabecular thickness from microcomputed tomographic scans and its application. *Anat Rec - Part A Discov Mol Cell Evol Biol*. 2006;288(9):982–8.
  25. Kramer B, Molema K, Hutchinson EF. An osteological assessment of cyclopia by micro-CT scanning. *Surg Radiol Anat [Internet]*. 2019;(0123456789).
  26. Schanandore J V. Using micro computed tomography to investigate a fetal mummy with possible situs inversus: A case report. *Am J Hum Biol*. 2018;30(6):1–3.
  27. Richard C, Courbon G, Laroche N, Prades JM, Vico L, Malaval L. Inner ear ossification and mineralization kinetics in human embryonic development-microtomographic and histomorphological study. *Sci Rep*. 2017;7(1):1–11.
  28. Hutchinson EF, Florentino G, Hoffman J, Kramer B. Micro-CT assessment of changes in the morphology and position of the immature mandibular canal during early growth. *Surg Radiol Anat [Internet]*. 2017;39(2):185–94.
  29. Acquah F, Robson Brown KA, Ahmed F, Jeffery N, Abel RL. Early trabecular development in human vertebrae: Overproduction, constructive regression, and refinement. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2015;6(MAY):1–9.
  30. Hutchinson JC, Kang X, Shelmerdine SC, Segers V, Lombardi CM, Cannie MM, et al. Post mortem microfocus computed tomography for early gestation fetuses: a validation study against conventional autopsy. *Am J Obstet Gynecol*. 2018;
  31. Hutchinson JC, Arthurs OJ, Ashworth MT, Ramsey AT, Mifsud W, Lombardi CM, et al. Clinical utility of postmortem micro-computed tomography of the fetal heart: Diagnostic imaging vs macroscopic dissection. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2016;47(1):58–64.
  32. Lin X, Zhang Z, Teng G, Meng H, Yu T, Hou Z, et al. Measurements using 7.0T post-mortem magnetic resonance imaging of the scalar dimensions of the fetal brain between 12 and 20 weeks gestational age. *Int J Dev Neurosci [Internet]*. 2011;29(8):885–9.
  33. Thayyil S, Cleary JO, Sebire NJ, Scott RJ, Chong K, Gunny R, et al. Post-mortem examination of human fetuses: a comparison of whole-body high-field MRI at 9.4 T with conventional MRI and invasive autopsy. *Lancet*. 2009;374(9688):467–75.
  34. Votino C, Jani J, Verhoye M, Bessieres B, Fierens Y, Segers V, et al. Postmortem examination of human fetal hearts at or below 20 weeks' gestation: A comparison of high-field MRI at 9.4 T with lower-field MRI magnets and stereomicroscopic autopsy. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2012;40(4):437–44.
  35. Ouyang A, Jeon T, Sunkin SM, Pletikos M, Sedmak G, Sestan N, et al. Spatial mapping of structural and connective imaging data for the developing human brain with diffusion tensor imaging. *Methods [Internet]*. 2015;73:27–37.
  36. Lombardi S, Scola E, Ippolito D, Zambelli V, Botta G, Cuttin S, et al. Micro-computed tomography: a new diagnostic tool in postmortem assessment of brain anatomy in small fetuses. *Neuroradiology*. 2019;61(7):737–46.

## Hoe loopt het met de Daniel den Hoed loopbrug?

**In MemoRad 1 van dit jaar berichtten we dat er een 100 meter lange loopbrug komt, genoemd naar de Rotterdamse arts en grondlegger van de radiotherapie Daniel den Hoed (1897-1950). Inmiddels hebben zestig architectenbureaus zich ingeschreven om het ontwerp te mogen maken.**

De Daniel den Hoed-kliniek kent een rijke geschiedenis. Naast het kankerinstituut kent de Daniel den Hoed-kliniek ook een familiehuis waar patiënten en familieleden van patiënten kunnen verblijven tijdens een behandeling in de kliniek. In 2019 heropende de Daniel den Hoed-kliniek naast het nieuwe Erasmus MC, terwijl het Daniel den Hoed-familiehuis verhuisde naar de wijk Little C, tegenover het Erasmus MC. Dit zorgde voor een lange afstand tussen de kliniek en het familiehuis.

### Ontwerp kiezen

Kees Vellenga vraagt Willem den Hoed, zoon van Daniel, hoe het staat met de verbinding. Zijn antwoord: 'De gemeente Rotterdam zou de loopbrug naar het Erasmus MC financieren, echter die heeft te weinig budget. Ik ben daarop ingespron-

gen en heb een deal gesloten met de wethouder en degene die over de naam Daniel den Hoed gaat, dat ik via mijn Stichtingdanieldenhoed.nl de brug mee zou financieren, mits de brug de naam van mijn vader zou krijgen. Dat is dus geregeld, op het geld na natuurlijk.

Tot onze verbazing hebben zich zestig architectenbureaus ingeschreven voor het ontwerp. Het was dus nog een hele klus om te selecteren tot de drie die nu een ontwerp mogen inzenden. Aanvankelijk hadden zij tot juni 2020 de tijd, maar dat is door de covid-19-problematiek en de vakantieperiode uitgesteld tot de laatste week van augustus. Op 18 september wijst de keuzecommissie, waar ik dus ook in zit, het definitieve ontwerp aan.'

Sponsoring is zeer welkom op:

**[www.stichtingdanieldenhoed.nl](http://www.stichtingdanieldenhoed.nl)**

**Kees Vellenga**

# Forensische radiologie in de rechtszaal



Wilma Duijst

**F**orensische radiologie is een onderdeel van de forensische geneeskunde en als zodanig staat het vak ten dienste van het strafrecht. Deze afbakening van het vak maakt duidelijk dat forensische radiologie in essentie verschilt van de klinische radiologie. Dit vak speelt zich af in een geheel andere arena, namelijk de wereld van (de politie en) het Openbaar Ministerie en de wereld van de strafrechter. Bij de politie en het OM gaat het om het doen van opsporingsonderzoek en het nemen van een vervolgingsbeslissing, bij de strafrechter gaat het om de vraag of een feit bewezen is. Of het vak volgens de regels der kunst wordt uitgevoerd, is dus niet alleen ter beoordeling van de radioloog, maar ook ter beoordeling van het Openbaar Ministerie en de strafrechter. Dit artikel bespreekt aan welke vereiste forensische radiologie zou moeten voldoen om te worden beoordeeld als *'lege artis'*.

## Driehoeksrelatie

Om de forensische radiologie effectief te laten zijn, zijn drie elementen essentieel: radiologie, strafrecht en communicatie. Van belang daarbij is dat de betrokken partijen, zijnde de radioloog en de strafjuristen, veel verstand hebben van hun eigen vak en beperkt verstand hebben van 'het andere vak'. Voor dat laatste speelt de communicatie een cruciale rol.

De grote uitdaging voor de radioloog is niet hoe hij de boodschap overbrengt die hij zelf van belang vindt, maar hoe hij het OM en de strafrechter die informatie verschaft die nodig is om de beslissingen in het strafrecht te kunnen nemen. De grote uitdaging voor het OM is niet om de vragen beantwoord te krijgen die het heeft, maar om de juiste vragen te stel-

**Het doel van de forensische radiologie is het laten schijnen van licht op een situatie zodat er een afbeelding ontstaat die het Openbaar Ministerie en de rechter verduidelijking brengt in een (mogelijke) strafzaak. Om de forensische radiologie effectief te laten zijn, zijn drie elementen essentieel: radiologie, strafrecht en communicatie.**

len en daarmee een antwoord te krijgen op die vragen die strafrechtelijk relevant zijn. De grote uitdaging voor de rechter is te weten of de juiste vragen zijn gesteld en of het juiste antwoord is gegeven. De drie partijen moeten dus min of meer in de huid van de ander kruipen om te komen tot zinvolle communicatie. Voor de officier van justitie en de rechter is dat een simpel spel. Zij lezen beide hetzelfde wetboek en volgen dezelfde regels. Voor juristen en radiologen is een moeizaam proces waarin het kennen van elkaars wereld een voorwaarde is.

## Weergave of illusie?

Over radiologie en de verschillende technieken en waar die aan bij kunnen dragen ga ik in MemoRad niets zeggen. De lezers

vooral wat er normaal is. Degene die het plaatje ziet, maakt zich vervolgens een voorstelling van wat hij denkt te zien. Bekend is natuurlijk dat het met de moderne techniek mogelijk is om van 2D naar 3D te gaan. Daarmee wordt het al veel eenvoudiger om te begrijpen wat moet worden gezien. Dat maakt het ook veel eenvoudiger om een illusie voor te spiegelen.

## Feitelijke waarnemingen

Een wezenlijk ander probleem met forensische radiologie is de interpretatie van de feitelijke waarnemingen. Wanneer eenmaal een breuk is waargenomen, is er dan iets te zeggen over accidenteel of toegebracht? De beste manier om dat te doen, is het spiegelen aan de literatuur. Er is veel literatuur over radiologische

'Forensische radiologie wordt  
twee keer geprojecteerd:  
op een foto en op het oog van de jurist'

weten daar zonder enige twijfel veel meer van dan ik. Om met de beeldspraak van Plato te spreken: radiologie kan slechts een weergave zijn van de werkelijkheid<sup>1</sup>. Bedenk wel dat wat we zien, ook een weergave is van de werkelijkheid. De forensische radiologie heeft de handicap dat het twee keer geprojecteerd wordt. Eerst op een 'foto', en dan op het oog van de jurist die het moet begrijpen.

Radiologische plaatjes zijn moeilijk voor de radiologische leek. Om het plaatje te begrijpen moet eerst duidelijk zijn vanuit welke hoek er tegen het lichaam wordt aangekeken, wat er wordt afgebeeld en

bevindingen in relatie tot de verklaringen van slachtoffers of omstanders. Die verklaringen roepen altijd de vraag op of dat wat wordt verklaard de waarheid is; is dit de *ground truth*? Zolang dit onbekend is, is de waarde van de literatuur relatief.

Er is weinig literatuur over vastgelegde incidenten en de radiologisch waar te nemen gevolgen. Deze literatuur komt dicht bij de ground truth. Het doen van een forensisch medische gerandomiseerde *trial*, waarbij handelingen worden verricht en vervolgens wordt gekeken of, en zo ja welk radiologisch waarneembaar letsel optreedt, is juridisch, ethisch en medisch

niet verantwoord. En dat is een logische, maar desalniettemin lastige beperking van de forensische radiologie.

## Essentiële vragen

Strafrecht gaat over het voeren van een eerlijk proces over een vermoeden van een strafbaar feit dat is gerezen ten aanzien van een persoon. Wanneer forensische radiologie een rol speelt, gaat dat om een strafbaar feit waarbij een (al dan niet overleden) slachtoffer aan te wijzen is. Strafrechtelijk onderzoek is essentieel om het feit te onderzoeken en te komen tot een verdenking ten aanzien van een

beantwoorden:

- is het feit, zoals ten laste gelegd, be-  
wezen?
- welke strafbaar feit levert dit volgens  
de wet op?
- is de dader strafbaar?
- moet er straf volgen en zo ja welke  
straf?

## Deskundigenrapport

Forensische radiologie speelt met name bij de eerste en tweede vraag een rol en op deze vragen gaat dit artikel in. De basis voor de terechtzitting is de tenlastelegging. Het OM formuleert de tenlasteleg-

ging. Deze kan weliswaar wijzigen tijdens het gehele zittingsproces (ook in hoger beroep), maar moet wel blijven gaan om 'hetzelfde feit'. De tenlastelegging bepaalt in hoge mate de inhoud van het strafdossier, die ook wordt vastgesteld door het OM en vervolgens wordt gedeeld met de rechter en de verdediging. De inhoud van het dossier is bepalend voor de inhoud van het gesprek tijdens de zitting, geleid door de voorzittende rechter. Een fout of misverstand in het dossier kan dus grote gevolgen hebben voor het verloop van de zitting en vervolgens voor de uitspraak.

zware mishandeling of 'eenvoudige mishandeling'. De rechter gebruikt de radiologische informatie om te beoordelen of het feit be-  
wezen is. De rechter is vrij om het bewijs te kiezen en hoeft dat ook niet te motiveren<sup>5</sup>. De rechter moet elk woord in de tenlastelegging bewijzen. Is een woord niet te bewijzen, dan kan hij of dat woord uit de bewezenverklaring strepen of is het feit niet bewezen. Dus als er staat dat er tien ribbreuken zijn en de radioloog zegt elf breuken, dan blijft over 'ribbreuken'. De ernst van het feit geduid door getal elf valt daarmee weg uit de bewezenverklaring. En dat kan zo maar eens gevolgen hebben voor het strafbare feit dat dit oplevert. Is het dan mishandeling of zware mishandeling? Die beslissing is aan de rechter<sup>6</sup>.

## Dezelfde taal spreken

Communicatie is iets gemeenschappelijk maken<sup>7</sup>. Communicatie gaat over het uitzenden en ontvangen van een boodschap. Zoals algemeen bekend is dat niet per definitie hetzelfde. De zender heeft een bedoeling met de boodschap die niet bekend is bij de ontvanger. De ontvanger heeft een context waarin hij zich begeeft en die maakt dat hij de boodschap op een bepaalde manier interpreteert.

Wat kan helpen om de boodschap over te brengen, is om dezelfde taal te spreken. In het forensisch-medische is dat dus medisch Nederlands voor leken. Daarom is er een bloeduitstorting in plaats van een hematoom, een kneuzing in plaats van een contusie en een breuk in plaats van een fractuur. Het gebruik van hetzelfde woord is zeker nog geen garantie voor heldere communicatie. Om te beginnen zijn er woorden die juristen totaal an-

## 'De vraag is: is het radiologische fenomeen een ziekte of een letsel?'

persoon, de verdachte. Om te komen tot het aanwijzen van een verdachte zijn er allerlei vragen die meestal betrekking hebben op het slachtoffer.

Een eerste essentiële vraag is of het wel een slachtoffer van een strafbaar feit is. Een persoon kan allerlei lichamelijke schade hebben, maar desalniettemin geen slachtoffer van een strafbaar feit zijn. Te denken valt aan de situatie waarin een persoon schade heeft door een ziekte of door een ongeval waarbij geen andere persoon betrokken was. De kernvraag van het strafrecht is of er verwijtbaarheid is. Is er geen verwijtbaarheid, dan is er voor het strafrecht geen rol. De vraag die hieruit voortkomt voor de forensisch radioloog is of het radiologische fenomeen dat hij ziet een ziekte is of een letsel. Indien dat laatste het geval is, is de vervolgvraag of het letsel accidenteel of toegebracht is. Wanneer sprake is van een ziekte of een ongeval zonder verwijtbaarheid aan een derde, dan is er voor het strafrecht geen plaats. Dat betekent dat het OM de zaak seponereert: de verdachte wordt niet vervolgd. Speelt de vraag over ziekte, accidenteel of toegebracht, pas in de rechtszaal, dan moet dit, bij de constatering dat het letsel niet is toegebracht, leiden tot de uitspraak: niet-ontvankelijkheid van het OM<sup>2</sup>.

Gaat het OM over tot vervolging, dan beoordeelt de rechter of aan de formaliteiten is voldaan<sup>3</sup>. Vervolgens zijn er in dwingende volgorde vier vragen<sup>4</sup> te

beantwoorden:

In het dossier zitten, indien het gaat om een slachtoffer met aanzienlijke schade, naast allerlei proces-verbalen van verho-

ren van verdachte(n) en getuige(n) en van forensisch en tactisch onderzoek, vaak deskundigenrapporten. Die rapporten zijn opgemaakt gedurende het strafrechtelijke onderzoek en hebben richting gegeven aan de tenlastelegging. Op basis van deskundigenrapporten wordt besloten of gekozen wordt voor vervolging voor een poging tot doodslag of een (poging tot)

ders interpreteren dan medici. Een foetus is voor een arts een ongeborene na drie maanden zwangerschapsduur. Voor een jurist is elke ongeborene, onafhankelijk van de leeftijd een foetus<sup>8</sup>. Het woord vagina betekent voor de medicus schede. De jurist noemt alles tussen de venusheuvel, de schaamlippen en de schede vagina<sup>9</sup>. ▶

## 'Dezelfde taal spreken kan helpen, dus een bloeduitstorting in plaats van een hematoom'



Ook de medici doen iets dergelijks. Het woord contusie, vertaald als kneuzing, heeft afhankelijk van de plaats op het lichaam een geheel andere betekenis. Hoewel een kneuzing van de arm hetzelfde klinkt als een kneuzing van de nier of lever, is de impact geheel anders. En de uitleg van het woord 'hersenschudding' is voor de jurist voldoende om hoofdpijn te krijgen. Om dezelfde taal te spreken, volstaat het niet om hetzelfde woord te gebruiken.

dwongen dichter naar elkaar toe kruipen. Met toevoeging van adequate communicatie is een deel van de obstakels tussen de twee werelden op te lossen, maar zeker niet alles. De forensisch radioloog moet ook zeker niet de illusie hebben dat alles wat hij zegt ook daadwerkelijk wordt begrepen. Om inzicht te krijgen in wat de rechter begrijpt, verdient het de aanbeveling om een uitspraak te lezen waarin de forensisch radioloog als deskundige heeft gerapporteerd.

Ten overvloede: deskundigen winnen of verliezen niet. Een vrijspraak of veroordeling zegt niets over de kwaliteit van het werk van de deskundige.

## Conclusie

Het strafrecht floreert bij forensische radiologie die in communicatie staat met het strafrecht. Communicatie begint bij het realiseren dat de partijen niet dezelfde taal spreken. De volgende stap in communicatie is het overeenstemming bereiken over de te stellen vragen. Pas als de juiste vragen zijn gesteld kan dit bijdragen tot een antwoord dat moet leiden tot het vinden van de waarheid. Die waarheidsvinding is de basis van een rechtvaardige uitspraak.

## 'Ga in gesprek over de vraag die de jurist beantwoord wil hebben'

Mochten radiologen en juristen het al eens worden over de taal, dan is de volgende horde de vraag die beantwoord moet worden. Om te komen tot een 'goede vraag' is er begrip nodig van de strafrechtelijke context van waaruit de vraag wordt gesteld. Het verdient aanbeveling om over de vraag in gesprek te treden. Hierbij verwoordt de jurist vanuit zijn optiek wat hij wil weten en de radioloog geeft zijn mogelijkheden en ook zeker zijn beperkingen aan. Vragen kunnen zeker *Bayesiaans* worden geformuleerd, en in de ogen van medici is dat misschien ook wel de beste formulering. Het antwoord op de vraag wordt dan: de bevinding is waarschijnlijker onder hypothese 1 dan onder hypothese 2'. Het antwoord vraagt wel een begrip van de methode aan de kant van de jurist. *The proof of the pudding is the eating*. De ervaring leert dat een Bayesiaans geformuleerd antwoord zomaar kan ontaarden in de conclusie 'dat de deskundige hypothese 1 waarschijnlijker acht dan hypothese 2'. Als de correctie door de deskundige dan oplevert dat de rechter zegt: 'Dat bedoelde ik ook', dan weet de deskundige vrijwel zeker dat hij niet begrepen is.

### Taal van de rechter

Het is zeker niet simpel om als forensisch radioloog op de juiste wijze informatie toe te voegen aan de strafprocedure zodat de rechter dichterbij de waarheid komt. De werelden zijn gescheiden. Een deel van de oplossing is dat de werelden noodge-

De vertaling van wat er geschreven wordt, is als volgt:

- *'Het rapport wordt terzijde gelegd'*<sup>10</sup>, betekent: de rechter begrijpt het rapport niet omdat het te moeilijk is of de rechter is het totaal met de rapporteur oneens.
- *'De rechter neemt de conclusies uit het rapport over'* betekent: de rechter is het met de rapporteur eens. Worden bepaalde zinnen gedeeltelijk gebruikt of op een onjuiste manier achter elkaar geplaatst, dan heeft de rechter de deskundige niet begrepen.
- *'De conclusies worden niet overgenomen'*<sup>11</sup> betekent: de rechter is het oneens met de deskundige en zal vaak uitleggen waarom.

### Wilma Duijst

forensisch arts en bijzonder hoogleraar Criminal Law and Criminology aan universiteit Maastricht

### Literatuur

1. Plato, Zevende boek van de Staat, de allegorie van de grot.
2. W. Duijst, De devaluatie van de ontvanke-lijkheidsvraag, NJB 2016/2117.
3. art. 348 Wetboek van Strafvordering, SV
4. art. 350 Wetboek van Strafvordering, SV
5. ECLI:NL:GHARL:2013:9740.
6. ECLI:NL:HR:2018:1051.
7. H. Tromp, Master thesis: Communicating expertise: The expert witness in Dutch criminal law. Hedwig Tromp Wageningen University. Thesis Code: COM 80530.
8. Art. 1sub c Wet foetaal weefsel.
9. ECLI:NL:GHARL:2013:CA3787. Seksueel binnendringen is het aanraken van de kleine schaamlippen.
10. Zie ECLI:NL:RBHAA:2008:BG5400 en ECLI:NL:RBUTR:2010:BL5305, waarin de raadsman voorstelt om een deskundigenrapport terzijde te leggen. De rechtbank legt het rapport terzijde: ECLI:NL:GHARL:2016:8647.
11. ECLI:NL:RBMAA:2011:BT2687.

## 'Heb niet de illusie dat alles wat je zegt ook daadwerkelijk wordt begrepen'

- *'De rechter middelt de uitspraken van uw rapport met die van een andere deskundige terwijl die rapporten met elkaar in tegenspraak zijn'*, betekent: de rechter heeft een of beide rapporten niet begrepen.
- *'De rechter kan op basis van de rapporten niet tot een conclusie komen'*, betekent dat alle rapporten niet hebben bijgedragen aan het vinden van de waarheid.

**(VERMEENDE) DIERENMISHANDELING****Anders dan bij mensen,  
net zo waardevol**

Monique Verkerk



Frank van de Goot

**Radiologie in het kader van forensisch dierenonderzoek heeft een wezenlijke indicatie nodig bij zaken waar weinig juridische roering is. De antwoorden moeten, zowel bij positieve als bij negatieve bevindingen, een meerwaarde hebben boven het niet doen van het onderzoek. Dit artikel belicht enkele goede voorbeelden die het belang van forensisch onderzoek bij dieren onderstrepen.**

**R**adiologie in het kader van humaan forensisch onderzoek wordt merkwaardig genoeg eigenlijk pas sinds circa tien à vijftien jaar echt systematisch toegepast. Weliswaar werd ook voor die tijd regelmatig met een C-boog een opname gemaakt, echter was dat vrijwel altijd in het kader van het aantonen van projectielen of een enkele keer het voorafgaande aan de sectie vaststellen van reeds aanwezig vaatletsel (contrastopnames). Forensisch onderzoek in het kader van dierenmishandeling is eigenlijk nog veel jonger, laat staan radiologisch onderzoek in het kader van dierenmishandeling.

In 2011 richtten humaan klinisch en forensisch patholoog Frank van de Goot en algemeen en forensisch dierenarts Monique Verkerk gezamenlijk de Stichting Forensisch Dierenonderzoek (FDOZ) op. Dit was overigens jaren voordat de overheid zelf het Landelijk Expertisecentrum Dierenmishandeling (LED) in het leven riep. Van de Goot en Verkerk vonden het schrijnend om te zien dat vrijwel alle dierenzaken werden geseponeerd wegens kosten of gebrek aan capaciteit. Omdat dit soort zaken in eerste instantie bij Justitie komt te liggen, is het vanzelfsprekend dat in eerste instantie justitiële belangen de boventoon voeren. Als het kostenaspect

het justitieel belang overstijgt, wordt een zaak gesloten. Dat is begrijpelijk: het is nu eenmaal niet mogelijk om al die duizenden zaken te onderzoeken.

**Emotioneel beladen**

Anderzijds worden we regelmatig geconfronteerd met achterdocht, ruzie of bedreigingen als de zaak voor Justitie is gesloten, maar de maatschappelijke onrust onverminderd aanwezig blijft. Dierenzaken hebben nu eenmaal vaak een zware emotionele lading. Als voorbeeld: een junk met een staffordshire terriër werd ervan verdacht dat zijn hond een andere hond had doodgebeten. Ofschoon het fysiek niet mogelijk was dat de man met zijn hond op dat moment ook maar in de buurt van het voorval kon zijn, was de maatschappelijke veroordeling compleet. Verwensingen, stenen naar zijn hoofd, etc. De maatschappij heeft nu eenmaal niet de terughoudendheid in het oordelen die het strafrecht *grosso modo* wel aanhoudt. Met het FDOZ wilden Van de Goot en Verkerk juist bij dit soort zaken behulpzaam kunnen zijn.

Hoewel er weinig onderscheid zou moeten zijn bij forensisch onderzoek tussen mensen en dieren, is er terdege een wereld van verschil. Natuurlijk, als het om een *high profile*-zaak gaat, bijvoorbeeld

een prijswinnend renpaard dat is gedood, worden diezelfde normen zeker aangehouden. Bij het aantreffen van een dode kat kan echter niemand verwachten dat daar een compleet team van de forensische opsporing mee aan de slag gaat. Ook is het is ondenkbaar dat een miljoenenonderzoek zoals in de zaak van Nicky Verstappen, met het afnemen en bepalen van duizenden DNA-testen, wordt ingezet bij een dode hond.

**Iets of niets**

Forensisch onderzoek in het kader van dierenmishandeling kenmerkt zich door termen als goedkoop en bovenal snel onderscheid maken tussen: is het iets of is het niets? Er ligt bijvoorbeeld een dode hond aan de kant van de weg, bij een situatie van ruziënde burens. Is het dier dan onder een auto gekomen... of is het dier doodgeslagen en gedumpt? Dat zijn primaire vragen die bij dit soort onderzoek de boventoon voeren met in het achterhoofd: is het iets, dan moeten de onderzoeksresultaten tot dan toe bruikbaar zijn voor verder vervolg. Bij een standaardonderzoek, waarvoor het FDOZ rond de 250 euro per dier in rekening brengt, blijkt dat binnen de grenzen van de redelijkheid veel zaken wezenlijk in kaart zijn te brengen.



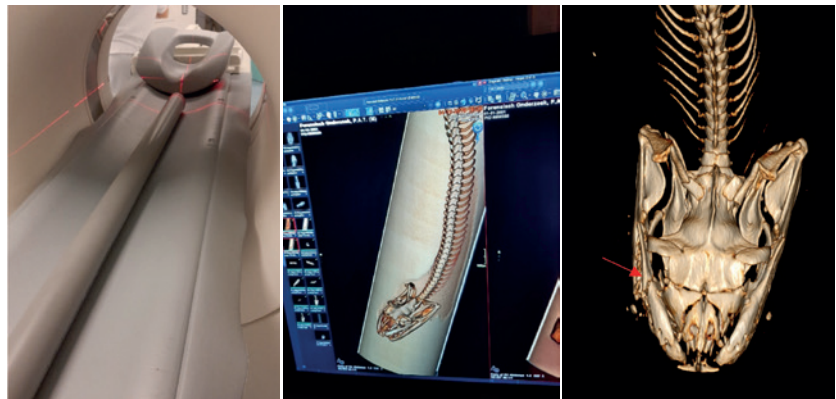
## Verbrande slak

Overigens denkt menigeen bij het horen van de term dierenmishandeling aan zielelijke honden, katten en paarden. Hoe hoger de aibaarheidsfactor van het dier, hoe groter de maatschappelijke onrust als het dier wordt mishandeld. Het FDOZ kijkt echter verder dan alleen dat soort zaken. Zo schakelde een vader het FDOZ in: zijn kind was met een vergrootglas slakken aan het verbranden, maar ontkende in alle toonaarden dat het levende slakken martelde. De vader wilde weten of de slakken nog in leven waren ten tijde van de verbranding. Met een eenvoudig histologisch onderzoek (45 euro) konden in het weefsel vitale wondreacties worden aangetoond, indicatief voor het bij leven verbranden. De vader heeft het kind aangesproken dat dit soort gedrag zeer onwenselijk is. Juridisch valt hier niet veel te halen maar uit oogpunt van maatschappelijk belang is het vroeg onderkennen van dit soort gedrag essentieel.

Na deze inleiding is het vanzelfsprekend dat radiologie in het kader van dierenmishandeling bij zaken waar weinig juridische roering is een wezenlijke indicatie moet hebben en de antwoorden moeten (zowel bij positieve als bij negatieve bevindingen) een meerwaarde hebben boven het niet doen van het onderzoek. Zo is een CT-scan met overeenkomende kosten niet nodig als het dier toch verder in kaart wordt gebracht. Dan kun je ook gewoon de ribben van de binnenzijde bekijken om te oordelen of er breuken zijn. Bij forensisch onderzoek in het kader van dierenmishandeling komen een drietal technieken naar voren die hebben uitgezeten een meerwaarde te hebben, zoals de volgende casus illustreren.

## 1 ste zaak: de slang

Onlangs werd in een afvalcontainer een circa vier meter lange boa constrictor aangetroffen. Het dier was gewond. Ondanks veterinaire hulp bleek de zaak verloren; het dier werd geëuthanaseerd en de vraag van de dierenpolitie was of er letsels aan het dier zichtbaar waren te maken. De dierenarts had reeds gezien dat er een breuk van de kaak was. De vraag was daarbij of er ribbreuken aanwijsbaar waren, iets dat zou wijzen op mechanisch geweld. Daar een dergelijk slang een vrijwel ontelbaar aantal ribben heeft is de gebruikelijke visuele inspectie een heikele zaak. Na overleg met een afdeling radiologie was het advies een CT-scan te maken met de nadruk op breuk van amper verbeend materiaal.



Zaak 1. De regenpijp.

Overzicht.

Breuk rechterkaak.

Het eerste om rekening mee te houden, is dat het onwenselijk is om met een slang een ziekenhuis binnen te gaan. In overleg met diverse instanties mag een dergelijk onderzoek nooit interfereren met patiëntenbelangen en kan alleen doorgaan als het dier hermetisch verpakt is. De zaak werd 's avonds gepland, buiten de patiëntenzorg-uren. In deze zaak was een 10 cm PVC-regenpijp met twee sluitdoppen de ideale manier van verpakken en transport.

De PVC-pijp had geen invloed op de beeldvorming en door de gestrekte positie waren alle ribben goed te beoordelen. De door de dierenarts waargenomen breuk van de kaak was te bevestigen en in overleg met de dienstdoend radioloog waren er daadwerkelijk meerdere ribbreu-

ken aanwijsbaar. Voor de dierenpolitie is het van essentieel belang dit soort informatie snel beschikbaar te hebben. Het rap confronteren van een verdachte met bewijs heeft een absolute meerwaarde in het onderzoek.

## 2 de zaak: de pulletjes

Lastiger wordt het om dit soort onderzoeken te laten doen bij 'simpele' zaken. Er kwam een melding van een paar kinderen die pulletjes (eendenkuikens) aan het vertrappen zouden zijn. De politie vroeg of er was aan te tonen dat er geweld op de dieren was uitgeoefend. Iets dat essentieel is voordat ouders en kinderen worden aangesproken. Bij een dergelijke zaak kan niet aangekomen worden met onderzoekskosten die in de duizenden euro's lopen. Het gaat om een-



Zaak 2. De pulletjes bij aanleveren.

Eerste overzicht.



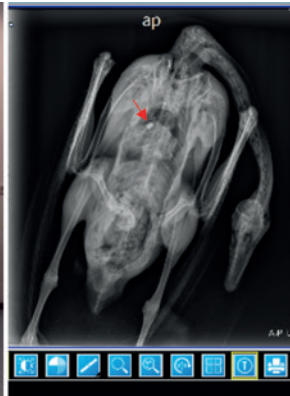
Breuk van een van de pijpbeentjes.

Breuk van de snavel.

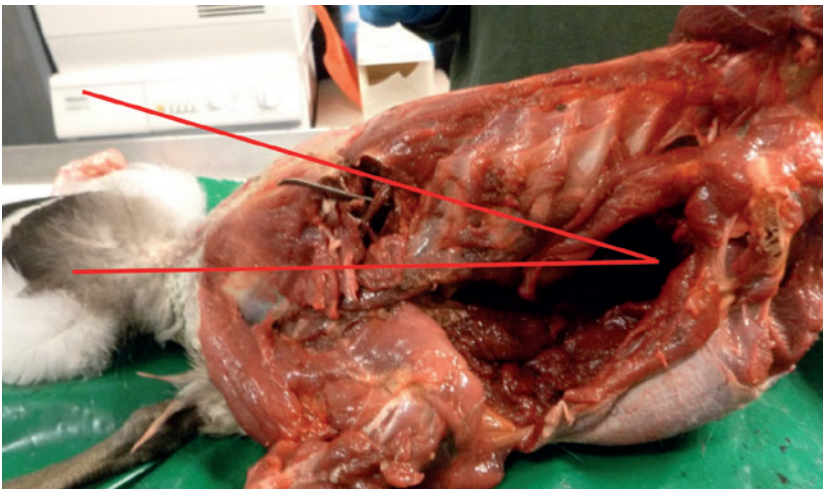




Zaak 3. Het dier bij aanleveren.



Simpele doorlichting.



Reconstructie van de hoek van inschot.

denkuikens, geen hoog verzekerde renpaarden en het gaat om minderjarige verdachten. Daar komt bij dat het technisch dicht krijgen van een dergelijke zaak een heikele kwestie wordt. Er zijn slechts ooggetuigen en verder weinig tot niets dat de kinderen aan de zaak kan koppelen.

Extra lastig is dat eendenkuikens ook al bij geringe stress dood kunnen blijven. Het feit dat de kinderen nabij de kuikens zijn gezien, betekent niet dat zij ook iets met de dood te maken hebben.

Overleg met de afdeling radiologie leverde op dat met een CT-scan, speciaal lettende op moeilijk zichtbare (*greenstick*-achtige) breuken, wellicht antwoorden konden verschaffen. De eendenkuikens werden op een plastic plaat vastgeplakt en hermetisch verpakt.

Bij het onderzoek bleek dat als men wist waarnaar te zoeken, er daadwerkelijk bij meerdere dieren breuken waren aan te wijzen. Met name de aanwezigheid van de breuk van enkele pijpbeenderen (onderbreken van de cortex) was zeer suggestief voor mechanische geweldinwerking.

Aanvullende sectie waarbij specifiek de plaatsen waar met de scan breuk werd vermoed werd geopend leverde geringe bloeditstorting op, hetgeen een aanwijzing is dat de dieren bij oplopen van de breuken nog in leven waren. De politie kon ouders en kinderen vervolgens aanspreken op het gedrag en te hopen is dat een dergelijk voorval zich niet nogmaals voordoet.

Het gaat in dit soort zaken niet om hoogdravende veroordelingen te verkrijgen, maar om het maatschappelijk belang: voorkomen dat dit soort zaken zich herhalen en het corrigeren van kinderen dat dergelijk gedrag niet door de beugel kan.

### 3 de zaak: de gans

Omstanders hadden gezien dat iemand met een luchtbuik een gans dood zou hebben geschoten. Het dier zat volgens de getuigen op haar nest. De vraagstelling bij deze zaak was enerzijds eenvoudig: zitten er kogels in het dier? Anderzijds komt hier een tweede aspect bij kijken: is er een uitspraak mogelijk over de schotbaan en daarmee de positie van de schutter?

Voor dit onderzoek was een eenvoudige doorlichting voldoende. Ook dit dier is hermetisch verpakt en aangebonden. Hierbij namen de onderzoekers een 4,5 mm diabolo luchtbuikspatroom waar. Na het positioneren van het dier in de situatie die was waargenomen door de getuigen, was de hoek van inschot te herleiden. De driehoek die dan ontstaat, geeft ter plaatse van de overstaande zijde de positie van de schutter. Gemeten over circa 180 cm was vervolgens een tuin aan te wijzen welke in aanmerking kwam als locatie. Ook hier kon iemand worden aangehouden die na enig verweer bekende. Een forse boete was het gevolg.

### Samenvatting

Deze drie zaken geven een goede kijk in de meerwaarde van radiologie in het kader van forensisch dierenonderzoek. Centraal staat dat bij dit soort onderzoeken het woord 'redelijkerwijs' komt kijken. Wat wil je weten en wat ga je met de uitslagen doen? Doe je iets anders als je de uitslagen niet hebt?

Het doen van radiologisch onderzoek, zeker als de patholoog, dierenarts en radioloog direct naar de beelden kunnen kijken, kan zeer snel essentiële antwoorden verschaffen die kunnen leiden tot verder onderzoek of zelfs opschalen. Bovendien kan dit soort onderzoek ook snel antwoorden leveren die uitwijzen dat iets dat werd verondersteld, niet aan de hand is. Met name bij maatschappelijke onrust na vermeende dierenmishandeling is het vlot leveren van duidelijkheid van onschatbare waarde.

Waar bij de humane forensische radiologie de kosten al snel oplopen, kan daar bij radiologisch onderzoek bij vermeende dierenmishandeling geen sprake van zijn. Als voor dergelijk onderzoek de gewone tarieven gelden zoals voor standaard klinisch radiologisch onderzoek, is met de nodige goodwill van alle betrokken partijen ook gewone, niet hoog verzekerde mishandelde dieren goed in kaart te brengen. Of het nu een hond, kat, konijn of een gekookt slakje betreft. Het zijn allemaal levende wezens met hun eigen intrinsieke waarde.

**Frank van de Goot**

humaan klinisch en forensisch patholoog  
**Monique Verkerk**  
algemeen en forensisch dierenarts

GRANAATSCHERVEN EN METALEN VOORWERPEN  
SNEL OPSPOREN MET RÖNTGENDe boloscoop kwam precies  
op het juiste moment

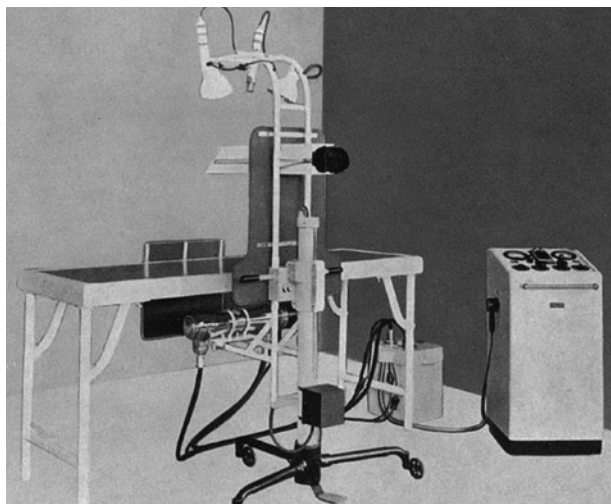
Frans Zonneveld

**R**öntgenoloog G.J. van der Plaats (1903-1995), werkzaam in het ziekenhuis Calvariënberg te Maastricht<sup>1</sup> ontwikkelde de boloscoop (figuur 1<sup>2,3</sup>) in samenwerking met Philips in 1939 en 1940. In referentie 2 beschrijft hij treffend hoe hij op het idee kwam. Tijdens de Eerste Wereldoorlog bracht de elektro-vibrator het corpus alienum in trilling om het te lokaliseren<sup>4</sup>. Er waren ook al radiologische methoden om corpora aliena op te sporen (noot 1), maar die waren omslachtig en tijdrovend<sup>5-9</sup>. Zowel voor de radiooloog als voor de chirurg, die in geval van doorlichting, kans liepen op blootstelling aan een flinke dosis röntgenstraling. Van der Plaats bedacht toen dat de röntgenstralen uit verschillende richtingen, die het corpus alienum doorsneden, tijdens de operatie waren te vervangen door twee elkaar snijdende lichtbundeltjes. Nadat Philips dit idee concretiseerde, presenteerde A. Bouwers op de wetenschappelijke vergadering van onze vereniging op 27 april 1940 de boloscoop ('kogelzoeker') en de werking ervan<sup>10,11</sup>. Op 29 november 1941 heeft van der Plaats zelf nog een keer een presentatie over de boloscoop gegeven<sup>12</sup>.

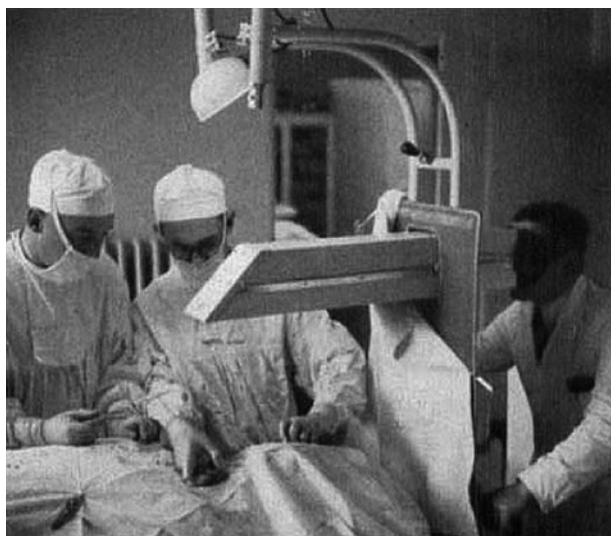
**Voordelen****De boloscoop:**

1. is een intra-operatieve methode (figuur 2) terwijl vroeger eerst de lokalisatie plaatsvond en daarna de operatie.

In de Tweede Wereldoorlog vierde de net uitgevonden boloscoop hoogtijdagen. Met dit apparaat werd het mogelijk om langs radiologische weg corpora aliena op te sporen, en zonder gebruik van stralen door de chirurg te laten verwijderen.



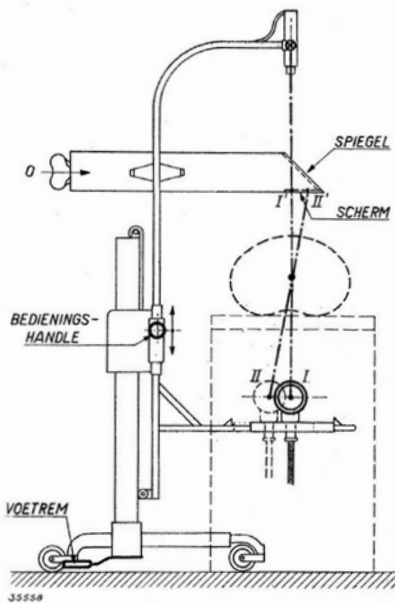
**Figuur 1.**  
Systeemoverzicht van de boloscoop.



**Figuur 2.**  
Intra-operatief gebruik van de boloscoop.

**Noot 1:** De oudere methoden beruisten op het maken van twee röntgenopnames, welke stereoscopisch bekeken of uitgemeten werden. In het tweede geval waren dit over het algemeen twee loodrecht op elkaar staande opnamen.

2. vereist geen donkere omgeving dankzij het gebruik van een cryptoscoop<sup>15</sup>.
3. werkt met een relatief smal stralenveld waardoor er veel minder strooi-straling is.
4. vervangt tijdens de operatie de röntgenstralen door lichtbundeltjes zodat de chirurg stralingsvrij kan handelen.
5. bezit een kalibratieprocedure om de accuratesse te controleren (noot 2).



Figuur 3. Schema van de boloscoop.

### Hoe werkt het?

De boloscoop (fig. 3) kan vrij over de vloer rollen terwijl de trolley met de patiënt is gefixeerd. De röntgenbuis wordt gefixeerd in stand I en daarmee bevindt het focuspunt zich recht onder merkteken I' op het fluorescentscherm. De röntgenoloog kijkt door oculair O, doorlicht de patiënt en verrijdt de boloscoop zodanig dat de projectie van het corpus alienum samenvalt met merkteken I' (hij ziet dit via de schuinstaande spiegel). Zodra dit het geval is, drukt hij de voetrem in en fixeert de boloscoop. Het corpus alienum bevindt zich nu recht onder of boven het snijpunt van de twee lichtbundeltjes. Vervolgens verschuift de röntgenoloog de röntgenbuis over een vaste afstand (tegen een aanslag) horizontaal naar positie II. Dan verplaatst de röntgenoloog met de bedieningshendel het bovendee van de boloscoop met de twee lichtbundels, de röntgenbuis en de cryptoscoop in verticale richting, totdat de projectie van het corpus alienum op het fluorescentscherm



Figuur 4. De boloscoop in gebruik in de Calvariëenberg in 1943.

precies samenvalt met merkteken II'. Op dat moment wordt de bedieningshendel vastgezet en is het moment bereikt dat het snijpunt van de twee lichtbundeltjes precies samenvalt met de positie van het corpus alienum. Nu wordt de cryptoscoop, die verplaatsbaar is langs rails, naar achteren getrokken en gefixeerd. Dit schept ruimte voor chirurgische toegang tot de patiënt. Na een controle die een tiental seconden duurt kan de chirurg op geleide van de lichtbundeltjes opereren en vindt

het corpus alienum op het snijpunt van de bundeltjes.

### Hoe verging het de boloscoop?

Van der Plaats heeft zelf veel ervaring kunnen opdoen met het gebruik van de boloscoop, omdat er in Maastricht veel oorlogsgewonden waren (fig. 4). Hoewel het Duitse Siemens had gezegd dat ze alles konden leveren wat nodig was, hadden ze geen boloscoop. Dat gaf Philips Röntgen tijdens de oorlog bestaans- ▶

## Rode bril



In het tijdperk voor het gebruik van de beeldversterker vanaf 1953, keek de radioloog tijdens het doorlichten naar een fluorescentscherm dat relatief weinig licht gaf. Om het doorlichtbeeld toch goed te kunnen beoordelen, was het noodzakelijk dat zijn of haar ogen aan het lage lichtniveau waren geadapteerd. Dat gebeurde door voor de aanvang van het doorlichtwerk enige tijd (G.J. van der Plaats heeft het in zijn boek over minimaal 15 minuten) een rode bril op te zetten en die vlak voor de aanvang van het werk, als de onderzoekruimte ook was verduisterd, pas weer af te zetten.

**Noot 2:** Ten behoeve van de kalibratie bezit de boloscoop een uitschuifbare naald waarvan men de punt kan laten samenvallen met het snijpunt van de twee lichtbundeltjes. Vervolgens kan men via doorlichting controleren of de schaduw van de naaldpunt netjes samenvalt met de merktekens op het fluorescentscherm.

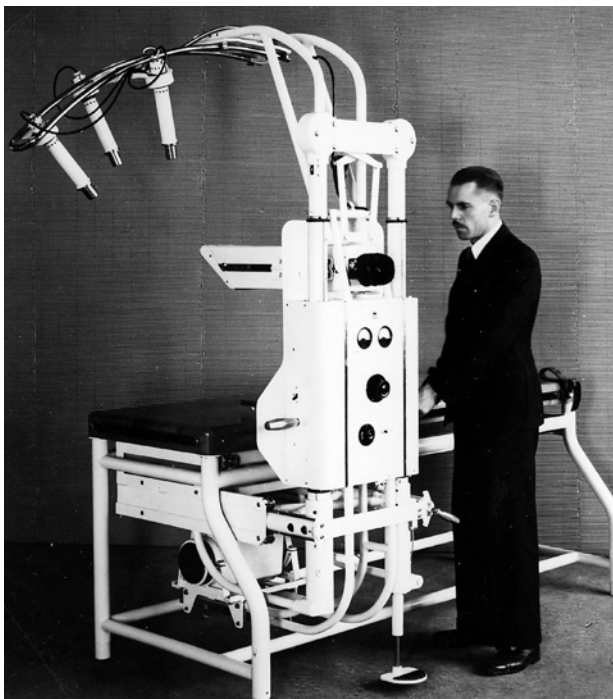




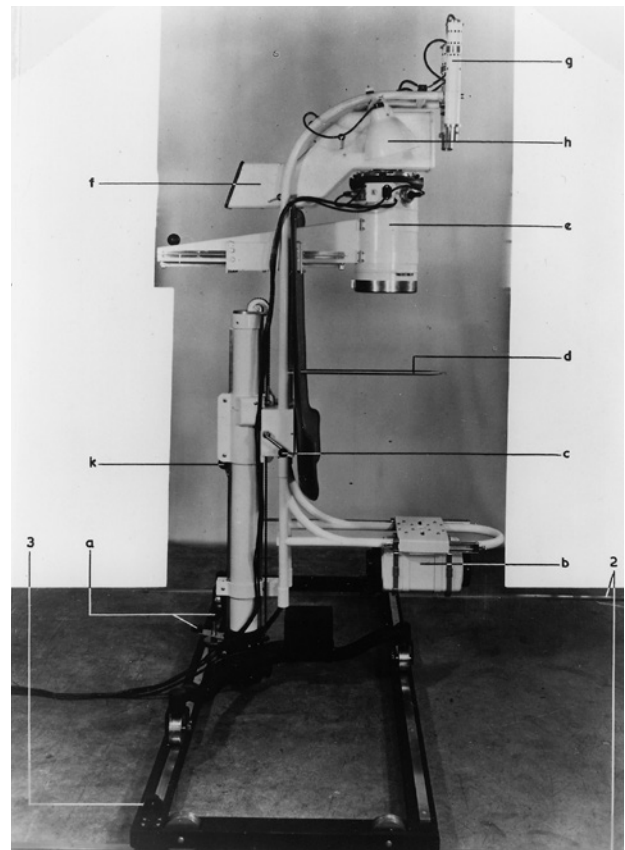
**Figuur 5.**  
Röntgenfoto van de hals met granaatsplinters.

recht<sup>14</sup>. Gedurende de eerste weken dat de boloscoop in Maastricht in bedrijf was (midden 1940) hebben verschillende chirurgen ruim 100 patiënten van zo'n 200 corpora aliena bevrijd. In slechts 5 gevallen is niet tot extractie overgegaan (*noot 3*). De ervaring tijdens de eerste paar maanden van de oorlog heeft uitgewezen dat gebruik van de boloscoop de chirurg in staat stelt binnen enkele minuten het corpus alienum te lokaliseren en te verwijderen.

Van der Plaats heeft zich steeds zo goed mogelijk visueel geadapteerd (*zie figuur 4 en het kader Rode bril*) aan de duisternis van de cryptoscoop, om niet in de verleiding te raken het kV verder op te schroeven waardoor de stralenbelasting te hoog zou worden. Van der Plaats heeft vervolgens zijn vinding en ervaring gepubliceerd<sup>15-18</sup>. In de laatste van deze publicaties worden veel klinische gevallen getoond (*figuur 5*). Dankzij de Duitstalige publicaties en de demonstraties op vele plekken in Duitsland hechtte Duitsland veel waarde aan de boloscoop: de Generalarzt in Den Haag had het apparaat met-



**Figuur 6 en 7.**  
Versie van de Boloscoop waarbij de cryptoscoop is vervangen door een beeldversterkerbuis met periscoop (Alphalix).



**Noot 3:** Bij de eerste patiënt was het vooronderzoek onvoldoende en bleek de splinter zich diep in het collum femoris te hebben geboord. Bij de tweede patiënt zat de splinter niet in het gewrichtskapsel van de knie, maar in het gewricht zelf. Bij de overige patiënten zijn grote splinters verwijderd, maar heeft de chirurg de kleintjes laten zitten. Ten slotte was er nog een geval van een revolverkogel bij de collum femoris die per ongeluk door een tastende vinger in de vaatloze is geschoven.



een, na een demonstratie, 'kriegswichtig' verklaard. Philips kon de boloscopen niet aangesleept krijgen. Het is dan ook niet verwonderlijk dat het boek *Radiology in World War II*<sup>19</sup> een boloscoop beschrijft die de Amerikanen in Duitsland in beslag namen.

Er zijn nog verbeterde versies van de boloscoop gebouwd, waaronder een versie met drie lichtbundeltjes<sup>20</sup> (zie figuur 6) in plaats van twee en een versie waarbij de cryptoscoop is vervangen door een beeldversterkerbuis met periscoop; de zogenaamde *Alphalix* (figuur 7)<sup>20</sup> zodat de radioloog niet meer geadapteerd hoeft te zijn. Maar na de oorlog was er geen em-plooi meer voor de boloscoop en raakte het apparaat in onbruik. ■

**Frans W. Zonneveld**

### Met dank aan

De auteur dankt Ir. J.A.M. Hofman van de Stichting tot behoud van historische Philips-producten voor het ter beschikking stellen van referenties 11 en 14.

## Door de ogen van de patiënt

**Gepensioneerd radioloog Joris Panhuysen ervaarde als zesjarige jongen zelf hoe de boloscoop werkt.**

'Vanaf de bevrijding van Maastricht in september 1944 gebruikten ook de Amerikaanse Geneeskundige Troepen het Calvariënberg in het westen van de stad. Het toeval wilde dat kort daarna bij mij een appendicitis perforeerde. Het lukte de huisarts van mijn ouders mij via de net aangelegde militaire Baileybrug over de Maas ter plaatse van de opgeblazen Sint Servaasbrug van oost naar west over te brengen.

Na de operatie door dr. Roodenburg zag ik bij het wakker worden aan mijn voeteneind een zuster voor een tafel met kruisbeeld tussen twee kaarsen bidden en in extase raken. Ik was het eerste kind dat in Calvariënberg met penicilline werd behandeld, een geneesmiddel dat in Nederland nog niet verkrijgbaar en dus uit de legervoorraden gekregen was. Het zustersje (van ongeveer 1.53 m) vertelde mij tijdens mijn verblijf als coassistent op de afdeling kindergeneeskunde van wat inmiddels St. Annadal was geworden, hoe hard ze hadden moeten bidden om mij beter te laten worden na de eerste operatie, die destijds zelden goed afliep. Ze straalde nog steeds!

Na enige dagen bleek een deel van de naald echter in mijn linkerbil te zijn achtergebleven. Met behulp van de boloscoop werd het voorwerp teruggevonden en chirurgisch verwijderd. Door de beweeglijkheid van de naald was dat nog niet eenvoudig, zoals van der Plaats me ongeveer 25 jaar later tijdens een regionale refereeravond wist te vertellen. Ik heb dan ook niet alleen een fors litteken in mijn buikwand, maar over mijn hele linkerbil.'

### Literatuur

- Hillen H.: Van godshuis naar academisch ziekenhuis. Geschiedenis van het Maastrichts Universitair Medisch Centrum+. Maastricht, UMCM+ (2014)152-159.
- Heijstraten F.M.J.: G.J. van der Plaats. In: De Knecht-van Eekelen A., Panhuysen J.F.M., Rosenbusch G. Door het menselijke vleesch heen. 100 jaar radiodiagnostiek in Nederland, 1895-1995. Rotterdam, Erasmus Publishing (1995)258-266.
- Vellenga, C.J.L.R., Zonneveld F.W.: Geschiedenis van de Maastrichtse radiologie. Memorad 19(2) (2014)14-16.
- Voorhoeve N.: De electro-vibrator als onmisbare gids bij de verwijdering van projectielstukken. NTVG 60-II(12)(1916)1018-1024.
- Grashey R.: Steckschuss und Röntgenstrahlen. Stuttgart, Thieme Verlag (1940).
- Mackenzie Davidson J.: Localization by X-rays and stereoscopy. London, H.K. Lewis & Co. (1916)
- Tiggelen, R. van: Radiology in a trench coat. Military radiology on the western front during the Great War. Chapter 8: The localization of projectiles and their extraction. Brussel, Academia Press (2013)59-73.
- Bartelink D.L.: Röntgendiagnostische hulp bij het verwijderen van projectielen. NTVG 84-IV(47)(1940)4664-4665.
- Bischoff K., Gellinek W.: Geräte für die Anwendung ionisierender Strahlen. Paragraaf  $\mu$  „Fremdkörpersuchgeräte“. In: Vieten H.: Physikalische Grundlagen und Technik, Teil 2, Handbuch der medizinischen Radiologie, Band 1. Berlin, Springer Verlag (1965)243-245.
- Bouwers A.: Een toestel voor de localisatie van projectielen. NTVG 84-IV(47) (1940)4665-4668.
- Bouwers A.: Het localiseren van objecten in het menselijk lichaam. Philips Technisch Tijdschrift 5(11) (1940)321-326.
- Plaats G.J. van der: Ervaringen met den "boloscoop". NTVG 87-III(28/29) (1943)1242-1243.
- Unnik J.G. van, Simon K.J., Zonneveld F.W.: Cryptoscoop; een nieuwe aanwinst voor het Centrum voor Radiologisch Erfgoed. Memorad 24(1)(2019)19-22.
- Brief van G.J. van der Plaats aan F.M. van de Berk (d.d. 23-10-1990) over de geschiedenis van de Boloscoop.
- Plaats G.J. van der: Ervaringen met den boloscoop, het nieuwe toestel voor röntgenologisch localiseren van metalen corpora aliena. NTVG 85-I (1) (1941)26-31.
- Plaats G.J. van der: Lokalisierung metallischer Fremdkörper mittels des „Boloskops“ und dessen Bedeutung für die Kriegschirurgie. Klin. W. Schr. Nr 47 (1940)
- Plaats G.J. van der: Die neueste röntgenologische Hilfsmethode zur operativen Entfernung von Steckschüssen. RöFo 63 (1941)167.
- Plaats G.J. van der: Die heutige Leistung der Röntgenologie in der Steckschussfrage, unter besonderer Berücksichtigung des „Boloskops“. Acta Radiologica, 23(5) (1942)511-532.
- Ahnfeldt A.L.: Radiology in World War II. Washington D.C., U.S.A., Department of the Army (1966)462-463.
- Hondius Boldingh W.: De geschiedenis van Philips Röntgen (1917-1940). Paragraaf 4.38 'De Boloscoop' (1972).

## FORENSISCH-RADIOLOGISCH POLITIEONDERZOEK

## 3D-visualisatie bij schietincidenten



Ingrid Haest



Rob van Kan

**Met de technologische mogelijkheden van radiologische technieken nemen de toepassingen voor het forensisch-technisch onderzoek toe. Ook bij de politie. Zo speelt forensische radiologie een actieve rol in de 3D-visualisatie van een plaats delict. Dit helpt om complexe situaties eenduidig in beeld te brengen en scenario's te ontcrachten of bevestigen.**

In Nederland maken we op twee manieren gebruik van radiologische beeldvorming, namelijk in de vorm van postmortale radiologie<sup>1</sup> en forensische radiologie<sup>2</sup>. We spreken over postmortale radiologie indien de radioloog zijn bevindingen deelt met de patholoog en deze de bevindingen samenvoegt en interpreteert met de bevindingen van de sectie. Hierbij gaat het voornamelijk om skeletletsels, vreemde lichaamsstructuren en gascollecties<sup>1</sup>. Forensische radiologie is een radiologisch onderzoek ten behoeve van de waarheidsvinding binnen het rechtssysteem. Van forensische radiologie spreken we indien de radioloog direct aan de forensische opsporing en de officier van justitie (OvJ) rapporteert. Het radiologisch onderzoek beantwoordt vragen over de doodsoorzaak en de manier van overlijden. Dit betekent dat de radioloog eigen regie voert over het radiologisch onderzoek en dat er binnen het onderzoek de inzet van de CT-scan en de MRI-scan kan plaatsvinden. Forensische radiologie is toe te passen bij levende en overleden slachtoffers. De rechter-commissaris benoemt de radioloog die een deskundigenrapport maakt.

#### Forensisch-technisch onderzoek

Sinds 2009 werken de Nationale Politie (Forensische Opsporing Limburg), Openbaar Ministerie Limburg, de GGD Limburg en het MUMC+ samen in het project Forensische Radiologie. Ondertussen is het project uitgerold binnen alle eenheden in Nederland, met als deelnemende ziekenhuizen het Maastricht Universitair Medisch Centrum, het Meander Medisch Centrum en het Reinier de Graaf ziekenhuis. Inmiddels is zowel in de praktijk als in de wetenschappelijke literatuur aangetoond dat forensische radiologie de kwaliteit en

integriteit van het overlijdensonderzoek en opsporingsonderzoek vergroot. De sectie is niet meer de gouden standaard<sup>3,4,5</sup>. Dit heeft ertoe geleid dat de rol van forensische radiologie verandert. Forensische radiologie is vanaf de opsporing tot de bewijsvoering in te zetten bij strafzaken. De waarde van forensisch-radiologische beeldvorming beperkt zich niet tot het forensisch-medisch onderzoek, maar draagt ook bij aan het forensisch-technisch onderzoek. In dit artikel ligt de focus op het forensisch-technisch onderzoek en met name op de 3D-visualisatie bij dodelijke schietincidenten.

#### Digitaal uitpakken

Forensisch-technisch onderzoek is de verzamelaar voor forensische technieken die zijn in te zetten voor opsporingsonderzoek. In Nederland passen we forensische radiologie toe met de meest uiteenlopende vraagstellingen binnen het technische onderzoek. Een voorbeeld is bij het aantreffen van slachtoffers die op allerlei verschillende wijze verpakt zijn. Van deze slachtoffers wordt eerst een CT-scan gemaakt en vervolgens worden zij 'digitaal uitgepakt'. Dit alles voor enerzijds de veiligheid van de forensische medewerker en anderzijds om het lichaam zo uit te pakken dat zo min mogelijk sporen vernietigd raken.

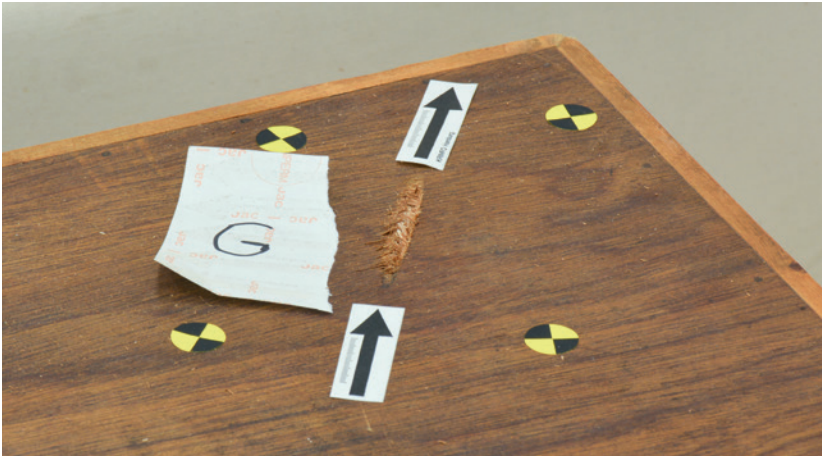
Verder zijn de radiologische beelden te gebruiken om aan de hand van bepaalde fracturen of structuren in het lichaam te zoeken naar eventuele voorwerpen die door de dader gebruikt zijn bij het toebrengen van dergelijk letsel<sup>6</sup>. Daarnaast is het veiligstellen van donorschap van DNA tegenwoordig onvoldoende om de betrokkenheid van een verdachte aan te tonen. De rechter kijkt nu naar hoe waarschijnlijk

het is dat het DNA tijdens het delict op de aangetroffen locatie terecht is gekomen. Bij slachtoffers die mogelijk gewurgd zijn wordt een MRI-scan van de hals gemaakt en wordt op de plaatsen van het aantreffen van de induratie in de hals gerichte DNA-samples genomen. De bewijswaarde van het DNA is hierdoor groter dan DNA op een willekeurige plaats op het lichaam van het slachtoffer. Verder is een van de grote voordelen van het gebruik van forensische radiologie het detecteren van lucht in het lichaam. Het aantonen van bepaalde luchtcollecties kan zelfs al een verschil maken in de strafmaat.

#### Schietincidenten

Forensische radiologie is bovendien in te zetten voor het zichtbaar maken van schotbanen door het lichaam, het berekenen van trajectlengte en het bepalen van ricochets in het lichaam. Uit recente literatuur blijkt dat radiologie superieur is aan de sectie in het bepalen van trajecten door het lichaam<sup>7</sup>. Na een schietincident ondergaat het slachtoffer zo snel mogelijk een CT-scan van het hele lichaam, met reconstructies waarbij gebruik gemaakt wordt van meerdere kernels. Voor de CT-scan worden eerst de aanwezige huiddefecten gemarkeerd. Er wordt in eerste instantie geen MRI-scan gemaakt van het lichaam, want indien er ferromagnetische projectielen of projectielresten in het lichaam aanwezig zijn, maken deze nieuwe trajecten in het lichaam. Dit is niet bevorderlijk voor een reconstructie van het incident<sup>8</sup>.

De direct beschikbare informatie na de scan bestaat uit een beschrijving van de aanwezige metaalfragmenten (kogels of delen van kogels) die zich nog in het lichaam bevinden, het aantal doorschoten door het lichaam en het traject naar een



**Figuur 1.** Schotbeschadiging van een salontafel. De pijlen geven de schotrichting aan.

(gefragmenteerde) kogel. Tevens staat aangegeven of er verschillende soorten kogels zichtbaar zijn. Deze informatie kan direct van belang zijn voor het aanhouden van een plaats delict (PD). Wanneer het aantal hulzen en de kogels niet overeenkomen, moet de forensische opsporing (FO) het onderzoek voortzetten. Bij verschillende soorten kogels is het mogelijk dat de politie moet zoeken naar meerdere daders. Kortom, het gebruik van de radiologische beeldvorming bij forensisch-technisch onderzoek versterkt de informatiepositie van de politie en de OvJ in het opsporingsonderzoek en bij de bewijsvoering.

### 3D-plaats delict

De informatiepositie van de politie en de OvJ is ook belangrijk bij de vervolging van een verdachte. Hiervoor is van belang dat er hypothesen en scenario's zijn te ontcrachten of bevestigen. De reconstructie van een schietincident is doorgaans een complex onderzoek. De forensische opsporing voert het forensisch-technische onderzoek bij een schietincident uit. Zij maken onder andere een 3D-scan van de PD en laten door verschillende deskundigen die schotrestsporen, het wapen, de munitie en de bloedspatten onderzoeken. Ook verrichten zij forensisch-radiologisch onderzoek van het lichaam. De geschreven rapporten van de diverse deskundigen en de onderzoeksresultaten van de politie werden in het verleden niet geïntegreerd of gevisualiseerd. Het combineren en interpreteren van deze rapporten is namelijk complex en de visualisatie vereist specialisten die niet in alle eenheden van de politie aanwezig zijn. Daarom is het project *3D-visualisatie van schietincidenten* gestart. Om alle stappen binnen dit project te optimaliseren en te valideren, is eerst een PD geconstrueerd met varkens als slachtoffer. De schietbaan bij

het Nederlands Forensisch Instituut (NFI) is omgebouwd tot huiskamer waarin het zogenaamde levensdelict heeft plaatsgevonden.

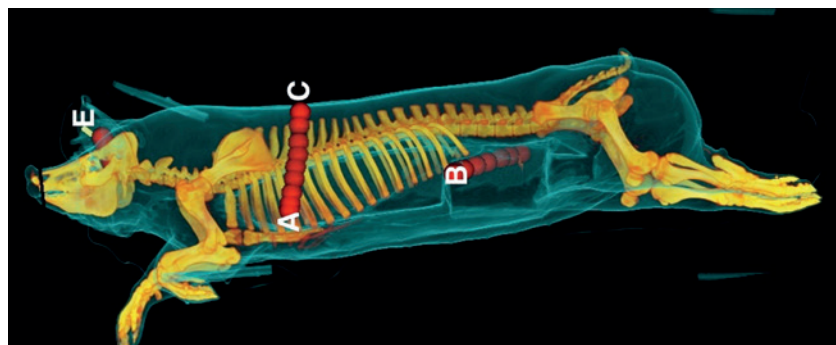
De aanpak van deze casus benadert zoveel mogelijk het proces waarin een onderzoek naar een schietincident plaatsvindt: na het gesimuleerde schietincident komt de forensische opsporing van de Eenheid Limburg ter plaatse. Zij verrichten het PD-onderzoek. De PD wordt 3D gescand, er wordt onderzoek verricht naar schotbe-

schadigingen (*figuur 1*) en een proces-verbaal wordt opgemaakt. Na het PD-onderzoek zijn de varkens radiologisch gescand in het MUMC+.

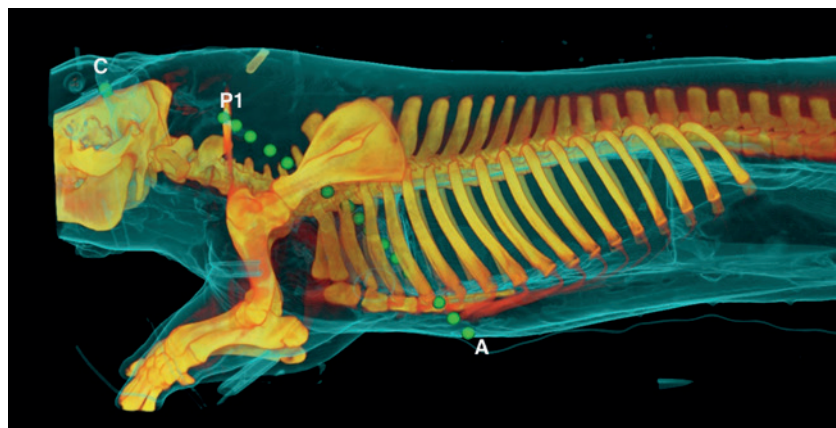
### Scan en sectie

De rol van radiologie in dit proces start met het maken van de scan en een deskundigenrapport. Dit geeft, indien mogelijk, antwoord op vragen als: beschrijving van de huiddefecten, beschrijving van inwendig letsel, differentiëren van de in- en uitschotletsels, het aantal en het verloop van de trajecten, de hoek en richting van het traject, de letsels in het traject en 3D-visualisatie van de trajecten. De 3D-visualisatie van trajecten vindt plaats op de scan van het gehele lichaam (*figuur 2 en 3*). Hierna worden deze radiologische beelden omgezet in bestanden die kunnen worden ingepast in het 3D-model van de PD.

Vervolgens is sectie verricht bij het NFI in Den Haag. Van de secties zijn gedetailleerde fotoverslagen gemaakt en daarna forensisch-pathologisch rapporten opgesteld. Deze beschrijven de schotletsels. Verder zijn projectiel(-delen) opgezocht en veiliggesteld. Naar de projectieldelen vindt ballistisch onderzoek plaats naar de veld-, ►

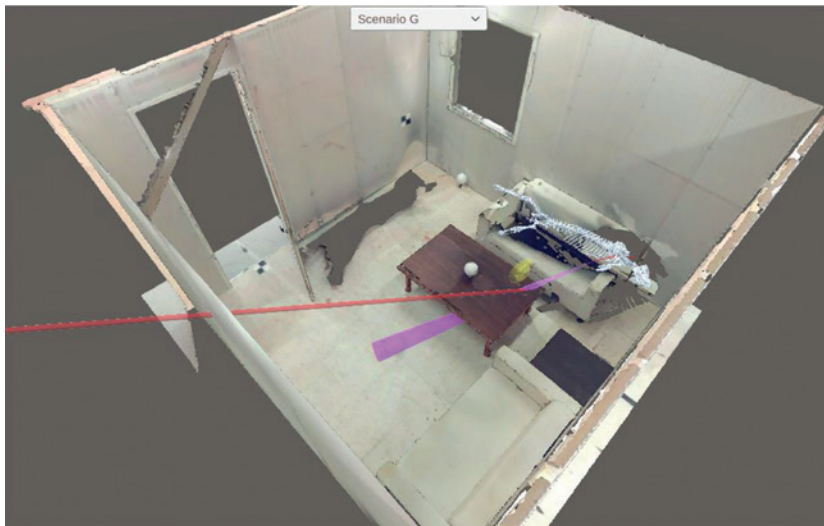


**Figuur 2.** 3D-reconstructie van 'slachtoffer 1'. Huidletsels zijn aangegeven met letters en de trajecten door het lichaam met rode markers.



**Figuur 3.** 3D-reconstructie van 'slachtoffer 2'. Huidletsels zijn aangegeven met de letters A en C. De trajecten door het lichaam met groene markers. Het projectiel is weergegeven met P1.





**Figuur 4.** 3D PD met 'slachtoffer 2' weergegeven in de PD. De schietlijn is uitgezet in rood en bij de schotbeschadiging op de tafel wordt deze roze. Dit geeft de verandering van de richting van de kogel weer (ricochet). Vervolgens verloopt het traject via huidletsel A naar het projectiel P1.

en treklijnen op het projectiel, de kenmerken van het projectiel en de eventuele beschadigingen van het projectiel. Tevens is onderzoek gedaan naar schotrestsporen, ofte wel welke (metaal) delen aanwezig zijn op een voorwerp of lichaam. Aan de hand hiervan is onder andere de schootsafstand te bepalen. Daarna zijn alle deskundige on-

schijnlijk is. Met het combineren van de verschillende vakgebieden vindt er optimalisatie plaats van de rapportages van de afzonderlijke specialismen, hetgeen ook kan resulteren in een andere conclusie.

Uiteindelijk heeft dit project geleid tot visualisatie van meerdere schietincidenten.

## 'Het 3D-model leidt tot een zo compleet mogelijke reconstructie waarin alle bevindingen optimaal verwerkt zijn'

derzoeken onafhankelijk van elkaar gerapporteerd en in een digitaal deskundigenrapport samengevoegd.

### Scenario's eenvoudig toetsen

Het 3D-model visualiseert de ruimtelijke informatie uit alle deskundigenrapporten (figuur 4). Alle informatie van de deskundigen uit het deskundigenrapport is hierin verwerkt. Uiteindelijk vindt in een bijeenkomst een laatste check plaats van de deskundigen (schotrestsporen, wapen en munitie, bloedspatten-interpretatie, pathologie en radiologie) om vast te stellen dat wat gevisualiseerd is overeenkomt met hetgeen in de deskundigenrapporten beschreven staat. Deze samenwerking tussen de deskundigen leidt tot een betere afstemming van alle onderzoeken en resultaten van de diverse betrokken instanties. Het resultaat is een zo compleet mogelijke reconstructie waarbij alle bevindingen optimaal benut zijn. Hierna is een analyse te maken van welk scenario het meest waar-

Het toepassen van de 3D-visualisatie van schietincidenten zorgt ervoor dat de complexe situaties, zoals schietincidenten, eenduidig zijn weer te geven voor rechters, OvJ en advocaten. De OvJ en de advocaat van een eventuele verdachte kunnen op basis hiervan scenario's formuleren. Door de geschreven rapporten van de deskundigen te visualiseren, is het vertrekpunt voor iedereen hetzelfde. Dit maakt het toetsen van scenario's eenvoudig. Het gesimuleerde schietincident is gefilmd om de scenario's te valideren.

### Conclusie

Door de technologische mogelijkheden van de radiologische technieken nemen de toepassingen voor het forensisch-technisch onderzoek alleen maar toe. De 3D-visualisatie van een PD is daarvan een voorbeeld waarin forensische radiologie een actieve rol speelt. De visualisatie van de PD met de 3D-radiologische beelden passen we in Nederland voorname-

lijk toe bij schietincidenten, maar is in de toekomst bij meerdere type incidenten in te zetten om scenario's te ondersteunen of te ontkrachten. Hierbij valt te denken aan steekincidenten, verkeersongevallen en andere geweldsinwerkingen op een lichaam. De radiologische beelden zijn dan de spin in het web van de vroege opsporingsfase tot aan de bewijsvoering.

### mr. Ingrid Haest

wetenschappelijk onderzoeker  
forensische opsporing,  
Limburg Nationale Politie

### MSc. Rob van Kan,

sectorhoofd Dienst Regionale Recherche,  
Limburg Nationale Politie

### Literatuur

1. De Boer H., De Heus G. & Van Rijn R. De meerwaarde van postmortale radiologie bij een gerechtelijke sectie. *Expertise en Recht* 2020, p. 60-67.
2. Brogdon. B.G. Introduction to Forensic Radiology in: Thali, Viner & Brogdon (red). *Brogdon's Forensic Radiology* Boca Raton: Taylor & Francis Group. 2011, p. 3-23.
3. Lathrop L.G. & Nolte, K.B. Utility of Post-mortem X-ray Computed Tomography (CT) in Supplanting or Supplementing Medico-legal Autopsies. *Albuquerque*: 2015.
4. Ampanozi G., Thali Y.M., Schweitzer W. et al. Accuracy of non-contrast PMCT for determining cause of death. *Forensic Sci Med Pathol*. 2017, 13, p. 284-292.
5. Burton J.L. & Underwood J. Clinical, educational, and epidemiological value of autopsy, *Lancet*. 2007, 369, p. 1471-1480.
6. De Bakker B.S., Soerdjbalie-Maikoe V. & De Bakker H.M., The use of 3D-CT in weapon caused impression fractures of the skull, from a forensic radiological point of view. *Journal of Forensic Radiology and Imaging*. 2013;1, p. 176-179.
7. Van Kan R.A.T., Haest I.I.H., Lobbes M.B.I. et al. Post-mortem computed tomography in forensic investigations of lethal gunshot incidents: is there an added value?. *Int J Legal Med*. 2019, 80, p. 1-6.
8. Luijten M., Haest I.I.H., Van Kan R.A.T. et al. Can postmortem MRI be used to assess trajectories in gunshot victims?. *Int J Legal Med*. 2016, 130, p. 457-62.



## EEN NIEUW EN FASCINEREND SUBSPECIALISME

# Het werkveld van de forensisch radioloog



Paul Hofman

**Forensische radiologie is een nieuw en fascinerend subspecialisme van de algemene radiologie, dat zich de komende jaren veel verder zal ontwikkelen. Paul Hofman geeft een overzicht van de verschillende toepassingsgebieden van forensische radiologie en het werkveld van de forensisch radioloog.**

**F**orensische radiologie zet beeldvormende technieken in ten behoeve van een (mogelijk) strafrechtelijk onderzoek. Daarbij implementeert het ook de technische mogelijkheden die in de klinische radiologie gemeengoed zijn, zoals postmortale CT-angiografie en de ruimere inzet van MRI bij bijvoorbeeld cardiale pathologie. Forensische radiologie omvat zowel het verrichten als het interpreteren en rapporteren van deze onderzoeken. Daarmee onderscheidt forensische radiologie zich essentieel van andere radiologische subspecialismen, want het staat primair ten dienste van een andere opdrachtgever, meestal de officier van justitie, de rechter-commissaris of de rechter.

Dit betekent dat de gestelde vragen anders zijn, evenals de wijze van rapporteren. De opdrachtgever heeft immers geen medische achtergrond. Veel radiologen die forensisch-radiologische onderzoeken verrichten, hebben dan ook bijscholing gevolgd en een aanvullende opleiding deskundige in strafzaken. Daarnaast zijn er verenigingen die bij- en nascholing verzorgen; de sectie postmortale en forensische radiologie van de NVvR en de *International Society for Forensic Radiology and Imaging* (ISFRI).

## Waarheidsvinding

Het uiteindelijke doel van een forensisch-radiologisch onderzoek is om onafhanke-

lijk onderzoek te doen aan het lichaam van een overleden of levend slachtoffer van een (mogelijk) geweldsmisdrijf om hiermee een bijdrage te leveren aan de waarheidsvinding. Meestal wordt een forensisch radioloog ingezet bij een overlijdensonderzoek, waarbij er mogelijk sprake is van een strafbaar feit of waarbij het op basis van het onderzoek door de forensisch arts niet is te bepalen of er sprake is van een natuurlijke of niet-natuurlijke doodsoorzaak en waarbij een misdrijf niet is uit te sluiten.

De plaats van forensisch-radiologisch onderzoek bij overledenen hangt sterk af van de inrichting van het overlijdensonderzoek. In Nederland gebeurt dit, in tegenstelling tot veel andere landen, decentraal. Wanneer in Nederland iemand overlijdt, vindt er altijd een schouw van het lichaam plaats. In de overgrote meer-

toestemming van de nabestaanden is een uitgebreider postmortaal onderzoek mogelijk om meer duidelijkheid te krijgen over de doodsoorzaak. Dit is meestal klinisch postmortaal radiologisch onderzoek of een klinische sectie. Hiermee is het overlijdensonderzoek afgesloten en kunnen nabestaanden het lichaam laten verzorgen en de uitvaart regelen.

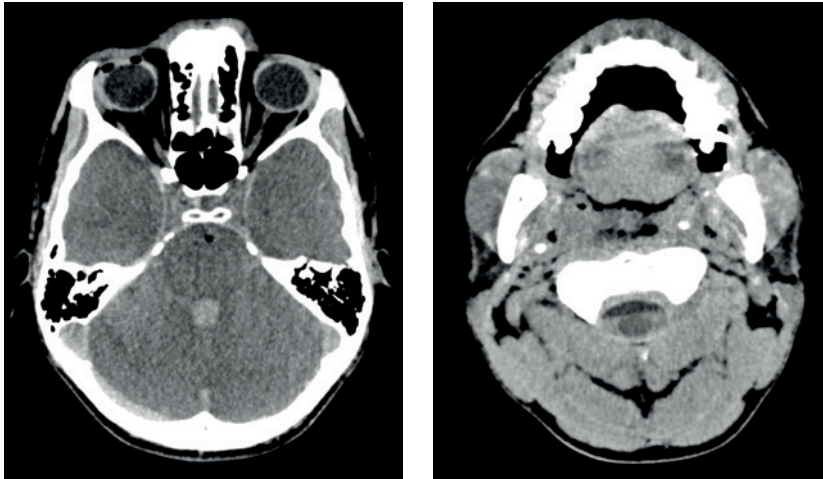
## Niet-natuurlijke dood

Bestaat er een vermoeden op een niet-natuurlijke dood, dat wil zeggen dat de persoon niet is overleden ten gevolge van uitsluitend een spontane ziekte, ouderdom of de complicatie van een *lege artis* uitgevoerde behandeling, dan is nader onderzoek verplicht. Een forensisch arts verricht dit nader overlijdensonderzoek. Bij euthanasie is het onderzoek vaak beperkt. In andere gevallen verricht de forensisch arts een uitwendige schouw.

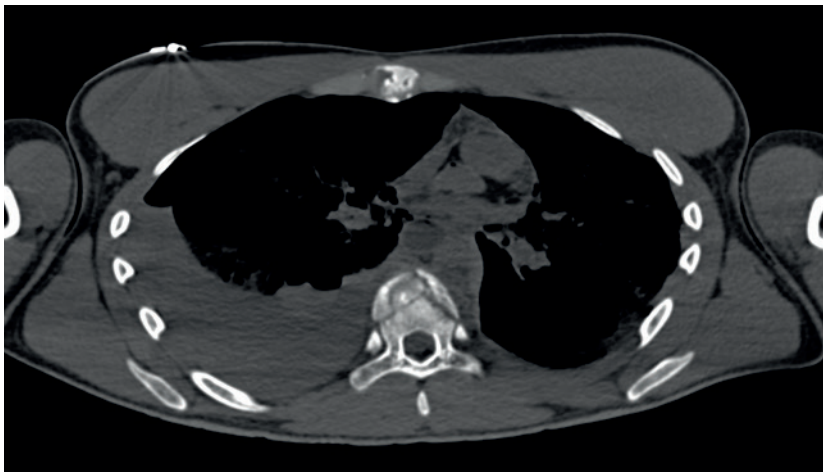
‘Met een CT van het lichaam is informatie te verkrijgen over de doodsoorzaak en de omstandigheden rond de dood’

derheid van de gevallen gebeurt dit door de behandelend arts. Deze geeft vervolgens een verklaring van natuurlijk overlijden af en er geeft voor het CBS een doodsoorzaak op. In overleg met en met

Zijn er medische gegevens beschikbaar, dan neemt de forensisch arts die mee in het onderzoek. Wanneer op voorhand het vermoeden bestaat op een strafbaar feit of een suicide, dan stelt de poli- ►



**Figuur 1A.** Casus 1 met bloed in de vierde ventrikel en subarachnoïdaal op cervicaal niveau. Ook is er temporaal subarachnoïdaal bloed zichtbaar.



**Figuur 1B.** Casus 1 met een wervelfractuur, hemothorax en bekkenfracturen.



tie ter plaatse ook een onderzoek in naar de omstandigheden rond het overlijden. Op grond van het onderzoek van de forensisch arts en eventueel van de politie is vast te stellen of er sprake is van een

radiologisch onderzoek bijvoorbeeld een hersenbloeding of een aortaruptuur toont, zonder tekenen van geweldsinwerking. Dan is het zeer waarschijnlijk dat een ziekelijke verandering heeft geleid

‘Ook bij levende slachtoffers van een (mogelijke) mishandeling zijn beeldvormende technieken te gebruiken om forensische vragen te beantwoorden’

natuurlijk of niet-natuurlijk overlijden en of er al dan niet (mogelijk) sprake is van een misdrijf.

Met een CT van het lichaam, idealiter op indicatie aangevuld met een MRI en/of een CT-angio, is informatie te verkrijgen over de doodsoorzaak en de omstandigheden rond de dood. Denk hierbij bijvoorbeeld aan het scenario waarbij

tot de dood en kan het onderzoek worden afgesloten. Laten de beelden echter tekenen van geweldsinwerking zien in de vorm van fracturen en hematomen, dan is een niet-natuurlijke doodsoorzaak veel waarschijnlijker.

De rol van de forensisch radioloog laat zich het best illustreren aan de hand van enkele voorbeelden.

### Casus 1: uitgebreide letsels

*Voorbijgangers vinden een overleden persoon op het trottoir. De forensisch arts treft bij uitwendig onderzoek van het slachtoffer geen letsels aan en twijfelt of het een natuurlijk overlijden betreft. In overleg met de officier van justitie wordt een forensisch-radiologisch onderzoek verricht. Dit laat uitgebreide letsels zien met onder andere subarachnoïdale en intraventriculaire bloedingen, hersenzwelling, meerdere wervelfracturen, fracturen van de extremiteiten en een bekkenfractuur. Er is een hemothorax en er is bloed in de vrije buikholte aanwezig (figuur 1). Dit alles tezamen duidt op een hoogenergetisch trauma. Naar aanleiding van deze bevindingen doet de politie nader onderzoek. Dan blijkt het te gaan om een ongeval waarbij het slachtoffer van grote hoogte is gevallen. Hierna wordt het onderzoek afgesloten.*

Deze casus illustreert dat een forensisch-radiologisch onderzoek informatie levert die leidt tot het ophelderen van de doodsoorzaak en informatie geeft over de

wijze waarop dit gebeurd is. Het radiologisch onderzoek duidt op een hoogenergetisch trauma en het politieonderzoek levert sporen op de bovenverdieping van het gebouw. Dit leidt tot de conclusie van de officier van justitie dat er sprake is van een ongeval.

## Casus 2: hoofdletsel

*Een overleden persoon in een woning heeft uitgebreide letsels aan één zijde van het hoofd. De forensisch arts geeft een niet-natuurlijke doodsoorzaak en de officier van justitie gelast een forensisch-radiologisch onderzoek. De politie werkt met de hypothese dat er sprake is van een schietincident, maar treft geen projectiel aan in de woning. De politie veronderstelt dat het projectiel zich in het lichaam bevindt. Het radiologisch onderzoek toont de uitgebreide letsels van het hoofd met fractures van het neurocranium en aangezicht. Er wordt echter geen projectiel aangetroffen en er is geen in- of uitschotverwonding. De letsels passen beter bij heftige externe geweldsinwerking dan bij een schotverwonding (figuur 2). Op basis van deze direct beschikbare informatie doorzoekt de politie de direct omgeving en vindt een bebloed zwaar voorwerp. Uiteindelijk schrijft de forensisch radioloog een deskundigenrapport dat als bewijs in de rechtszitting wordt gebruikt.*

Een deskundigenrapport lijkt niet op een standaard radiologisch verslag. Er wordt geen of weinig medisch jargon gebruikt en zinsneden als 'zou kunnen passen bij' of 'mogelijk is er sprake van' mogen in deze rapporten niet voorkomen, want dit zijn formuleringen waar een jurist niets

mee kan. Daarnaast zijn de bevindingen geïllustreerd met radiologische beelden, al of niet in een 3D-reconstructie. Hiermee zijn de bevindingen ook voor niet-medisch geschoolden beter te begrijpen.

## Levende slachtoffers

Ook bij levende slachtoffers van een (mogelijke) mishandeling zijn beeldvormende technieken te gebruiken om forensische vragen te beantwoorden. Meestal gaat het om de herbeoordeling van beeldvormende onderzoeken die gemaakt zijn met een

zichtbaar te maken. Dan wordt er eigenlijk alleen gebruik gemaakt van MRI. Ook dit gebeurt natuurlijk alleen met uitdrukkelijke toestemming van het slachtoffer.

## Identificatie

Een vierde toepassingsgebied voor forensische radiologie is het identificeren van slachtoffers. Een voorbeeld daarvan is de identificatie van de slachtoffers van de vliegtuigramp met vlucht MH17. Radiologen en laboranten uit het MUMC+ hebben samen met laboran-

## 'Forensisch-radiologisch onderzoek speelde een belangrijke rol bij de identificatie van de slachtoffers van rampvlucht MH17'

klinische vraag. Dit gebeurt natuurlijk alleen met uitdrukkelijke toestemming van het slachtoffer. Het gaat dan meestal om de beeldvormende onderzoeken die direct na een incident zijn gemaakt. Vaak verricht de forensisch arts in die gevallen geen uitwendig onderzoek, omdat het slachtoffer nog geen aangifte heeft gedaan en politie nog niet bij het onderzoek is betrokken of omdat de medische zorg voor gaat. De beschikbare beeldvorming is dan te beoordelen met een forensische vraag in plaats van een medische vraag. Dat levert bijna altijd een ander rapport op.

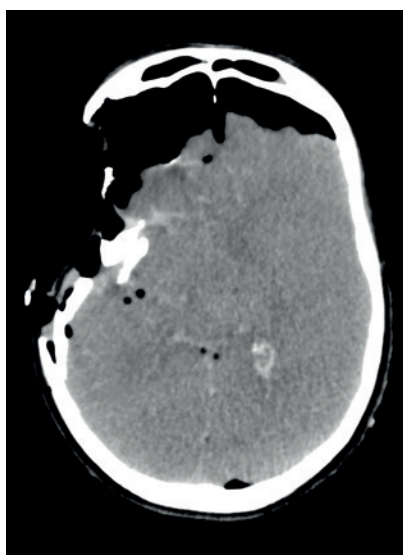
Verder is forensisch-radiologisch onderzoek bij levende slachtoffers van geweldsincidenten in te zetten om letsels te objectiveren en om dieper gelegen letsels

ten uit het Meander Medisch Centrum in Amersfoort en een radioloog uit het UMC Amsterdam, locatie AMC, bijna alle slachtoffers van deze ramp onderzocht met behulp van een mobiele CT-scanner. De bevindingen van deze onderzoeken zijn gebruikt bij de identificatie van de slachtoffers en het strafrechtelijk onderzoek. Ook de Onderzoeksraad voor Veiligheid heeft de forensisch-radiologische rapportages van dit onderzoek gebruikt voor haar rapport.

Dit betrof een groot onderzoek, maar ook bij individuele niet-geïdentificeerde personen is radiologisch onderzoek in te zetten om de identiteit vast te stellen. De radiologische beelden zijn te gebruiken voor het forensisch-medisch onderzoek, maar ook voor de reconstructie van een incident (zie hiervoor de bijdrage van de politie op pag. 46, red.). Radiologische beelden zijn ook bij uitstek geschikt om letsels zichtbaar te maken zonder dat de beelden zo confronterend zijn als foto's van het slachtoffer. Dat maakt de beelden ook geschikt om te gebruiken voor de bewijsvoering tijdens een rechtszitting.

## Andere verhoudingen

Zoals vaker leidt het introduceren van een nieuw subspecialisme tot het schuiven van indicatiestellingen van andere medische onderzoeken, in dit geval de van forensische sectie. Het is zeker niet zo dat forensisch-radiologisch onderzoek altijd een sectie kan vervangen. Daarnaast is uitwendig onderzoek van een lichaam altijd nodig. Onderhuidse hematomen zijn weliswaar zichtbaar op een CT of MRI en kunnen een uitwendige schouw aan- ▶



**Figuur 2.** Casus 2 met uitgebreide posttraumatische letsels als gevolg van extern inwerkend geweld met een voorwerp.

vullen, maar niet vervangen. Dit geldt ook voor huidletsels.

De verhouding tussen forensisch-radiologisch onderzoek en de forensische sectie is complexer. Onderzoek verricht in het Erasmus MC, het Radboudumc en het MUMC+ laat zien dat klinisch postmortaal radiologisch onderzoek, aangevuld met biopten, een klinische sectie (deels) kan vervangen<sup>1-3</sup>. Het niet- of minimaal-invasieve karakter van dit radiologisch onderzoek maakt dat de drempel lager is om deze radiologische onderzoeken aan te vragen. Uit meerdere wetenschappelijke studies blijkt dat bij forensisch overlijdensonderzoek de sectie niet meer is te beschouwen als de gouden standaard: alleen een combinatie van beide onderzoeken geeft een compleet beeld van de eventueel aanwezige letsels<sup>4-11</sup>. Er is echter weinig prospectief onderzoek waarbij de patholoog niet op de hoogte was van de bevindingen van het radiologisch onderzoek voor aanvang van de sectie.

Een aantal studies heeft de toegevoegde waarde van een sectie onderzocht nadat een forensisch-radiologisch onderzoek is verricht. Deze onderzoeken tonen dat voor een groot deel van de type incidenten de sectie minder aanvullende informatie levert na radiologisch onderzoek dan andersom<sup>4,12</sup>. Dit heeft er bijvoorbeeld in het Verenigd Koninkrijk toe geleid dat na schietincidenten geen of alleen een deel sectie wordt verricht om een projectiel veilig te stellen. ■

#### Paul Hofman

Radioloog, Maastricht Universitair Medisch Centrum, Maastricht

#### Literatuur

1. Blokker BM, Weustink AC, Wagenveld IM, et al. Conventional Autopsy versus Minimally Invasive Autopsy with Postmortem MRI, CT, and CT-guided Biopsy: Comparison of Diagnostic Performance. *Radiology*. September 2018;180924-10. doi:10.1148/radiol.2018180924.
2. Sonnemans LJP, Kubat B, Prokop M, Klein WM. Can virtual autopsy with postmortem CT improve clinical diagnosis of cause of death? A retrospective observational cohort study in a Dutch tertiary referral centre. 2018;8(3). doi:10.1136/bmjopen-2017-018834.
3. Bakers F, van AP, Latten B, et al. The value of post-mortem CT for establishing the cause of death: initial results. March 2017. doi:10.1594/ecr2017/C-3053.
4. Grabherr S, Heinemann A, Vogel H, et al. Postmortem CT Angiography Compared with Autopsy: A Forensic Multicenter Study. *Radiology*. May 2018;270-276. doi:10.1148/radiol.2018170559.
5. Ampanozi G, Thali YA, Schweitzer W, et al. Accuracy of non-contrast PMCT for determining cause of death. *Forensic Sci Med Pathol*. 2017;13(3):284-292. doi:10.1007/s12024-017-9878-1.
6. Graziani G, Tal S, Adelman A, Kugel C, Bdolah-Abram T, Krispin A. Usefulness of unenhanced post mortem computed tomography – Findings in postmortem non-contrast computed tomography of the head, neck and spine compared to traditional medicolegal autopsy. *Journal of Forensic and Legal Medicine*. 2018;55:105-111. doi:10.1016/j.jflm.2018.02.022.
7. Cirielli V, Cima L, Bortolotti F, et al. Virtual Autopsy as a Screening Test Before Traditional Autopsy: The Verona Experience on 25 Cases. *J Pathol Inform*. 2018;9(1):28. doi:10.4103/jpi.jpi\_23\_18.
8. Lathrop SL, Nolte KB. Utility of Postmortem X-ray Computed Tomography (CT) in Supplanting or Supplementing Medicolegal Autopsies. May 2015:1-98.
9. Steenburg SD, Spitzer T, Rhodes A. Post-mortem computed tomography improves completeness of the trauma registry: a single institution experience. *Emerg Radiol*. 2019;26(1):5-13. doi:10.1007/s10140-018-1637-4.
10. Norberti N, Tonelli P, Giaconi C, et al. State of the art in post-mortem computed tomography: a review of current literature. *Virchows Arch*. 2019;475(2):1-12. doi:10.1007/s00428-019-02562-4.
11. Ampanozi G, Halbheer D, Ebert LC, Thali MJ, Held U. Postmortem imaging findings and cause of death determination compared with autopsy: a systematic review of diagnostic test accuracy and meta-analysis. *Int J Legal Med*. 2019;48(2):1-17. doi:10.1007/s00414-019-02140-y.
12. Kan RAT, Haest IJH, Lobbes MBI, et al. Post-mortem computed tomography in forensic investigations of lethal gunshot incidents: is there an added value? *Int J Legal Med*. 2019;80:1-6. doi:10.1007/s00414-019-02108-y.

## Sandwichcursus november 2020

Beste allen,

Het afgelopen halfjaar trokken wij op met het comité Radiologendagen om u alternatieve nascholing aan te bieden; een serie webinars in mei en juni en de 'Radiologie Ratatouille – RD/SWC Deluxe' in september. Dank aan de sprekers die bereid waren op korte termijn een voordracht voor te bereiden, en aan u voor de vele positieve en nuttige feedback die wij hebben mogen ontvangen. Genoeg ideeën en ervaringen om mee te nemen bij de organisatie van toekomstige nascholing.

Maar in november 2020 is het nu eerst weer tijd voor een Sandwichcursus in de vertrouwde stijl, met als thema Abdominale radiologie en Neuroradiologie. De cursusleiders hebben met enthousiasme een prachtig en gevarieerd programma voor u samengesteld.

De Sandwichcursus is uiteraard aangepast aan de regels zoals die nu gelden. De ReeHorst biedt gelukkig de ruimte om in grote zalen nascholing aan te kunnen bieden om de anderhalve meter te kunnen waarborgen. Dit betekent dat

het maximaal aantal deelnemers gelukkig slechts beperkt kleiner zal zijn dan normaal. Wij hopen van harte u in november in De ReeHorst te mogen begroeten! ■

Namens de subcommissie Sandwichcursus,  
**Linda Jacobi-Postma, Julia Huijbregts en Frank Wessels**



SANDWICH  
SANDWICH  
SANDWICH



# Minimaal-invasieve CT-autopsie bij covid-19 overledenen

Wereldwijd zijn wetenschappers op zoek naar de precieze doodsoorzaak bij patiënten die zijn overleden aan covid-19. Het Jessa Ziekenhuis te Hasselt (B) heeft het initiatief genomen om bij deze overledenen een minimaal-invasieve autopsie (MIA) te verrichten.



Jan Vanrusselt



Janneke Cox

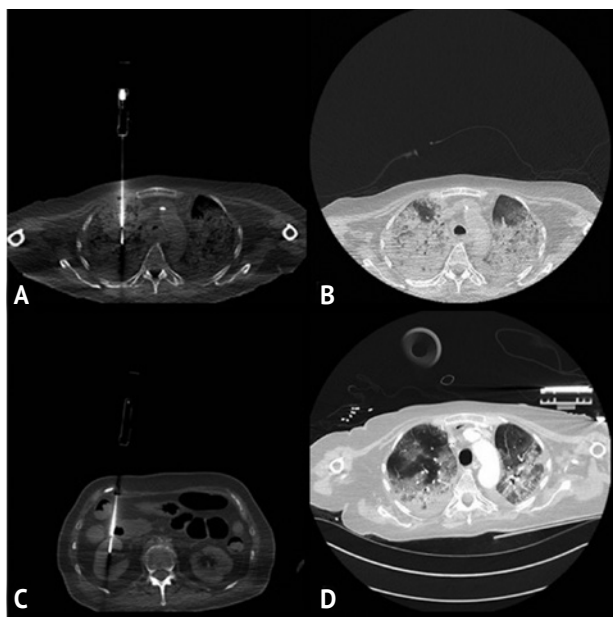
**D**e MIA bestaat uit een full-body CT-scan (figuur 1) gevolgd door een CT-geleide biopsie (volgens vast protocol) van longen, hart, lever, milt, nieren en buikvet (figuur 2). Van focale afwijkingen worden extra bipten genomen. Indien zich pleuraal, cardiaal of abdominaal vloeistof heeft opgehoopt, wordt dit voor onderzoek geaspireerd voor verder cytologisch, biochemisch en microbiologisch onderzoek.

## Twee voordelen

Deze methode van autopsie, waarmee we op 14 april 2020 van start zijn gegaan, heeft twee voordelen. Ten eerste kunnen we met weinig risico op besmetting histopathologisch, microbiologisch (long) en virologisch (aanwezigheid van viraal RNA) onderzoek doen. Ten tweede is het veel makkelijker om van de familie



Figuur 2. Dr. J. Vanrusselt tijdens het uitvoeren van de biopsiën.



Figuur 1. De CT-scans tonen naast de plek waar de bipten worden genomen, tevens de uitgebreidheid van de pathologie in de longen. Deze figuur toont een serie geannoteerde CT-scans van covid-19 overledenen.

1A. Postmortem long biopsie.

1B. Postmortem longbeeld op de zelfde plaats als de biopsie.

1C. Postmortem nierbiopsie.

1D. Premortem CT-beeld van de longen op dezelfde plek waar de biopsie 24 uur later plaatsvond. De CT-beelden zijn door dr. Vanrusselt geregistreerd.

toestemming te krijgen voor deze vorm van autopsie. Tot nu toe hebben we bij achttien lichamen dit onderzoek uitgevoerd en we hebben in zeventig procent van de gevallen van de naaste familie toestemming voor autopsie verkregen. Dit is een bijzonder hoog percentage. Hoewel een normale autopsie de gouden standaard is, en de MIA slechts een beperkte visuele inspectie toestaat, wegen de voordelen van de MIA toch ruimschoots op tegen de nadelen.

## Ervaring

Infectioloog Janneke Cox van het Jessa Ziekenhuis had al eerder ervaring opgedaan met deze vorm van MIA bij het onderzoek naar de doodsoorzaak bij HIV-patiënten in Oeganda. Daardoor was het relatief eenvoudig om deze methode nu toe te passen op covid-19 overledenen in ons ziekenhuis en kon het project snel van start gaan. Het is het enige in zijn soort in België en mogelijk ook daarbuiten. Dit project is in de lokale pers besproken<sup>1,2</sup> en in *AuntMinnie*<sup>3</sup>.

## Onderzoeksproject

De MIA's worden uitgevoerd in het kader van een onderzoeksproject in samenwerking met onderzoekers van de universiteitsziekenhuizen van Antwerpen en Gent en met de BIOMED van de Universiteit van Hasselt. Er is hiertoe een projectaanvraag ingediend<sup>4</sup> waarbij we ernaar streven om 45 covid-19-overledenen te onderzoeken met behulp van MIA. Daarbij leggen we het klinisch beeld, de histologie, de immunologische respons en de CT-bevindingen vast en bespreken we deze wekelijks tijdens multidisciplinaire besprekingen. Hoewel de primaire doodsoorzaak in ►

het respiratoir falen ligt, inclusief een situatie van respiratoire stress, hopen we dat de bovengenoemde onderzoeken ertoe leiden dat er veel meer bekend wordt over de mechanismen die bij het overlijden een rol spelen. We hopen hierover in de loop van deze zomer een eerste publicatie te kunnen samenstellen. Met de uiteindelijke resultaten hopen we een bijdrage te leveren voor nieuwe aangrijpingspunten voor de behandeling van covid-19-patiënten. ■

### Jan Vanrusselt

Interventieradioloog verbonden aan het Jesse Ziekenhuis te Hasselt, België

### Janneke Cox

Internist-infectioloog verbonden aan het Jesse Ziekenhuis te Hasselt, België, en gastdocent aan de Universiteit van Hasselt

### Literatuur

1. Hope, A.: Belgian researchers investigate exact cause of death of corona patients. Brussels Times d.d. 8-7-2020 ([www.brusselstimes.com/all-news/art-culture/121750/belgium-postpones-decision-on-bringing-back-public-to-sports-events/](http://www.brusselstimes.com/all-news/art-culture/121750/belgium-postpones-decision-on-bringing-back-public-to-sports-events/)).
2. Snoekx, K.: Jessa onderzoekt precieze doodsoorzaak van Covid-19-patiënten. Jessa Nieuws d.d. 8-7-2020 ([www.hbvl.be/cnt/dmf20200707\\_97469918/jessa-doet-onderzoek-naar-precieze-doodsoorzaak-van-covid-19-patiënten](http://www.hbvl.be/cnt/dmf20200707_97469918/jessa-doet-onderzoek-naar-precieze-doodsoorzaak-van-covid-19-patiënten)).
3. Pablos, T.: Belgian team performs CT autopsies on Covid-19 patients. AuntMinnie Europe d.d. 13-7-2020 ([www.auntminnieeurope.com/index.aspx?sec=sup&sub=cto&pag=dis&ItemID=619025](http://www.auntminnieeurope.com/index.aspx?sec=sup&sub=cto&pag=dis&ItemID=619025)).
4. Cox, J. , Vanrusselt, J.: Minimal invasive autopsies to investigate changes in deceased COVID-19 patients (MIA-COVID-19) Projectaanvraag d.d. 14-4-2020 ([clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT04366882](https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT04366882)).

## Tante Bep

Wie werkt waar? Blijf up-to-date van de banencarrousel dankzij tante Bep, in samenwerking met het bureau van de NVvR.



**Maarten Zwartbol**  
van aios in LUMC  
naar fellow neuroradiologie in Haaglanden MC/ HagoZiekenhuis/LUMC,  
per 1 februari 2020



**Maud Hegeman**  
van OLVG locatie Oost in Amsterdam  
naar het Ziekenhuis Amstelland in Amsterdam,  
per 1 juni 2020



**Christel Admiraal**  
van aios NG in het Meander Medisch Centrum in Amersfoort naar fellow NG in het St. Antonius Ziekenhuis in Nieuwegein,  
per 1 juli 2020



**Marieke Geerdes**  
van chef MRON  
naar staf MRON,  
locatie SKB, Winterswijk,  
per 1 april 2020



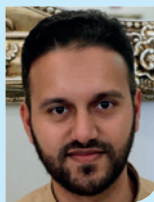
**Marieke Hovinga-de Boer**  
Van MUMC+ Maastricht  
naar Amsterdam UMC,  
locatie AMC en  
locatie VUmc  
per 1 juni 2020



**Julie Korving**  
van het LUMC in Leiden  
naar het Reinier de Graaf ziekenhuis,  
per 1 augustus 2020



**Davy Sudiono**  
van LUMC  
naar Noordwest Ziekenhuisgroep,  
per 1 april 2020



**Burhan Hussain**  
van Erasmus MC  
naar Beatrixziekenhuis Gorinchem,  
per 1 juli 2020



**Anja van der Kolk**  
van aios in Gelre Apeldoorn  
naar radioloog in het Antoni van Leeuwenhoek Ziekenhuis/NKI,  
per 17 augustus 2020



**Anne Balkissoon-Grool**  
van Gelre Apeldoorn  
naar OLVG locatie Oost en West in Amsterdam,  
per 1 mei 2020



**Bente de Kok**  
van Haaglanden MC  
in Den Haag (aios)  
naar Erasmus MC  
in Rotterdam (fellow),  
per 1 juli 2020



**Jeroen Tielbeek**  
van Amsterdam UMC,  
locatie AMC,  
naar Spaarne Gasthuis,  
per 1 september 2020

## Ook in tante Bep?

Baanverandering op komst? Of een (nieuwe) collega opgeven voor deze rubriek? Mail dan naam, informatie en een foto in hoge resolutie (minimaal 500 kb) naar [memorad@radiologen.nl](mailto:memorad@radiologen.nl).

# Jaarkalender NVvR 2020

*(onder voorbehoud van wijzigingen)*

## Algemene vergadering

(op donderdag tijdens SWC)  
12 november

## Bestuursvergaderingen

5 oktober (met hooglerarenoverleg),  
9 november (met sectieoverleg),  
7 december (en bestuurlijk overleg NVNG-NVvR)

## Sandwichcursus

10-13 november – Neuro- en Abdominale Radiologie

## Concilium Radiologicum en PVC

19 november

## CvB-vergadering

18 november

## Commissie Deelcertificering

14 oktober, 11 november en 9 december

## Commissie Expertise

5 oktober, 2 november en 7 december

## Commissie Kwaliteit

9 december

## Commissie Kwaliteitsvisitatie

28 oktober, 12 november en 10 december

## Commissie Onderwijs

7 oktober

## Commissie Wetenschap

9 november

## Sluitingsdata inleveren kopij MemoRad

16 oktober (verschijnt 18 december)

Het overzicht van alle **congressen en cursussen** op het gebied van radiologie in Nederland en Europa vindt u via GAIA en op de Holland Radiology Page. Hier vindt u ook verwijzingen naar het aanbod van de ESR, ARRS, ACR en de RSNA.

Kijk voor de meest actuele versie op  
[www.radiologen.nl/nvvr/jaarkalender](http://www.radiologen.nl/nvvr/jaarkalender)

# Colofon

Jaargang 25, nummer 3, september 2020

## UITGAVE

MemoRad is een uitgave van de Nederlandse Vereniging voor Radiologie en verschijnt viermaal per jaar in een oplage van 2.150 exemplaren. Alle leden van de vereniging alsmede aan een selecte groep geïnteresseerden. MemoRad staat onder redactionele verantwoordelijkheid van de secretaris van de NVvR.

## REDACTIE MEMORAD

Dr. P.R. Algra, Alkmaar  
A. Bruining, Amsterdam  
N. van Esschoten, Brummen (eindredacteur)  
Prof. dr. J. Fütterer, Nijmegen & Enschede  
Dr. M.M. van Heeswijk, Utrecht (nms Juniorsectie)  
Dr. M. Huisman, Amersfoort (secretaris)  
Dr. F. Intema, Amersfoort  
Dr. W. van Lankeren, Rotterdam (nms bestuur NVvR)  
Dr. R.M. Maes, Nijmegen  
I. Oulad Abdennabi, Amsterdam (voorzitter)  
J. Schipper, 's-Gravenhage  
Dr. N. Tolboom, nucleair geneeskundige, Utrecht  
Dr. C.J.L.R. Vellenga, Almelo  
Dr. D. Yakar, Groningen (secretaris)

## REDACTIE EN BUREAU VAN DE NVvR

Nederlandse Vereniging voor Radiologie  
Mercatorlaan 1200 – 3528 BL Utrecht  
Telefoon (088) 110 25 25  
E-mail [memorad@radiologen.nl](mailto:memorad@radiologen.nl) of [nvvr@radiologen.nl](mailto:nvvr@radiologen.nl)  
Web [www.radiologen.nl](http://www.radiologen.nl)

## ADVERTENTIEARTIKELIEN

Op aanvraag bij de NVvR, [nvvr@radiologen.nl](mailto:nvvr@radiologen.nl)

## VORMGEVING

Nic. Ammerlaan bno, grafisch ontwerper, Bussum

## DRUK

VdR druk & print, Nijkerk

© 2020 Nederlandse Vereniging voor Radiologie  
ISSN 1384-5462

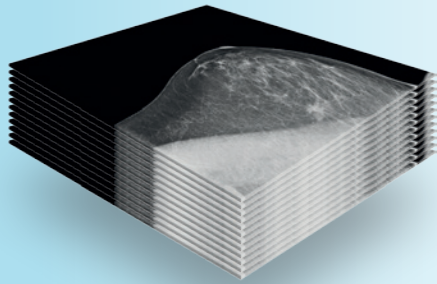
Niets uit deze uitgave mag geheel of gedeeltelijk worden veelevoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt, op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de uitgever en de makers van het werk.

MemoRad is niet aansprakelijk voor eventuele onjuistheden in deze uitgave. MemoRad is niet verantwoordelijk voor handelingen van derden welke mogelijk voortvloeiën uit het lezen van deze uitgave.

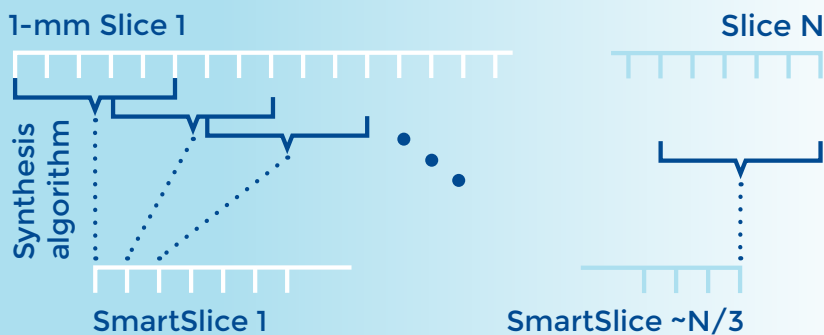
De redactie is niet verantwoordelijk voor de inhoud van cartoons, columns en advertenties. De uitspraken van auteurs en geïnterviewden in artikelen in deze uitgave weerspiegelen niet noodzakelijkerwijs het standpunt van de redactie. De redactie is niet aansprakelijk voor de inhoud van onder auteursnaam opgenomen artikelen en van de advertenties. De redactie behoudt zich het recht voor ingezonden materiaal zonder kennisgeving vooraf geheel of gedeeltelijk te publiceren. De redactie heeft gepoogd alle rechthebbenden op teksten en beeld te achterhalen. In gevallen waarin dit niet is gelukt, vragen wij u contact op te nemen via [memorad@radiologen.nl](mailto:memorad@radiologen.nl).

# 3DQuorum™ Imaging Technology

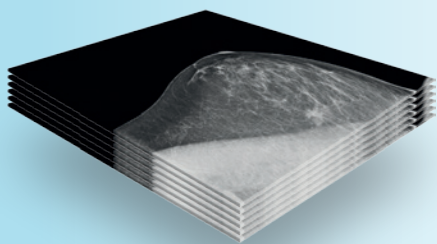
Improving radiologist  
performance through Artificial  
Intelligence and SmartSlices



STACK OF 1-MM TOMOSYNTHESIS SLICES



Each SmartSlice is a combination of 6 1-mm slices,  
with 3 mm overlap from adjacent SmartSlices



3DQUORUM SMARTSLICES ( $\sim N/3$ )

## Voordelen

- 6-mm SmartSlices
- minder Tomosynthese slices
- kortere beoordelingstijd radioloog
- geen compromis in beeldkwaliteit, gevoeligheid en nauwkeurigheid
- 50% reductie van data-opslag

**HOLOGIC®**  
The Science of Sure

**III 3DQuorum™**

[www.trompmedical.com](http://www.trompmedical.com)

e-mail: [sales@trompmedical.com](mailto:sales@trompmedical.com)

Tel.: +31 (0)251 662067