

# Radiography Open

ISSN: 2387-3345

Vol 7, No 1 (2021)

<https://doi.org/10.7577/radopen.4605>

## Choice of angiographic imaging modality: CTA vs. MRA

### Valg av modalitet ved karundersøkelser: CTA vs. MRA

Maia Muri Skalmerås<sup>1</sup>, Eirin Ellingbø<sup>1</sup>, Albertina Rusandu\*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Karolinska Universitetssjukhuset, Stockholm, Sweden.

<sup>2</sup>Institutt for sirkulasjon og bildediagnostikk, Norges Teknisk Naturvitenskapelige Universitet, Trondheim, Norway.

\*Corresponding author e-mail address: [albertina.rusandu@ntnu.no](mailto:albertina.rusandu@ntnu.no)

**Keywords:** MRA, CTA, Modality choice, Angiographic imaging

### Abstract

**Introduction:** The aim of this study was to identify the decisive factors that influence the radiologist's choice of vascular imaging modality. The radiographer is responsible for both performing the CTA or MRA procedure and for the justification of the exam. Therefore, knowledge about the rationale behind the choice of modality is relevant for the radiographer.

**Methods:** This multimethod study included a survey from a national perspective and a literature review from a global perspective. The questionnaire was sent to radiologists working at public hospitals in Norway. The literature review included search in Pubmed, Web of Science and Scopus, with the keywords "MRA and CTA", "MRA vs CTA" and "MRA and CTA and decision".

**Results:** A total of 38 radiologists responded to the survey and 21 articles were included in the literature review. Availability, patient situation, image quality and diagnostic value are important factors that are influencing the choice of modality. An important finding is that the choice of modality depends on the pathology and its location. The referring physician's preference is also taken into consideration when choosing the modality.

©2021 the author(s). This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), allowing third parties to copy and redistribute the material in any medium or format and to remix, transform, and build upon the material for any purpose, even commercially, provided the original work is properly cited and states its license.

**Conclusion:** The choice between the two modalities is usually based on the clinical indication and patient related factors. Factors related to the modality like radiation dose, examination time and availability also play a part but as technology quickly evolves it will also influence the imaging modality of choice. Guidelines can help to expand the radiographer's competence in evaluating the appropriateness of vascular imaging examinations.

## Forkortelser

---

|                  |  |
|------------------|--|
| <b>AI</b>        | Artificial intelligence  |
| <b>AMS</b>       | Arteria mesenterica superior                                       |
| <b>AV-fistel</b> | Arteriovenøs fistel  |
| <b>BB-MRA</b>    | Black-blood magnetisk resonans angiografi                          |
| <b>CDUS</b>      | Color doppler ultrasound   |
| <b>CE</b>        | Contrast enhanced  |
| <b>CTA</b>       | Computertomografi angiografi                                       |
| <b>CTP</b>       | Computertomografi perfusjon  |
| <b>DCE</b>       | Dynamic contrast enhanced  |
| <b>DSA</b>       | Digital subtraksjonsangiografi                                     |
| <b>DSCT</b>      | Dual-source computertomografi                                      |
| <b>eGFR</b>      | Estimert glomerulær filtrasjonsrate                                |
| <b>kVp</b>       | Kilovolt peak  |
| <b>LIS</b>       | Lege i spesialisering  |
| <b>MRA</b>       | Magnetisk resonans angiografi                                      |
| <b>NC</b>        | Non-contrast   |
| <b>NPV</b>       | Negativ prediktiv verdi  |
| <b>NSF</b>       | Nefrogen systemisk fibrose   |
| <b>PAD</b>       | Perifer arteriesykdom  |
| <b>PE</b>        | Lungeemboli  |
| <b>PN</b>        | Partiell nefrektomi  |
| <b>QISS-MRA</b>  | Quiscent-interval singel-shot magnetisk resonans angiografi        |
| <b>RARS</b>      | Renal artery reconstruction score                                  |
| <b>RAS</b>       | Nyrearteriastenose   |
| <b>SAB</b>       | Subarachnoidal blødning  |
| <b>SCIA</b>      | Superficial circumflex iliac artery                                |
| <b>SCIP</b>      | Superficial circumflex iliac perforator                            |
| <b>SDAVF</b>     | Spinal dural arteriovenøs fistel                                   |
| <b>Sub-CTA</b>   | Subtrahert computertomografi angiografi                            |
| <b>T</b>         | Tesla (magnetfeltstyrke)   |
| <b>TAA</b>       | Torakal aortaaneurisme   |
| <b>TAVI</b>      | Transkateter aortaventil implantasjon                              |
| <b>TC</b>        | Truncus coeliacus  |
| <b>TOF-MRA</b>   | Time-of-flight magnetisk resonans angiografi                       |
| <b>TWIST</b>     | Time-resolved angiography with interleaved stochastic trajectories |
| <b>UL</b>        | Ultralyd   |

---

## Innledning

Angiografi er bildediagnostisk fremstilling av blodkar, og kan utføres på flere bildediagnostiske modaliteter slik som CT, MR, digital subtraksjonsangiografi (DSA) eller ultralyd. CTA og MRA er ikke-invasive teknikker, hvor CTA eksponerer pasientene for ioniserende stråling og benytter jod-kontrast, mens MRA er basert på magnetisk resonans og kan benytte gadolinium-kontrast<sup>1</sup>. Både henviser og radiograf må vurdere pasientens risiko før enhver undersøkelse, særlig knyttet til kontraindikasjoner til kontrastmiddel administrasjon på CTA og MRA. På CT kan kontraindikasjoner være diabetes, nyrefunksjon, tidligere reaksjon eller allergier<sup>2</sup>. Eksempler på kontraindikasjoner på MR er metallimplantater, cochlea-implantat, pacemaker og klaustrofobi<sup>3</sup>.

Radiografen har generell kunnskap knyttet til modaliteter, spesielt når det gjelder teknologien modalitetene baseres på, men også bruksområde for ulike modaliteter. For karundersøkelser finnes det imidlertid ikke en entydig foretrukken modalitet. Det er viktig for radiografen å ha kunnskap om valget mellom CTA og MRA, da dette er teknikker radiografen utfører selvstendig. I tillegg har radiografen ansvar for undersøkelsens berettigelse, når det blant annet kommer til stråledose, ressursbruk og pasientflyt<sup>4</sup>.

På grunn av radiolog-mangel<sup>5-7</sup> og radiografenes ønske om faglig varierte oppgaver og mer ansvar<sup>7</sup>, kan det være hensiktsmessig at radiografen overtar flere av radiologens arbeidsoppgaver. Eksempler på dette er beslutninger om hvilke protokoller og modaliteter en bør benytte, eller å beskrive radiologiske bilder. Prosessen der ulike jobbrelevante elementer flyttes fra en yrkesgruppe til en annen med tilegnet kompetanse, kalles jobbglidning. Jobbglidningen mellom radiografer og radiologer er en naturlig utvikling, samtidig som det er naturlig å videreutvikle kompetansen innenfor radiografyrket<sup>5</sup>. Storbritannia er et eksempel hvor jobbglidning er implementert, hvor de med en viss spesialisering får nye spesifikke ansvarsoppgaver som utvider deres kompetanseområde. Rollen som Consultant Radiographer er ikke lik på alle klinikker, men utvikles basert på klinikkens behov og radiografens erfaring<sup>8</sup>. Denne utviklingen innen ansvarsfordeling, er ifølge Norsk radiografforbund også aktuell i Norge. Dette kan blant annet redusere ventetid og svartid på undersøkelsene, men også gi en bedre utnyttelse av personell<sup>9</sup>.

Den kontinuerlige utviklingen innen teknologi påvirker det radiologiske fagfeltet i stor grad, og vil medføre naturlig endring i arbeidshverdagen. Protokoller og teknikker forbedres stadig, og AI vil samtidig bli mer aktuelt å implementere innen feltet. Et eksempel på bruk av AI ved karundersøkelser er ved dataassistert diagnosesystem for aneurismer på CTA og MRA ved bruk av deep learning, som har vist høy kvalitet<sup>10</sup>. AI kan potensielt ta over flere arbeidsoppgaver blant annet valg av modalitet og protokoll og radiografene kan jobbe med pilotprosjekter, vedlikehold og kvalitetssjekk av teknologien<sup>11</sup>.

Søk etter retningslinjer for valg av karmodalitet i Norge ga lite resultat. Et eksempel på en nasjonal retningslinje er ved akutt hjerneslag, og ved denne indikasjonen foretrekkes CT på grunn av dens tilgjengelighet og effektivitet<sup>12</sup>. Tilgjengelighet varierer geografisk innad i

Norge<sup>13</sup> og det kan derfor være en påvirkende faktor for valget av modalitet. Andre faktorer som kan ha innvirkning på modalitetsvalget er diagnostisk verdi, ulik patologi og pasientens forutsetninger. Disse faktorene er viktig for radiografen å ha kunnskap om. Dette er spesielt med hensyn til berettigelse, men også sett i lys av den teknologiske utviklingen som vil påvirke yrket i fremtiden.

Radiografer bør kjenne til begrunnelser for valg av modalitet (CTA eller MRA) ved karundersøkelser. Dette blir spesielt viktig ved eventuell jobbglidning hvor radiografer kan overta denne oppgaven i fremtiden. Videre kan en se for seg radiografer kan få en viktig rolle i utviklingen av AI algoritmer som kan utføre automatiserte modalitetsvalg.

Faktorene som påvirker radiologens valg av modalitet ved karundersøkelser er ikke tidligere undersøkt i Norge. Målet med denne studien var derfor å undersøke hva som legges til grunn for radiologens valg av modalitet ved karundersøkelser.

## Metode

Det ble brukt multimethod for å få informasjon om valg av karmodalitet på både nasjonalt og globalt nivå. I første trinn ble det gjennomført en spørreskjemaundersøkelse blant radiologer i Norge. I andre trinn ble det utført en analyse av tidligere publisert internasjonal forskning på temaet. Hensikten med bruk av begge metodene var muligheten til vurdering av praksisen undersøkt ved hjelp av spørreskjema opp mot evidensgrunlaget kartlagt gjennom en litteraturreview.

### Fremgangsmåte spørreskjemaundersøkelse

Spørreskjemaprogrammet Nettskjema fra UiO ble valgt på bakgrunn av muligheten for anonymisering. Programmet lagrer ikke IP-adresse, brukernavn eller annen personlig informasjon<sup>14</sup>. Data ble overført direkte til Excel.

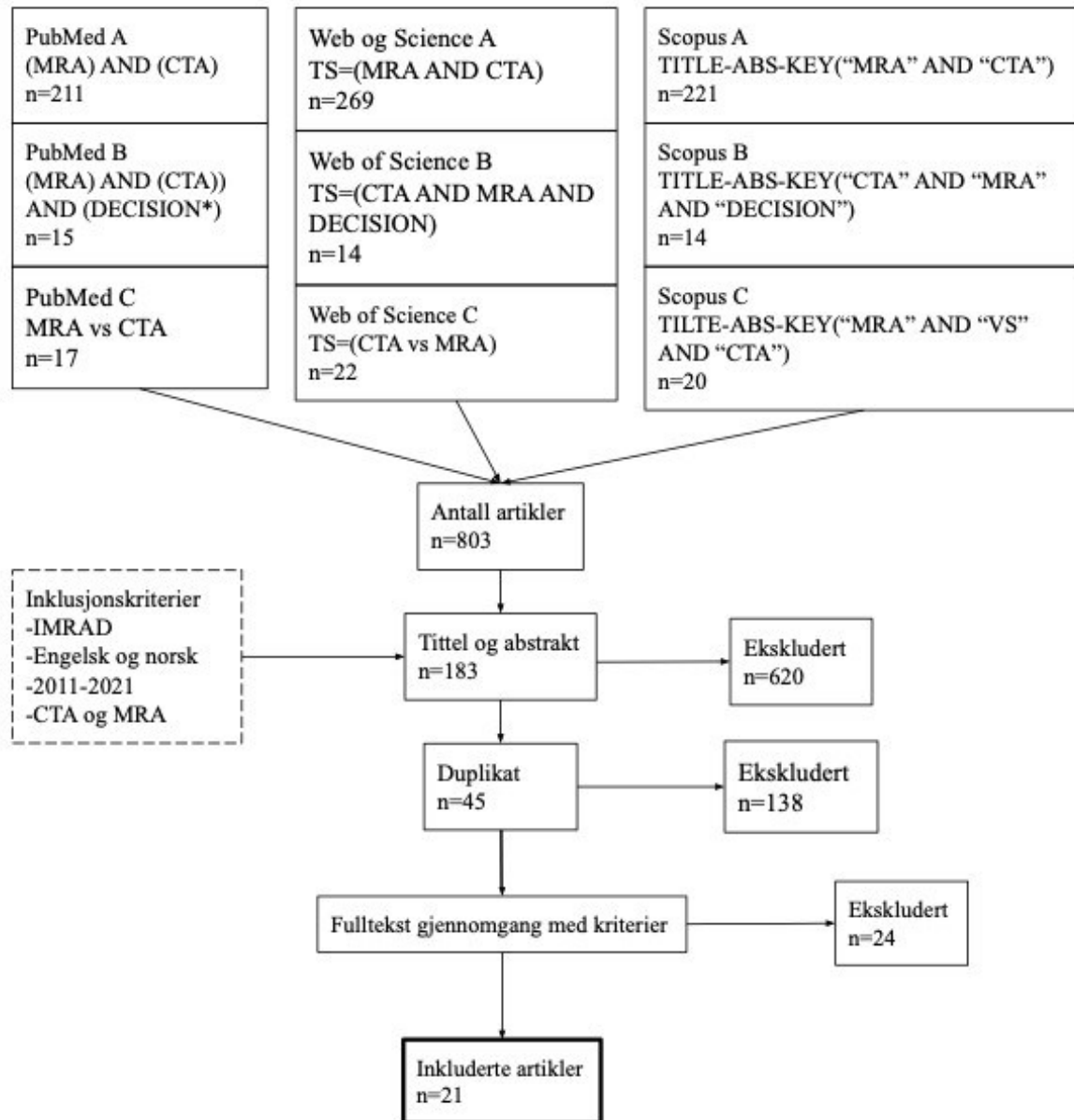
For å kvalitetssikre undersøkelsen ble det gjennomført en pilotundersøkelse<sup>15</sup> med noen få radiologer med relevant erfaring. Det endelige spørreskjema inneholdt 23 spørsmål om informantenes bakgrunn, tilgang på maskiner på deres sykehus, og hvordan de tar forholder seg til forskjellige tekniske og pasientrelaterte faktorer når de velger modalitet.

Informantene ble rekruttert ved hjelp av CT-fagradiografer og seksjonsledere ved offentlige sykehus i Norge. De ble forespurt om å videresende e-posten til radiologer med egnet erfaring. Inkludert i e-posten var direktelenke til undersøkelsen og informasjonsskriv hvor det ble informert om 3 ukers svarfrist. Radiologene som ikke besvarte første e-post, fikk purring en uke før fristen.

### Fremgangsmåte litteratursøk

Søkestrategien inkluderte fremgangsmåte med søkeord, databaser og inklusjonskriterier (figur 1). Dette ble dokumentert sammen med antall treff og inkluderte studier i en søketabell (vedlegg). Søket ble gjennomført i databasene PubMed, Web of Science og Scopus med samme søkeord og inklusjonskriterier.

Søket bestod av tre faser. I første fase ble tittel og sammendrag lest gjennom, og artikler som ikke oppfylte kriteriene (figur 1) ble ekskludert. I andre fase ble duplikat gjennomgått. Siste og tredje fase innebar en fulltekst gjennomgang av inklusjonskriteriene, spesielt med hensyn til sammenligning av MRA og CTA.



**Figur 1**

Flytskjema

### Dataanalyse

Ved behandling av data fra spørreundersøkelsen ble funnene bearbeidet og visualisert i tabeller og figurer. Tendenser fra utdypende kommentarer ble knyttet til dataen. Funn fra litteratursøket ble trukket ut og punktvis presentert i en tabell (vedlegg). Dataen fra undersøkelsen og litteratursøket ble presentert og sammenlignet for hver faktor av

betydning for valg av modalitet. Det ble trukket ut sammenhenger og tendenser med mulige forklaringer eller årsakssammenhenger.

### Etiske aspekter

Kravet til informert samtykke ble ivaretatt ved bruk av informasjonsskriv vedlagt i e-posten hvor det ble informert om frivillig og anonym deltakelse og at besvarelse av spørreskjema ansees som automatisk samtykke, og at all data slettes etter avsluttet studie. Deltakelsen var helt anonym, og det var ikke mulig å spore data til IP-adresse eller e-post og prosjektet måtte derfor ikke meldes til Norsk Senter for forskningsdata<sup>16</sup>.

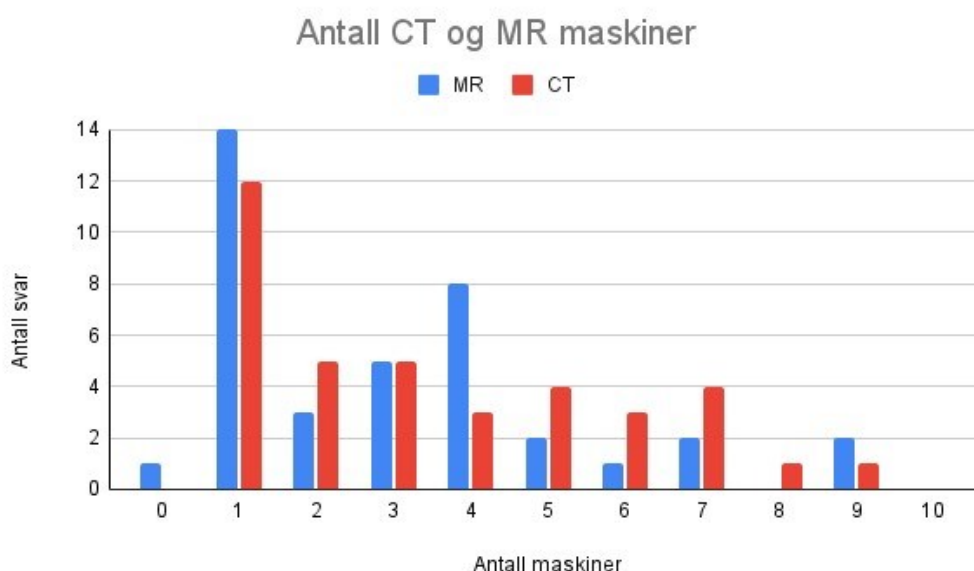
## Resultater

38 radiologer fra offentlige sykehus i Norge besvarte undersøkelsen. Supplerende data fra litteratursøket inkluderte 21 studier (figur 1).

### Tilgjengelighet, skannetid og hastegrad

68,4 % av respondentene benytter CT oftere på grunn av tilgjengelighet (antall tilgjengelige maskiner er presentert i figur 2 og undersøkelsesfrekvens i figur 3), mens 26,3 % kan velge fritt mellom MR og CT. En respondent uttrykte at MR og CT kompetanse også påvirker valget. Andre kommenterte at indikasjon eller bildekvalitet er viktigere å ta hensyn til.

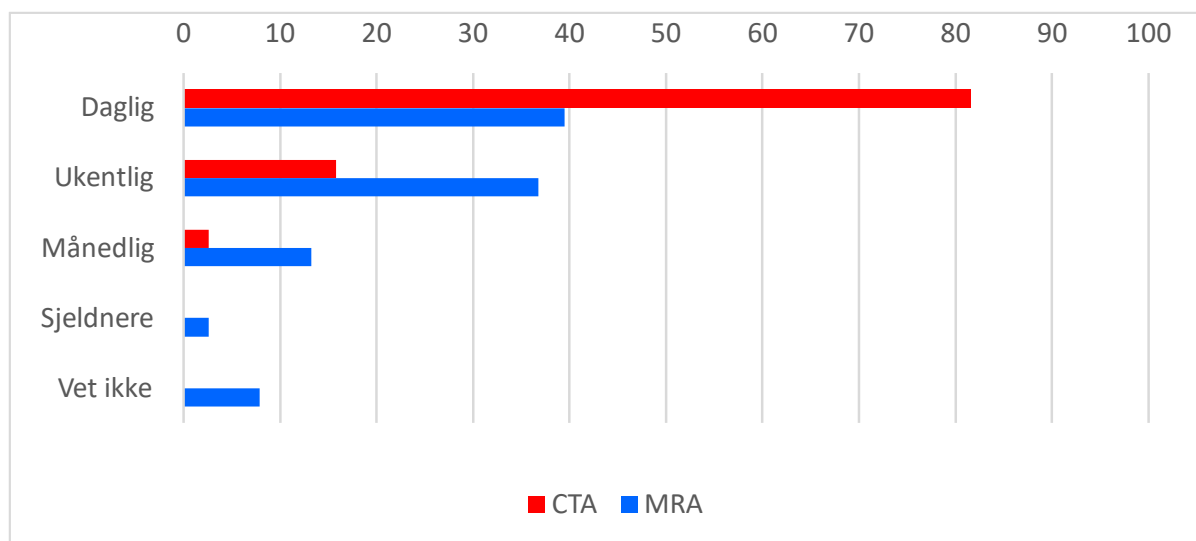
84,2 % svarte at hastegraden på undersøkelsen påvirket valget, da det er antatt at CT er mer tilgjengelig og raskere. Hos noen er MR like raskt tilgjengelig når det ikke er akutt, og påvirker derfor valget i liten grad. En respondent mener det er enkelte problemstillinger hvor MRA er overlegen over CTA, og blir derfor et unntak.



**Figur 2**

Tilgang på maskiner. Figuren viser hvor mange respondenter rapporterer et visst antall MR- og CT-maskiner på deres sykehus.

## Choice of angiographic imaging modality: CTA vs. MRA



**Figur 3**

Undersøkellesfrekvens på respondentenes sykehus (prosent).

To studier fant at CTA var mer tilgjengelig enn MRA<sup>17,18</sup>. I 3 av de 4 studiene som så på kostnad var CTA billigst<sup>17,19,20</sup> men i den ene studien var 3D Time-of-flight magnetisk resonans angiografi (TOF MRA) billigst<sup>21</sup>. Syv studier fant at CTA er raskest<sup>17,19,22-26</sup> men 1 studie med 3D TOF MRA fant at denne sekvensen hadde kortere skannetid enn CTA<sup>21</sup>.

### Bildekvalitet og diagnostisk verdi

Flere av respondentene kommenterte at kvalitet på undersøkelse hadde innvirkning på valg av modalitet. 7 studier fant at CTA hadde bedre fremstilling og bildekvalitet<sup>17,19,22,24,26-28</sup>, mens 4 studier fant ingen stor forskjell<sup>21,29-31</sup>. Ved 6 studier var den romlige oppløsningen best hos CTA<sup>17,23,25-27,31</sup>, mens hos 1 studie med 3D TOF-MRA var den romlige oppløsningen bedre enn ved CTA<sup>21</sup>. En respondent uttrykte at CT ofte har den beste romlige oppløsningen som visualiserer mye detaljer. En annen kommenterte at CTA er bedre enn MRA på de fleste indikasjonene. I tillegg forklares det også at kvalitet på undersøkelse og modalitet også kan være knyttet til alder på utstyret som er tilgjengelig.

7 studier diskuterer artefakter<sup>17,19,24-26,30,32</sup>, og 3 av disse nevner artefakter fra både CTA og MRA<sup>24,30,32</sup>. 1 studie fant at 3T er bedre enn 1,5T på kontroll av coilede aneurismer, til tross for at den kan gi mer artefakter<sup>32</sup>.

Når det kom til diagnostisk verdi fant 5 studier at CTA var bedre<sup>18,20,22,25,27</sup>, mens 2 studier fant at MRA var bedre<sup>23,30</sup>. Likevel sier 3 studier at det ikke er signifikant forskjell ved sammenligning av teknikkene<sup>30,33,34</sup>.

8 studier konkluderte med at CTA hadde høyere sensitivitet<sup>17,18,20,22,23,25,27,33</sup>, mens 2 studier konkluderte med at MRA hadde høyere sensitivitet<sup>18,35</sup>. 3 studier fant at CTA hadde høyere spesifisitet<sup>25,27,28</sup> og 2 studier fant at MRA hadde høyere spesifisitet<sup>33,35</sup>. 1 studie fant ingen forskjell på spesifisitet<sup>17</sup>. Likevel fant 3 studier at det ikke var en signifikant forskjell på

sensitivitet og spesifisitet<sup>26,31,34</sup>. 1 studie fant at sensitiviteten og spesifisiteten ved BB-MRA ved alvorlig carotis stenose var sammenlignbar med DSCTA, men var bedre enn TOF-MRA<sup>28</sup>.

### Erfaring og bruk av retningslinjer

De fleste respondentene benytter ikke retningslinjer når de velger mellom CTA og MRA (73,7 %). De resterende 26,3 % benytter retningslinjer. Flere av radiologene begrunnet svaret sitt med at de baserer valget på erfaring. En uttrykker at bedømmingen er individuell for pasienten og klinisk bilde. Retningslinjene som ble nevnt, var patologispesifikke retningslinjer som f.eks. ved giant cell arteritis eller lokale retningslinjer for det enkelte sykehuset.

1 studie påpekte den nye retningslinjen som økte eGFR-grensen for de som er i risikozonen for NSF, fra 30 til 40 ml/min/1,73 m<sup>2</sup><sup>30</sup>. En annen studie nevner retningslinje av (European Society of Cardiology (ESC) som foreslår både CT og MR ved årlige kontroller av medfødt TAA hos voksne<sup>29</sup>.

35 av 38 respondenter kjenner seg trygg på å velge modalitet basert på egen kunnskap og erfaring. Respondentenes bakgrunn og erfaring er presentert i tabel 1 og figur 4. Noen respondenter tar også hensyn til henvisers valg eller ønske om modalitet. Det kommenteres også at radiologenes kompetanse på modalitetene spiller en rolle. En respondent utdypet med usikkerhet på når CTA benyttes fremfor MRA, da vedkommende har begrenset erfaring med tolkning på MRA på annet enn cerebrale kar. Flere respondenter benytter litteratur som støtte i modalitetsvalget, i tillegg til egen erfaring. 34, 2 % ønsket ikke retningslinjer, mens 28,9 % kunne tenke seg retningslinjer som et hjelpemiddel ved modalitetsvalget. 13,2 % bruker retningslinjer som allerede finnes, og 23,7 % vet ikke.

**Tabell 1**

Respondentenes bakgrunn

|   | Antall | Prosent |
|---|--------|---------|
| <b>Fagansvarlig radiolog (innen karundersøkelser)</b> | 6      | 15,8 %  |
| <b>Fagansvarlig radiolog (annet)</b>                  | 10     | 26,3 %  |
| <b>Avdelingsoverlege</b>                              | 6      | 15,8 %  |
| <b>Radiolog</b>                                       | 23     | 60,5 %  |

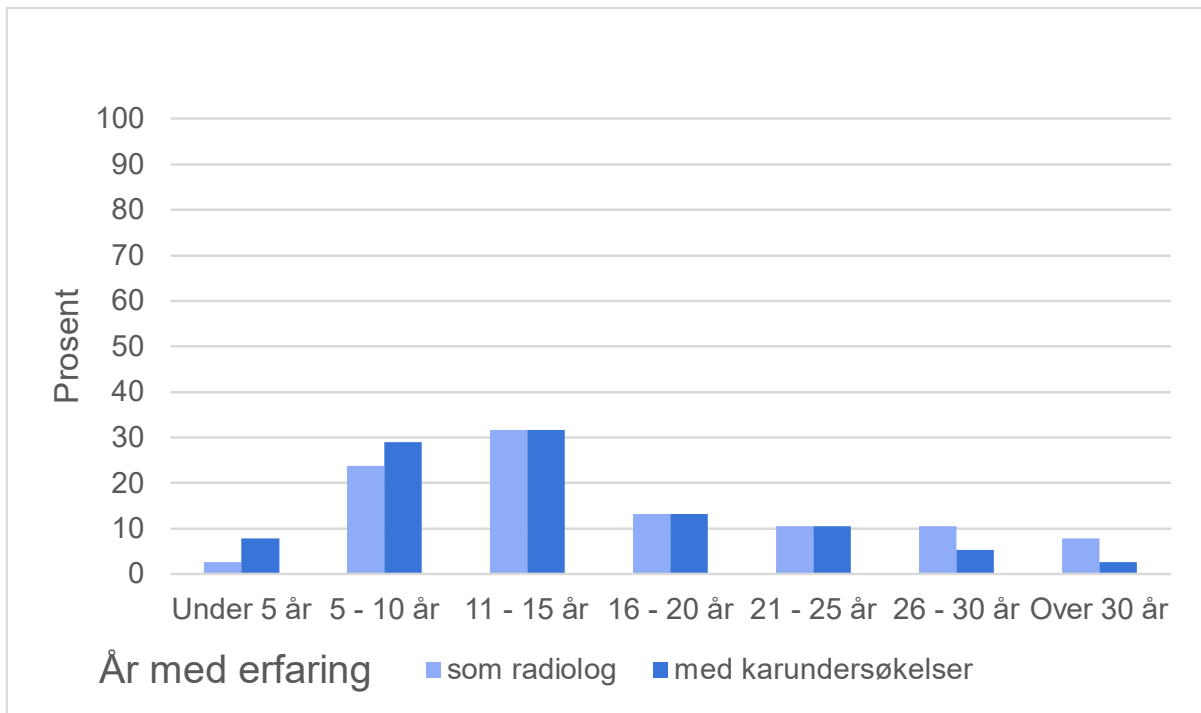
### Kontraindikasjoner og risikofaktorer

Metall kan være kontraindikasjon for MRA<sup>19,22</sup>, i tillegg til klaustrofobi<sup>19</sup>. 1 studie nevner risikoen med kontrastreaksjon på CTA<sup>17</sup>. En annen studie nevner at CTA og MRA med kontrast gir begrensninger for pasienter med nedsatt nyrefunksjon, og dette henger sammen med risikoen for utvikling av NSF og nefropati<sup>28</sup>. 7 studier trekker frem risiko for



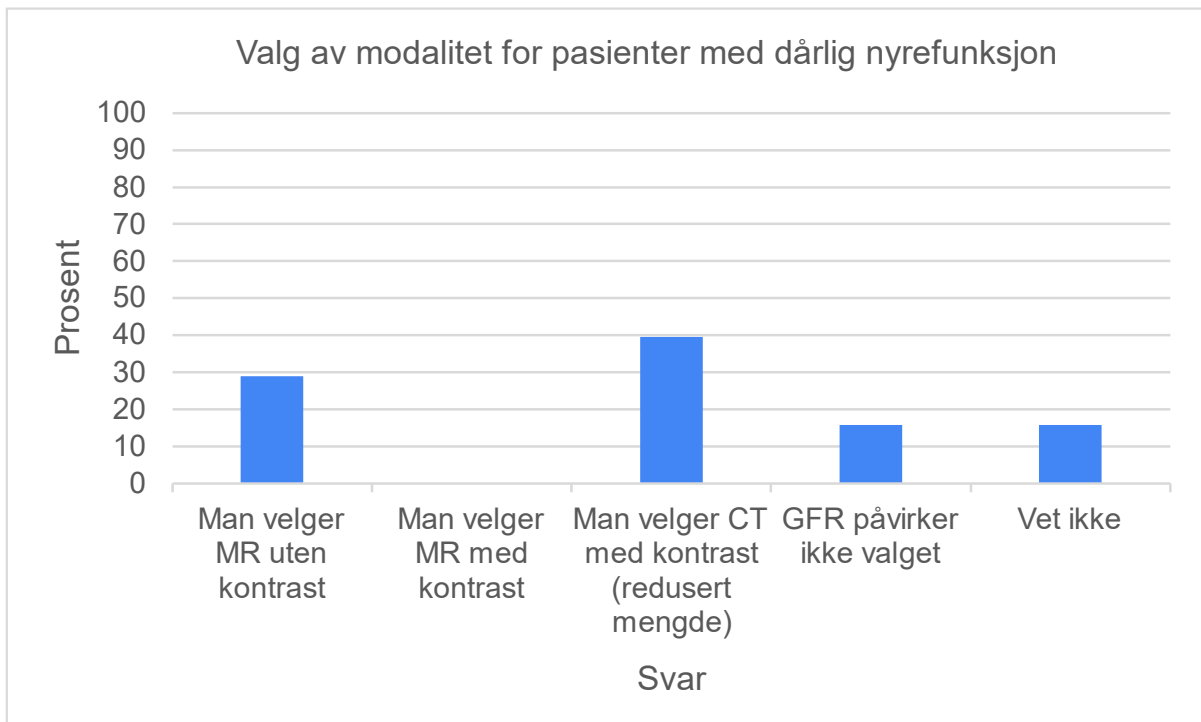
## Choice of angiographic imaging modality: CTA vs. MRA

NSF knyttet til gadoliniumkontrast<sup>17,28-30,32,36,37</sup>. Likeså trekker 6 studier frem risikoen for kontrastmiddel på CTA, knyttet til nefrotoksisitet<sup>21,22,29,30,36,37</sup>.



**Figur 4**

Respondentenes erfaring



**Figur 5**

Hensyn til nyrefunksjon ved valg av modalitet.

Noen foretrekker MRA uten kontrast dersom det er egnet. Flere foretrekker CTA så lenge det går og påpeker at det er bare relativ kontraindikasjon ved CT, og noen foreslår oppvæsking når GFR er middels lav til lav. 2 respondenter påpeker at MR med kontrast er kontraindisert ved GFR lavere enn 30ml/min/1,73m<sup>2</sup>.

11 studier påpeker at ioniserende stråling er en av ulempene med CTA<sup>18-24,28,32,35,36</sup>. 3 studier mener at yngre bør prioriteres på MRA, for å unngå stråleeksponering, og at alder spiller en viktig rolle ved valg av modalitet<sup>19,29,35</sup>.

52,6 % av respondentene svarte at vurderingen av modalitet er aldersbetinget med tanke på stråledose, og at yngre prioriteres til MR. 42 % svarte at det er individuelt ut ifra sykdomsbildet. En respondent utdypet at MR av store kar blant annet prioriteres etter alder. Ved nevro-undersøkelser derimot, er det ikke alder som er avgjørende for valget. En annen har kommentert at andre faktorer prioriteres før alder, som indikasjon og kontraindikasjoner.

De fleste radiologene oppgir at pasientens evne til å ligge stille påvirker valg av modalitet i stor grad eller i noen grad mens 10,5 % rapporterer at det påvirker det bare i liten grad og 2,6 % i svært liten grad. En respondent mente at CT foretrekkes ved redusert samarbeidsevne, med unntak for barn, men dette gjelder få. Det nevnes at pasienter som ikke klarer å ligge kan smertestilles og/eller sederes, dersom undersøkelsen må utføres på en spesifikk modalitet.

### **Førstegangsundersøkelse eller kontroll**

3 studier mener at CTA skal være primærmodalitet, på grunnlag av at MRA har noen begrensninger, særlig i akutte situasjoner<sup>20,25,27</sup>. Hos en av respondentene kan MR være like raskt tilgjengelig som CT, da innenfor dager eller uker. En annen studie mener at MRA skal være primærmodalitet, fordi den blant annet ikke benytter ioniserende stråling og kan repeteres selv etter kontrastbolus<sup>35</sup>. Ved kontraindikasjoner på CTA, mener 1 studie at QISS-MRA kan benyttes som førstegangsundersøkelse<sup>26</sup>.

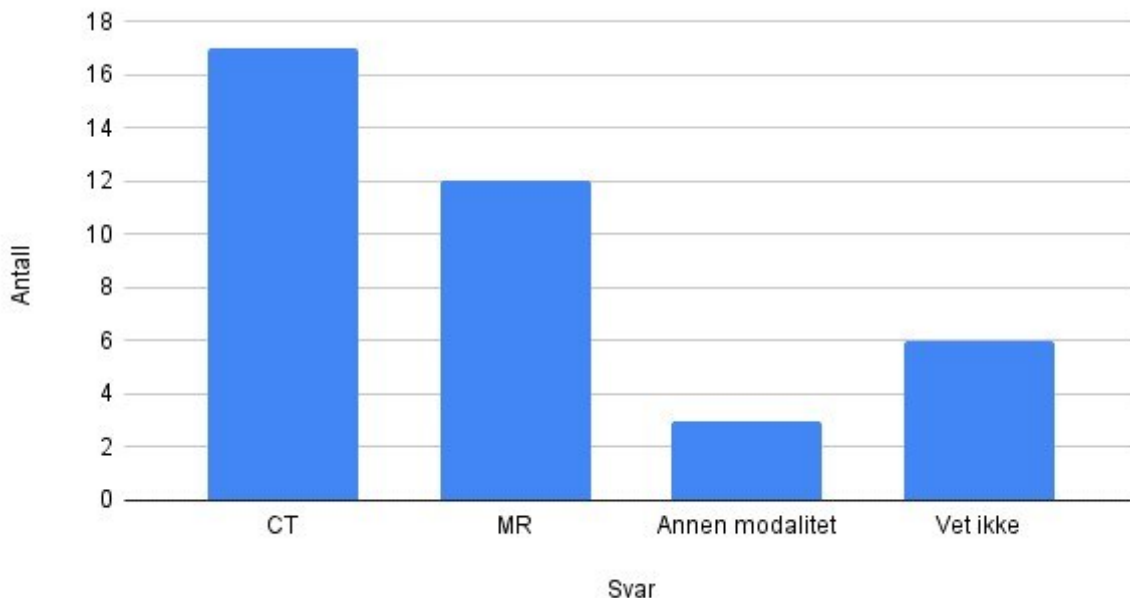
28 av 38 svarte at MRA kan benyttes som førstegangsundersøkelse, 7 av 38 svarte at den kun er supplerende til CTA ved spesielle funn. Noen radiologer understreker at indikasjonen er avgjørende, eksempelvis nevnes MR som førstegangsundersøkelse ved spørsmål om kroniske karobstruksjoner, Willis aneurisme og nyrearterieaneurisme.

19 av 38 respondenter svarte at valg av modalitet ikke påvirkes av om undersøkelsen er en utredning eller en kontroll. 15 av 38 svarte at det påvirkes. De fleste foretrekker CT ved kontroll (figur 6). En av studiene viser også at CTA var mest brukt ved kontroll<sup>18</sup>. 3 respondenter formidler at unge pasienter ofte prioriteres på MR ved kontroller, med hensyn til strålebelastning.

Flere kommenterer at patologien og dens lokalisasjon er en faktor som vektet tungt i valget. For eksempel kontrolleres intracerebrale aneurismer oftest på MR, mens aortaaneurismer

oftest kontrolleres på CT. En annen respondent mener at CT foretrekkes oftere ved utredning og/eller kontroll.

Flere av radiologene påpeker at indikasjonen er viktigst ved kontroll. Det nevnes eksempler som at disseksjon i thoracalaorta skal på MRA, storkarvaskulitter på CTA og disseksjon i carotis/vertebralis kan både på CTA og MRA. Noen påpeker at det er henviser som velger.



**Figur 6**

Foretrukket modalitet ved kontroll.

### Patologi

Halvparten av respondentene svarte at modalitetene brukes til forskjellig patologi, og 15,8 % svarte at de ikke gjør det. 28,9 % svarte at det kun brukes ved enkelte eller spesielle tilfeller. En radiolog trekker frem at aneurismer fremstilles dårligere på MR hvor man ofte bare ser lumen, og at det er ytterdiameter som benyttes i vurderingen av aneurismen. Det kommenteres også at lokalisasjon kan påvirke valget.

Et eksempel på ulik fremstilling av patologi, fra 2 av studiene i litteratursøket, er at BB-MRA selektivt undertrykker arterielumen og dermed kan fremstille arterieveggen og måle stenosegraden<sup>28</sup>, mens QISS-MRA ikke viser arterieveggen og kun fremstiller lumen<sup>24</sup>.

### Foretrukken modalitet

Resultatene fra spørreskjema viser en preferanse for CT, men flere av radiologene fastslår at ulik problemstilling har ulik gullstandard og at både MR og CT har sine fordeler og ulemper. Det nevnes av enkelte at utviklingen innen feltet stadig påvirker hva som regnes som gullstandard.

Fem studier mener CTA er den foretrukne modaliteten<sup>18,21,25,29,37</sup>. 2 av disse anser CTA som gullstandard<sup>29,37</sup>. En annen studie baserer det på fordelene til CTA, som for eksempel tilgjengelighet, rask tolkning og muligheten for å undersøke komorbiditet<sup>18</sup>. Den siste av de 4 mener CTA gir best oversikt og evner å stille riktig diagnose til å være en non-invasiv modalitet<sup>25</sup>. 1 studie mener 3D-TOF-MRA er overlegen over CTA på grunn av dens fordeler, som blant annet kostnad, fremstilling og ingen ioniserende stråling<sup>21</sup>.

### **Valg av modalitet**

De fleste respondentene baserer modalitetsvalget på best practice, det som fungerer best for den enkelte pasienten og i praksis (68,4 %). Noen baserer det på retningslinjer (10,5 %), og andre har ikke retningslinjer eller spesielle grunner for valget (7,9 %). En respondent benytter lokale retningslinjer og tar hensyn til individuelle vurderinger, mens en annen kommenterte at de benytter kombinasjonen av best practice og retningslinjer.

Avslutningsvis nevner en respondent andre faktorer som ofte har større betydning, som for eksempel tilgjengelig kompetanse og tolkningsmuligheter. Det påpekes også at utstyrets alder påvirker kvaliteten på undersøkelsen.

Av 4 studier som diskuterer hva man skal basere valg av modalitet på 3 anbefaler valg basert på pasientens situasjon<sup>22,32,34</sup>, og to av disse konkluderer i tillegg med at modalitetene har lik diagnostisk verdi<sup>22,34</sup> mens den resterende studien fokuserer på tilgjengelighet, kliniske trender og teknologiske utviklinger<sup>19</sup>.

## **Diskusjon**

Målet med denne studien var å utforske faktorer som påvirker valg av modalitet mellom CTA og MRA. Multimethod fremgangsmåte ga muligheten til å studere dette i Norge ved bruk av spørreskjema, og internasjonalt ved hjelp av litteratursøk.

Funnene fra spørreundersøkelsen viser at CT benyttes oftere på grunn av tilgjengelighet. Dette kan en se på den store andelen som utfører CTA daglig, i motsetning til MRA der variasjonen er større. En forklaring på dette kan være antall tilgjengelig maskiner på sykehuset og undersøkelsestid. Ut ifra resultatet kan en se en jevnere fordeling med flere antall CT-maskiner per sykehus, enn antall MR-maskiner. Tendensen, som framkommer av litteratursøket, er at CTA er raskere<sup>17,19,22-26</sup>. Et annet viktig funn er at hastegraden i stor grad påvirker valget i retning mot CTA (84,2 %). Dette kan skyldes raskere undersøkelsestid og dermed flere undersøkelser per dag, noe som til sammen gir økt tilgjengelighet. Det er overensstemmelse i funnene fra både undersøkelsen og litteratursøk som viser at ved enkelte kliniske spørsmål vil ikke tilgjengelighet være den viktigste faktoren. Her fokuseres det mer på bilde kvaliteten og den diagnostiske verdien til modaliteten knyttet til den spesielle indikasjonen.

Bildekvalitet og diagnostisk verdi på modaliteten ble ikke vektlagt som en avgjørende faktor i spørreundersøkelsen, men fritekstsvaret fra flere spørsmål ga uttrykk for at det kan ha innvirkning på valget. Et interessant funn fra litteraturstudien er at CTA kommer noe bedre

ut enn MRA i forhold til diagnostisk verdi<sup>18,20,22,25,27</sup> fremstilling og bildekvalitet<sup>17,19,22,24,26-28</sup>, og romlig oppløsning<sup>17,23,25-27,31</sup>. Den samme tendensen kan ses ut fra respondentene fra norske sykehus, der det kommer frem at CT anses å ha bedre kvalitet. Likevel er det flere studier som ikke finner signifikant forskjell ved diagnostisk verdi<sup>30,33,34</sup>, eller fremstilling og bildekvalitet<sup>21,29-31</sup>. MRA viste seg, i noen tilfeller, å være bedre på romlig oppløsning<sup>21</sup> og diagnostisk verdi<sup>23,30</sup>.

En mulig forklaring på de varierende funnene over kan være at de som gjennomfører studiene har ulik faglig bakgrunn, som for eksempel radiologer eller fysikere. Dette kan føre til at det er ulike forhold som vektlegges når bildekvalitet og diagnostisk verdi vurderes. Det kan i tillegg være spesifikt i forhold til hva som skal undersøkes, for eksempel en gitt patologi. En faktor som ikke ble trukket frem fra undersøkelsen er reproduserbarhet. Dette nevner 1 studie, som fant at CTA har bedre reproduserbarhet enn MRA<sup>17</sup>. Til tross for at stenter, clips and coiler kan påvirke attenuasjon på CT og signalintensiteten fra protonrelaksering på MR og produsere artefakter og dette kan være med på å påvirke valg av modalitet ble ikke artefakter vektlagt av respondentene. Artefakter ble nevnt av 7 studier i litteratursøket<sup>17,19,24,25,30-32</sup> det mest diskuterte var stentartefakter, med det ble ikke fremstilt som et viktig moment i valg mellom CTA og MRA men heller i vurdering av disse mot DSA som er en mer invasiv modalitet<sup>32</sup>. En forklaring for lite fokus på artefakter blant norske radiologer kan være mer utstrakt bruk av nyere teknologi (som f.eks. dual energy) som gir en betraktelig artefaktreduksjon.

Manglende konsensus i litteraturen vedrørende sensitivitet og spesifisitet, gir ikke et tydelig svar på hvilken modalitet som har bedre sensitivitet eller spesifisitet enn den andre. Dette kan forklares med at studiene tar utgangspunkt i undersøkelse av et organ eller en patologi, som hver for seg har ulik sensitivitet og spesifisitet. Dermed kan en se at valg av modalitet ikke burde tas uten å ta hensyn til organ og patologi. En kommentar fra spørreskjema viser at kvalitet på undersøkelse og modalitet også kan være knyttet til alder på utstyret som er tilgjengelig. Modalitetsvalget kan også påvirkes av hvilken teknologi, maskin og utstyr som er tilgjengelig. Dette varierer hos de ulike sykehusene. Som nevnt over, henger bildekvalitet og diagnostisk verdi sammen med indikasjon, og dette påvirker igjen valg av modalitet.

Litteratursøket ga lite svar på hvilke retningslinjer som benyttes. Både amerikanske og europeiske karkirurgi foreninger har retningslinjer<sup>38,39</sup> men det er vanskelig å si i hvilken grad radiologene bruker dem iom. at tilnærmet  $\frac{3}{4}$  av respondentene svarte at de ikke benytter retningslinjer. Likevel kan en ikke trekke konklusjoner om behovet for retningslinjer, da innsamlet data fra spørreskjemaet ikke viser en tydelig trend. Et fåtall respondenter utdypet at det allerede finnes retningslinjer, og det var retningslinjer som var lokale eller spesifikke for en indikasjon som ble eksemplifisert. Et gjentagende funn knyttet til retningslinjer i undersøkelsen, var at flere baserer valget på egen erfaring og kunnskap, noe som kan forklare mindre behov for retningslinjer. Flertallet av respondentene har over fem års erfaring, både som radiolog og med karundersøkelser. I tillegg er en betydelig andel fagansvarlige eller avdelingsoverleger, som igjen kan tyde på lengre erfaring og et større

ansvar innen modalitetsvalg. En respondent nevner andre faktorer som ofte har større betydning, for eksempel tilgjengelig kompetanse og tolkningsmuligheter. Kompetanse innen CT og MR kommer frem som en faktor som kan veie tyngre enn andre faktorer som ble inkludert i spørreskjemaet. I tillegg belyses tolkningserfaring og tolkningsmuligheter som sentrale faktorer ved radiologers valg av modalitet.

Flere av respondentene uttrykte at det var henviser som velger modalitet. Noen radiologer gjør sjeldent om på henvisende lege sitt valg, mens andre radiologer tar deres ønske i betraktning. Det kan tyde på at de fleste er henvist av spesialister som bruker noen av de etablerte retningslinjene nevnt før, og ønsket om modalitet er begrunnet godt nok i henvisningen slik at radiologen ofte kan godkjenne disse.

Absolutte kontraindikasjoner påvirker valg av modalitet. Dette kan være enkelte typer innoperert metall på MR<sup>19,22</sup> eller alvorlig kontrastmiddelreaksjon på CT<sup>17</sup>. MRA uten kontrast kan fungere som et alternativ der kontrastmiddel er kontraindisert, slik som 3D-TOF-MRA<sup>21,28,32</sup> og BB-MRA<sup>28</sup>. Dette bekreftes ut ifra funnene fra undersøkelsen. Redusert kontrastmiddelmengde og oppvæsking på CTA er også et foretrukket alternativ ifølge data fra undersøkelsen. Relative kontraindikasjoner trenger derfor ikke nødvendigvis å utelukke en modalitet. Dette kan være grunnen til at kontraindikasjoner ikke har vesentlig fokus i undersøkelsen eller litteraturen.

Stråling ble nevnt som ulempe med CTA i mesteparten av studiene<sup>18-24,28,32,35,36</sup> og MRA ble sett som et bedre alternativ på grunn av høy stråledose på CTA<sup>19</sup>. Dette argumentet er ikke like gjeldende i dag, da oppdatert teknologi og kunnskap bidrar til lavere stråledoser. Man kan for eksempel redusere stråledose og forbedre bildekvalitet på CTA ved å benytte lav rørspenning<sup>40</sup> eller Dual-energy<sup>41</sup>. Litteraturen påpeker at yngre pasienter ofte prioriteres til MR, med hensyn til stråledose<sup>19,29,35</sup> spesielt ved gjentatte kontroller der strålebelastningen totalt sett blir større. Dette samsvarer med tendensen i undersøkelsen hvor halvparten av respondentene også mener dette. Fortsatt er det en betydelig andel som foretar vurderingen individuelt. Fritekstsvaret knyttet til om modalitetsvalg er aldersbetinget, speiler at indikasjon også her vil vektlegges mer enn alder. Basert på dette resultatet kan man se at alder ikke er den viktigste faktoren. Likevel bør man etterstrebe å redusere strålebelastningen hos pasienter med lang forventet levetid. Dette er også et av strålevern myndighetenes sine krav for at undersøkelsen skal være berettiget. Det skal vurderes alternative metoder som har liten eller ingen eksponering for ioniserende stråling<sup>42</sup>.

Pasientens samarbeidsevne påvirker, ifølge respondentene i spørreundersøkelsen, valg av modalitet i noen grad. Det er også her kommentert at den kliniske problemstillingen står mest i fokus ved modalitetsvalg, og problemet med dårlig samarbeidsevne kan løses med tiltak som sedering. Litteraturen omtaler kun samarbeidsevne i den grad at valget anbefales å tas ut ifra situasjonen til den enkelte pasienten.

Omtrent  $\frac{3}{4}$  av radiologene fra spørreundersøkelsen mener at MRA kan benyttes som førstegangsundersøkelse. Likevel presenterer litteraturen MRA sine begrensninger i akutte tilfeller<sup>20,25,27</sup>. Andre begrensninger på MRA kommer til syne ved diskuterte faktorer over, som blant annet tilgjengelighet. En studie beskriver rask tolkningstid og evnen til å undersøke komorbiditet på CTA, som kan ses som en fordel fremfor MRA<sup>18</sup>. I kontrast til funnene i litteraturen presiserer en respondent at MR-undersøkelser som ikke er akutte, kan være like raskt tilgjengelig som CT ved dette sykehuset. I tillegg argumenterer en studie for at MRA kan fungere som førstegangsundersøkelse, på grunn av at pasienten ikke eksponeres for ioniserende stråling og at scan kan repeteres etter gitt kontrastbolus<sup>35</sup>.

En kan se at de fleste respondenter foretrekker CTA framfor MRA ved kontroll av blodkar. Dette kan ha sammenheng med at flere mener at CTA har bedre bildekvalitet, diagnostisk verdi og er mer tilgjengelig, som tidligere diskutert. Igjen understreker radiologene at indikasjonen til slutt er den avgjørende faktoren. Det oppgis eksempler på flere patologier og lokalisasjoner som knyttes til valg av modalitet.

Halvparten av respondentene svarte at modalitetene brukes til forskjellig patologi, mens om lag  $\frac{1}{4}$  mener det kun er ved enkelte eller spesielle tilfeller. Fra fritekstsvaret i undersøkelsen kommer det tydelig frem at type patologi og dens lokalisasjon spiller en viktig rolle i modalitetsvalget. Flere patologier eksemplifiseres gjennom fritekstsvaret. Det kommer frem i undersøkelsen at aneurismer fremstilles dårligere på MR enn på CT, fordi man ikke får fremstilt den ytre diameteren. Litteraturen viser at det er forskjell på de ulike teknikkene innen MRA, for eksempel BB-MRA og QISS-MRA<sup>24,28</sup>. Dette vil også kunne påvirke valget av egnet modalitet og teknikk.

Hovedandelen av studiene fra litteratursøket tar også utgangspunkt i en patologi og/eller spesifikke områder. Dette tyder på at spesifikke patologier egner seg mest på én teknikk på grunn av ulik fremstilling og kvalitet, som tidligere er nevnt.

Et flertall av respondentene i undersøkelsen samt enkelte studier i litteraturen<sup>17,29,37</sup>, utnevner CTA som gullstandard i dag. Likevel er det en andel respondenter som mener at det ikke finnes en gullstandard. Som diskutert over, henger dette sammen med at ulike patologier fremstilles forskjellig på ulike teknikker. Ulike problemstillinger har dermed ulik gullstandard, og dette utvikles i takt med videreutvikling av teknologien.

Man kan se en tydelig trend på at de fleste radiologene som deltok i undersøkelsen baserer valget sitt på best practice. Dette korresponderer med funn fra litteraturen, der en liten andel av studiene hovedsakelig velger modalitet med hensyn til pasientens situasjon<sup>22,32,34</sup>. En annen studie derimot, poengterer at valget tas på bakgrunn av faktorer som tilgjengelighet, kliniske trender og utviklinger<sup>19</sup>. Ut ifra dette kan man se at det er vanskelig å generalisere og konkretisere nøyaktig hva som legges til grunn. En respondent som hadde lite erfaring med tolkning av MRA, formidlet usikkerhet rundt når modaliteten foretrekkes framfor CTA. En annen påpekte også at kompetanse på MR og CT påvirker valget. Det er derfor sannsynlig at det finnes en sammenheng mellom hvilken erfaring den enkelte

radiolog har og hvilken modalitet som velges. Spesielt i lys av tolkningserfaring, men også hva som vektlegges av faktorene. Respondentenes tilbakemelding om at indikasjon er viktig var gjennomgående gjennom hele undersøkelsen. Litteraturen studerer ikke dette direkte, men som nevnt tar de fleste studiene utgangspunkt i en indikasjon. Samlet sett, og i sammenheng med resultatet fra undersøkelsen, kan det tolkes som at dette er en avgjørende faktor for modalitetsvalget.

Faktorene som påvirker radiologens valg av modalitet er noe radiografen bør ha kunnskap om, spesielt med hensyn til berettigelse og generell kunnskap om hvilken modalitet som fremstiller en gitt patologi bedre enn den andre. Som nevnt innledningsvis utføres CTA og MRA selvstendig av radiografer, med ansvar for å kontrollere berettigelse. Dersom radiologens oppgave med å velge modalitet gradvis overføres til radiografen, i form av jobbguidning eller arbeid med opptrening av AI-algoritmer som kan brukes til automatisk valg av modalitet, vil det være relevant med mer kunnskap rundt faktorene. Det vil også bli aktuelt med kompetanseheving og kurs innen tolkning av henvisninger og bilder, samt klinisk kompetanse.

Slik det er i dag, er radiografens hovedansvar å oppdage eventuelle kontraindikasjoner skrevet på henvisning eller ved møte med pasient, da undersøkelser som ikke er berettiget ikke skal gjennomføres<sup>42</sup>. Det kan også tenkes at radiografen er mer bevisst rundt stråleeksponering, på bakgrunn av faglig kompetanse i motsetning til henvisere som fokuserer mer på diagnostisering av pasienten. Derfor vil det, for radiografen sin del, være hensiktsmessig å ha retningslinjer.

Ideelt sett bør algoritmer for undersøkelse av kardiovaskulære pasienter etableres i fellesskap av kardiologer og radiologer og diagnostiske retningslinjer bør sammenligne alle metoder som kan brukes på et bestemt klinisk spørsmål<sup>43</sup>.

Denne studien må ses i lys av sine svakheter. På grunn av indirekte rekruttering av aktuelle respondenter, var det umulig å anslå svarprosent, noe som påvirker studiens eksterne validitet. Antallet respondenter var ganske lav, noe som ikke gir mulighet til å analysere eventuelle korrelasjoner. Spørsmål i undersøkelsen er generelle, og det ble ikke gått i dybden på ulike patologi. Noen spørsmål hadde ikke separate "annet" og "vet ikke", derfor kan man ikke med sikkerhet si hvem som hadde utdypende kommentarer og hvem som svarte "vet ikke". Dette gir en mulig skjevhet. Den indirekte rekrutteringsprosessen gir ukjent svarprosent og geografisk fordeling av respondenter. Litteratursøket måtte begrenses i forhold til mengde, tid og ressurser. Derfor kan det være andre relevante studier som ble utelukket på grunn av strenge kriterier og fremgangsmetoden. Studien ser på modalitetsvalget i sin helhet, og tar ikke forbehold for det som er spesifikt for ulike områder og patologier.



## Konklusjon

Valget mellom CTA og MRA er komplekst. Modalitetsvalget er basert på et helhetlig bilde av ulike faktorer, og det er individuelt per pasient hvilke faktorer som vektet tyngst.

Modalitetene har hver sine fordeler og ulemper som har innvirkning på faktorene. Likevel kan det konkluderes med at klinisk problemstilling er faktoren som påvirker modalitetsvalget i størst grad. Fagfeltet og teknologi utvikles kontinuerlig. Dette vil også påvirke foretrukken modalitet i fremtiden.

Det kan ses et behov for å utvikle retningslinjer, da særlig for radiografer. Ut fra undersøkelsen, kan en se at et slikt hjelpemiddel også er ønskelig for noen radiologer. Hvis det skulle lages retningslinjer for radiografen som gjør vurdering, bør de kanskje gjøres lokalt, for å ta hensyn til CT/MR-tilgjengelighet og radiologenes preferanser og/eller ekspertise.

## Takksigelser

Vi ønsker å rette en stor takk til Ragna Stalsberg for innspill som har gjort skriveprosessen inspirerende og spennende. Videre vil vi også takke alle radiologene som deltok i spørreundersøkelsen.

## Referanser

1. Weinreich M, Litwok Y, Mui LW, Lau JF. Advanced vascular imaging. Vasc Med 2017;22(1):73-76. (In eng). DOI: [10.1177/1358863x16681666](https://doi.org/10.1177/1358863x16681666).
2. Beckett KR, Moriarity AK, Langer JM. Safe Use of Contrast Media: What the Radiologist Needs to Know. RadioGraphics 2015;35(6):1738-1750. DOI: [10.1148/rg.2015150033](https://doi.org/10.1148/rg.2015150033).
3. Sammet S. Magnetic resonance safety. Abdom Radiol (NY) 2016;41(3):444-51. (In eng). DOI: [10.1007/s00261-016-0680-4](https://doi.org/10.1007/s00261-016-0680-4).
4. Westad TH. Hvordan praktisere berettigelse i en radiologisk hverdag? Hold Pusten. HoldPusten 2013;4:28-30
5. Bakke KA. Radiografene sprenger profesjongrensen. Dagens medisin 2011 (<https://www.dagensmedisin.no/artikler/2011/02/09/radiografene-sprenger-profesjongrensen/>).
6. Nilsen L. Radiolog-mangel bidrar til uønskede hendelser Dagens Medisin 2017 (<https://www.dagensmedisin.no/artikler/2017/02/16/radiolog-mangel-bidrar-til-uonskede-hendelser/>).
7. Lekve K OD, Fevolden AM. . Glidende overgang: Flaskehals og oppgavedeling i bildediagnostikk 46/2013. Oslo: Nordisk institutt for studier av innovasjon, forskning og utdanning, 26.11.2013 2013. (<https://nifu.brage.unit.no/nifu-xmlui/handle/11250/280777>).
8. Booth L, Henwood S, Miller P. Reflections on the role of consultant radiographers in the UK: What is a consultant radiographer? Radiography 2016;22(1):38-43. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.radi.2015.05.005>.

9. Høringsvar strategi for rasjonell bruk av bildediagnostikk Norges radiografforbund. Oslo 2018.
10. Shi Z, Hu B, Schoepf UJ, et al. Artificial Intelligence in the Management of Intracranial Aneurysms: Current Status and Future Perspectives. American Journal of Neuroradiology 2020;41(3):373. DOI: [10.3174/ajnr.A6468](https://doi.org/10.3174/ajnr.A6468).
11. The European Federation Of Radiographer S. Artificial Intelligence and the Radiographer/Radiological Technologist Profession: A joint statement of the International Society of Radiographers and Radiological Technologists and the European Federation of Radiographer Societies. Radiography (Lond) 2020;26(2):93-95. (In eng). DOI: [10.1016/j.radi.2020.03.007](https://doi.org/10.1016/j.radi.2020.03.007).
12. Øyeblikkelig bildediagnostikk ved akutt hjerneslag Oslo: Helsedirektoratet, 21.12.2017 2017. (<https://www.helsedirektoratet.no/retningslinjer/hjerneslag/akutfasen-undersokelse-og-behandling-ved-hjerneslag/bilediagnostikk/oyeblikkelig-bilediagnostikk-ved-akutt-hjerneslag>).
13. Strategi for rasjonell bruk av bildediagnostikk. Oslo: Helsedirektoratet, 01.02.2019 2019. (<https://www.helsedirektoratet.no/rapporter/strategi-for-rasjonell-bruk-av-bilediagnostikk/Strategi%20for%20rasjonell%20bruk%20av%20bilediagnostikk%20-%20rapport%202019.pdf?download=false>).
14. Netteskjema. Elektroniske spor fra Netteskjema Universitettet i Oslo; 2021.
15. Eberhard-Gran M. Spørreskjema som metode : for helsefagene. Oslo: Universitetsforl., 2017.
16. NSD. Hvordan gjennomføre et prosjekt uten å behandle personopplysninger? . Bergen.
17. Chae MP, Hunter-Smith DJ, Rozen WM. Comparative analysis of fluorescent angiography, computed tomographic angiography and magnetic resonance angiography for planning autologous breast reconstruction. Gland Surg 2015;4(2):164-178. (In eng). DOI: [10.3978/j.issn.2227-684X.2015.03.06](https://doi.org/10.3978/j.issn.2227-684X.2015.03.06).
18. Replinger MD, Bracken RL, Patterson BW, et al. Downstream Imaging Utilization After MR Angiography Versus CT Angiography for the Initial Evaluation of Pulmonary Embolism. Journal of the American College of Radiology : JACR 2018;15(12):1692-1697. (In eng). DOI: [10.1016/j.jacr.2018.04.017](https://doi.org/10.1016/j.jacr.2018.04.017).
19. Cowell GW, Reid AW, Roditi GH. Changing trends in a decade of vascular radiology-the impact of technical developments of non-invasive techniques on vascular imaging. Insights Imaging 2012;3(5):495-504. (In eng). DOI: [10.1007/s13244-012-0188-6](https://doi.org/10.1007/s13244-012-0188-6).
20. Sailer AMH, Grutters JP, Wildberger JE, Hofman PA, Wilmink JT, van Zwam WH. Cost-effectiveness of CTA, MRA and DSA in patients with non-traumatic subarachnoid haemorrhage. Insights into imaging 2013;4(4):499-507. (In eng). DOI: [10.1007/s13244-013-0264-6](https://doi.org/10.1007/s13244-013-0264-6).
21. Tian Z, Wang S, He Y, Ma C. Comparative Study of Three Preoperative Imaging Modalities for the Evaluation and Design of Superficial Circumflex Iliac Artery Perforator Flap: Color Doppler Ultrasound, Computed Tomography Angiography and Magnetic

- Resonance Angiography. *Iran J Radiol* 2020;17(3):e97168. (Research Article) (In en). DOI: [10.5812/iranjradiol.97168](https://doi.org/10.5812/iranjradiol.97168).
22. Feng Y, Shu SJ. Diagnostic Value of Low-Dose 256-Slice Spiral CT Angiography, MR Angiography, and 3D-DSA in Cerebral Aneurysms. *Dis Markers* 2020;2020:8536471. (In eng). DOI: [10.1155/2020/8536471](https://doi.org/10.1155/2020/8536471).
  23. Oda S, Utsunomiya D, Hirai T, et al. Comparison of dynamic contrast-enhanced 3T MR and 64-row multidetector CT angiography for the localization of spinal dural arteriovenous fistulas. *AJNR Am J Neuroradiol* 2014;35(2):407-12. (In eng). DOI: [10.3174/ajnr.A3660](https://doi.org/10.3174/ajnr.A3660).
  24. Pamminger M, Klug G, Kranewitter C, et al. Non-contrast MRI protocol for TAVI guidance: quiescent-interval single-shot angiography in comparison with contrast-enhanced CT. *Eur Radiol* 2020;30(9):4847-4856. (In eng). DOI: [10.1007/s00330-020-06832-7](https://doi.org/10.1007/s00330-020-06832-7).
  25. Schaefer PJ, Pfarr J, Trentmann J, et al. Comparison of noninvasive imaging modalities for stenosis grading in mesenteric arteries. *Rofo* 2013;185(7):628-34. (In eng). DOI: [10.1055/s-0033-1335212](https://doi.org/10.1055/s-0033-1335212).
  26. Wu G, Yang J, Zhang T, et al. The diagnostic value of non-contrast enhanced quiescent interval single shot (QISS) magnetic resonance angiography at 3T for lower extremity peripheral arterial disease, in comparison to CT angiography. *J Cardiovasc Magn Reson* 2016;18(1):71. (In eng). DOI: [10.1186/s12968-016-0294-6](https://doi.org/10.1186/s12968-016-0294-6).
  27. Cai ZQ, Chai SH, Wei XL, You KZ, Li J, Zhang DM. Comparison of postsurgical clinical sequences between completely embolized and incompletely embolized patients with wide nicked intracranial aneurysms treated with stent assisted coil embolization technique: A STROBE-compliant study. *Medicine (Baltimore)* 2018;97(23):e10987. (In eng). DOI: [10.1097/md.00000000000010987](https://doi.org/10.1097/md.00000000000010987).
  28. Lv P, Lin J, Guo D, et al. Detection of carotid artery stenosis: a comparison between 2 unenhanced MRAs and dual-source CTA. *AJNR Am J Neuroradiol* 2014;35(12):2360-5. (In eng). DOI: [10.3174/ajnr.A4073](https://doi.org/10.3174/ajnr.A4073).
  29. Poskaite P, Pamminger M, Kranewitter C, et al. Self-navigated 3D whole-heart MRA for non-enhanced surveillance of thoracic aortic dilation: A comparison to CTA. *Magn Reson Imaging* 2021;76:123-130. (In eng). DOI: [10.1016/j.mri.2020.12.003](https://doi.org/10.1016/j.mri.2020.12.003).
  30. Varga-Szemes A, Wichmann JL, Schoepf UJ, et al. Accuracy of Noncontrast Quiescent-Interval Single-Shot Lower Extremity MR Angiography Versus CT Angiography for Diagnosis of Peripheral Artery Disease: Comparison With Digital Subtraction Angiography. *JACC: Cardiovascular Imaging* 2017;10(10, Part A):1116-1124. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2016.09.030>.
  31. Wu G, Jin T, Li T, Morelli J, Li X. High spatial resolution time-resolved magnetic resonance angiography of lower extremity tumors at 3T: Comparison with computed tomography angiography. *Medicine (Baltimore)* 2016;95(37):e4894. (In eng). DOI: [10.1097/md.0000000000004894](https://doi.org/10.1097/md.0000000000004894).

32. Dündar TT, Aralaşmak A, Özdemir H, et al. Comparison of TOF MRA, Contrast-Enhanced MRA and Subtracted CTA from CTP in Residue Evaluation of Treated Intracranial Aneurysms. *Turk Neurosurg* 2017 (In eng). DOI: [10.5137/1019-5149.Jtn.21113-17.2](https://doi.org/10.5137/1019-5149.Jtn.21113-17.2).
33. Chen X, Liu Y, Tong H, et al. Meta-analysis of computed tomography angiography versus magnetic resonance angiography for intracranial aneurysm. *Medicine (Baltimore)* 2018;97(20):e10771. (In eng). DOI: [10.1097/md.00000000000010771](https://doi.org/10.1097/md.00000000000010771).
34. Wang L, Zhu L, Li G, et al. Gadolinium-enhanced magnetic resonance versus computed tomography angiography for renal artery stenosis: A systematic review and meta-analysis. *J Formos Med Assoc* 2021;120(5):1171-1178. (In eng). DOI: [10.1016/j.jfma.2021.01.007](https://doi.org/10.1016/j.jfma.2021.01.007).
35. Schiebler ML, Nagle SK, François CJ, et al. Effectiveness of MR angiography for the primary diagnosis of acute pulmonary embolism: clinical outcomes at 3 months and 1 year. *J Magn Reson Imaging* 2013;38(4):914-925. (In eng). DOI: [10.1002/jmri.24057](https://doi.org/10.1002/jmri.24057).
36. Repplinger MD, Nagle SK, Harringa JB, et al. Clinical outcomes after magnetic resonance angiography (MRA) versus computed tomographic angiography (CTA) for pulmonary embolism evaluation. *Emerg Radiol* 2018;25(5):469-477. (In eng). DOI: [10.1007/s10140-018-1609-8](https://doi.org/10.1007/s10140-018-1609-8).
37. Zhu L, Wu G, Wang J, et al. Preoperative evaluation of renal artery in patients with renal tumor: Using noncontrast-enhanced magnetic resonance angiography. *Medicine (Baltimore)* 2016;95(42):e5025. (In eng). DOI: [10.1097/md.0000000000005025](https://doi.org/10.1097/md.0000000000005025).
38. Cardiology ESo. Guidelines and Scientific Documents. (<https://www.escardio.org/Guidelines>).
39. Surgery SfV. (<https://vascular.org/research-quality/guidelines-and-reporting-standards/clinical-practice-guidelines>).
40. Rusandu A, Ødegård A, Engh GC, Olerud HM. The use of 80 kV versus 100 kV in pulmonary CT angiography: An evaluation of the impact on radiation dose and image quality on two CT scanners. *Radiography (Lond)* 2019;25(1):58-64. (In eng). DOI: [10.1016/j.radi.2018.10.004](https://doi.org/10.1016/j.radi.2018.10.004).
41. Reher T. Dual-Energy CT and Radiation Dose. *J Am Coll Radiol* 2020;17(1 Pt A):95-96. (In eng). DOI: [10.1016/j.jacr.2019.07.016](https://doi.org/10.1016/j.jacr.2019.07.016).
42. Forskrift om strålevern og bruk av stråling (Strålevernforskriften) In: omsorgsdepartementet H-o, ed. Oslo2016.
43. Fraser AG, Buser PT, Bax JJ, et al. The future of cardiovascular imaging and non-invasive diagnosis. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging* 2006;33(8):955-959. DOI: [10.1007/s00259-006-0201-8](https://doi.org/10.1007/s00259-006-0201-8).