

Monem Aldakhil og Ajla Muslija

# Intravenøs optimalisering av kontrast ved CT-angiografi

En litteraturstudie

Bacheloroppgave i Radiografi

Veileder: Ragna Stalsberg /Berit Möller Christensen

Mai 2020



Monem Aldakhil og Ajla Muslija

# **Intravenøs optimalisering av kontrast ved CT-angiografi**

En litteraturstudie

Bacheloroppgave i Radiografi

Veileder: Ragna Stalsberg /Berit Möller Christensen

Mai 2020

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Fakultet for medisin og helsevitenskap

Institutt for sirkulasjon og bildediagnostikk



**NTNU**

Kunnskap for en bedre verden





# FORDORD

*Denne bacheloroppgaven er skrevet i forbindelse med avsluttende utdanning i radiografi. Litteraturstudien er et samarbeid mellom to studenter fra henholdsvis Universitetet i Jönköping og Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) i Trondheim. Dette arbeidet vil bli publisert i to versjoner i samsvar med studentens universitet og morsmål. Vi vil rette en stor takk til våre veileder, Ragna Stalsberg, Albertina Rusandu og Berit Möller Christenssen for god veiledning under arbeidet med denne bacheloroppgave.*

*Universitetet i Jönköping og Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet i Trondheim har forskjellige ordninger for hvordan en bacheloroppgave skal gjennomføres. Forfatterne av litteraturstudien har under hele arbeidsprosessen forsøkt å finne en balanse for å tilfredsstille kravene fra begge skolene. På grunn av dette har det skjedd mange endringer i alle deler av litteraturstudien.*

*Til tross for utfordringer og språkbarriere, fant forfatterne dette arbeidet som en interessant og givende opplevelse.*

# **FORKORTELSER**

**CT - Computed Tomography**

**eGFR - estimated Glomerular Filtration Rate**

**CTDI - Computed Tomography Dose Index**

**PVK - Perifert venekateter**

**HU - Hounsfield unit**

**AEC - Automatic Exposure Control**

**MDCT - Multiple detector Computed Tomography**

**DSCT - Dual Source Computed Tomography**

**ROI - Region Of Interest**

**IMRAD - Introduction, Methods, Results and Discussion**

**CCTA - Coronary Computed Tomography Angiography**

**CTA - Computed Tomography Angiography**

**IV - Intravenous**

**CM - Contrast Medium**

**IJV - Internal Jugular Vein**

**TAA - Thoracic Aortic Aneurysm**

# SAMMENDRAG

## Introduksjon:

CT-angiografi med kontrastinjeksjon kan gi en god fremstilling av kroppens blodårer. Til tross for at CT har mange fordeler som tilknyttet bildediagnostikk, har denne avbildningsteknikken også noen ulemper som ikke bør overse. En stor mengde av stråledosen til pasienten er den største ulempen. Det finnes noen forskning som tar for seg hvordan optimalisering av kontrastmidler kan redusere stråledosen til pasienten og samtidig forbedre bildekvaliteten.

## Hensikt:

Hensikten med denne studien er å undersøke hvordan faktorer cardiac output, armposisjonering, skannerretning og innføringsmåte for PVK, påvirker effekten av kontrastmidler i CT-angiografi.

## Metode:

Det ble gjennomført en systematisk litteraturstudie med utgangspunkt i elektroniske søk i 3 ulike artikkel databaser. I studien inkluderes 16 studier for å belyse vår problemstilling. Vi har inkludert artiklene som var publisert på engelsk mellom 2010-2019. Analyse av artiklene ble gjort ved en manifest innholdsanalyse.

## Resultat:

Strømning i blodårene er avhengig av cardiac output og påvirker kontrastattenuasjon i karene. Når det gjelder armposisjonering viste de inkluderte studiene at ventral posisjon bidrar til å unngå okklusjon av subclavia vene som fører til en venøs stase. Studiene viser også at skannerretningen har en effekt og den beste måten å unngå artefakter er å følge blodstrømning. Injeksjon i høyre arm har vist bedre attenuasjon og mindre artefakter, samt mindre stråledose.

## Konklusjon:

Studien viser at cardiac output, armposisjonering, skannerretning og injeksjonssted på pasienten kan påvirke kontrastattenuasjon i blodårene. Dette fører til en redusert mengde av stråledosen til pasienten.

*Nøkkelord: datatomografi, kontrastmiddel, faktorer, cardiac output, armposisjonering, skannerretning, injeksjonssted.*

# Summary

## Optimization of contrast media in computed tomography angiography

### Introduction:

CT angiography with contrast injection can give a good visualization of the body's blood vessels. Even though CT has many benefits associated with imaging, it has some disadvantages that should be taken into consideration. The amount of radiation dose to the patient is the major disadvantage. Therefore, there has been an increased focus on the radiation dose. There is some research that deals with how optimization of contrast media can reduce radiation dose.

### Purpose:

The purpose of this study is to investigate how factors cardiac output, arm positioning, scanning direction and placement of PVC affect the contrast media in CT angiography.

### Methods:

A systematic literature review was conducted. The studies used in the assignment were collected from 3 different databases. A total of 16 studies were selected to answer the of the study. The included articles have been published in English between 2010-2019. Analysis of the articles was done via a manifest content analysis.

### Results:

The results showed that blood flow depends on the cardiac output and affects contrast enhancement in the vessels. Regarding arm positioning, results showed that the ventral position has helped to avoid occlusion of the subclavian vein leading to a venous stasis. The results of scan direction showed that the best way to avoid artifacts is to follow blood flow. The results showed as well that injection in the right arm gave better attenuation and less artifacts, as well as less radiation dose.

### Conclusion:

The results of the study showed that the different factors from the patient can affect contrast enhancement in the blood vessels. This leads to a reduction in the amount of radiation dose the patient receives.

Keywords: *CT, contrast, factors, cardiac output, arm position, scan position, injection sit.*

## Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b><i>Innledning</i></b> .....	<b>8</b>
1.1	CT-angiografi.....	8
1.2	Kontrastmidler .....	10
1.2.1	Faktorer og teknikker rundt kontrastforbedring .....	11
1.3	Radiografens ansvar.....	12
1.4	Problemformulering.....	12
<b>2</b>	<b><i>Material og metode</i></b> .....	<b>13</b>
2.1	Studiedesign .....	13
2.2	Litteratursøk .....	13
2.2.1	Utvalg.....	13
2.2.2	Datainnsamling .....	14
2.3	Kvalitetsvurdering .....	15
2.4	Analyse .....	15
2.5	Etiske betraktninger.....	16
<b>3</b>	<b><i>Resultater</i></b> .....	<b>17</b>
3.1	Cardiac output .....	17
3.1.1	Strømningstilpasning.....	18
3.1.2	Protokolltilpasning .....	18
3.2	Armposisjonering.....	19
3.2.1	Ventral armposisjonering .....	19
3.2.2	Superior armposisjonering .....	20
3.3	Skannerretning.....	21
3.3.1	Caudocranial.....	21
3.3.2	Craniocaudal.....	22
3.4	Injeksjonsstedet.....	22

3.4.1	Høyre arm og HU-verdi .....	22
3.4.2	Stråledose avhengig av injeksjonsstedet .....	22
<b>4</b>	<b><i>Diskusjon</i></b> .....	<b>27</b>
4.1	Resultatdiskusjon .....	27
4.1.1	Armposisjonering .....	27
4.1.2	Injeksjonsstedet .....	28
4.1.3	Skannerretning .....	28
4.1.4	Cardiac output .....	29
4.2	Metodediskusjon .....	29
4.3	Klinisk verdi med studien .....	30
4.4	Fremtidige studier .....	31
<b>5</b>	<b><i>Konklusjon</i></b> .....	<b>32</b>
<b>6</b>	<b><i>Referanser</i></b> .....	<b>32</b>
	Vedlegg 1 .....	36
	Vedlegg 2 .....	37
	Vedlegg 3 .....	41
	Vedlegg 4 .....	42

# 1 Innledning

Computed tomografi (CT) benyttes til å lage detaljerte bilder av indre organer, bein, bløtvev og blodkar. Økningen i strålingseksponering fra CT har vært veldig bekymringsfull. Til tross for at CT har fordeler som har skapt en stor revolusjon i vår tid innen radiografi, har denne avbildningsteknikken noen ulemper som vi ikke bør overse. En viktig ulempe ved CT-undersøkelser er at de har betydelig høyere effektiv stråledose til pasient enn tilsvarende undersøkelser med konvensjonell røntgen (2, 3). Ifølge direktoratet for strålevern og atomsikkerhet (DSA) i Norge og strålevernmyndighet (SSM) i Sverige skal ioniserende stråling optimaliseres på en slik måte at stråledosen holdes så lav som mulig, samtidig som diagnostisk verdi ikke reduseres - det såkalte ALARA-prinsippet (2, 3). Ved de fleste CT-undersøkelser benyttes kontrastmiddel. Kontrastmiddelet forsterker vevsdifferensiering og som et resultat økes den diagnostiske bildekvaliteten (3). Derfor er kontrastmiddelet viktig for å skape en mer spesifikk diagnostisk verdi av de produserte bildeseriene.

Flere bildediagnostiske avdelinger har etablert prosedyrer og protokoller for CT-angiografi undersøkelser. Disse rutine og protokollene blir fulgt av personalet uten tanker om tilpasningsbehov angående pasientens armposisjonering, skannerretning, cardiac output og valg av plassering til PVK, eller undersøkelsesteknikker. I prinsippet er det ingen nedre grense for hvor lav stråledosen kan være hvis man optimaliserer kontrastmidlet, men likevel vil disse faktorene ha en stor innflytelse på mengden av kontrastmiddel i karene under CT-undersøkelse.

## 1.1 CT-angiografi

CT-angiografi brukes til kartlegging og diagnostikk av vaskulære systemet. Dette gjøres ved hjelp av intravenøs injeksjon av kontrastmidler. CT-angiografi er en effektiv og rask screeningsmetode for å oppdage eller utelukke vaskulær sykdom (4), og brukes for å avdekke ulike problemer som åreforkalkning, aneurisme, disseksjon, lungeemboli og trombose i kroppens forskjellige kar. CT-angiografi gjør det mulig å avbilde koronararterier, aorta, nyrevaskulær sirkulasjon og lungearteriene, noe som innebærer at metoden avhenger av blodhastighet. Blodhastigheten kan være mellom 30-180 millimeter per sekund



og det er derfor viktig at skanningen synkroniseres med kontrastoppløsningen i karene (5).

CT produserer tredimensjonale bilder av kroppen i tre forskjellige snitt; sagittal, aksial og koronal. CT-bilder gir informasjon om hvor organer ligger i kroppen og måler tettheten i kroppens vev ved bruk av Hounsfield enheten (HU). CT har evne til å vise mange detaljer i pasients anatomi. Både skjelett og bløtvev er derfor mer synlige sammenlignet med konvensjonelle røntgen. Ett til to oversiktsbilder blir tatt for å lokalisere og avgjøre hvilket området som skal undersøkes. En skanning blir deretter utført ved hjelp av et røntgenrør som roterer 360 grader proporsjonalt med detektor rundt pasienten, under undersøkelsen (6).

En meta-analyse fra 2006 viste at CT-angiografi gir opptil 77-81 % i sensitivitet og 79-95 % i spesifisitet angående evnen til å oppdage stenoser (7). En studie fra 2012 støtter dette og indikerer at CT-angiografi har evne til å oppdage stenoser (sensitivitet 96-97,9%, spesifisitet 28,6-87,5%) (8). Derfor gir CT-angiografi en sikker diagnostisk verdi ved undersøkelsen av karene (9).

Stråledosen ved bruk av CT beregnes ved å bruke Computed Tomography Dose Index (CTDI), som er den integrerende dosen.  $CTDI_{100}$  brukes til å estimere stråledosen pasienten mottar fra undersøkelsen (6). I CT finnes det Automatic Exposure Control (AEC) som automatisk justerer stråledosen til størrelsen og dempingen av området til kroppen som skal undersøkes for å bruke minst mulig stråledose. En studie fra 2009 undersøkte stråledosen mellom dual source (DSCT), 16-slice og 64-slice multidetektor (MDCT) under en CT-koronar angiografi undersøkelsen. Resultatene viste at den gjennomsnittlige effektive stråledosen for pasientene som ble undersøkt med 16-slice MDCT, var 9,8 mSv, 8,6 mSv for pasienter undersøkt med 64-slice MDCT, og 11,4 mSv for pasienter undersøkt med DSCT. CTDI for 16-slice MDCT var 32,4, 30,8 for 64-slice MDCT og 38,4 for DSCT. Dette indikerer at pasienter blir utsatt for relativt store stråledose gjennom CT-angiografi (10).

I CT-angiografi blir det gjennomført en undersøkelse lik en vanlig standard CT-undersøkelse. Pasienten ligger på ryggen og et perifert venekateter (PVK) plasseres i høyre armfolden (albueleddet) eller i hånden. Gjennom PVK administreres kontrastmiddelet for å gjøre karene mer synlige under avbildning (11). Alt som kan inneholde metall, for eksempel smykker, fjernes fra pasienten for å unngå artefakter eller forstyrrelser i bildet. Pasienten blir informert om hvordan kontrastadministrasjonen vil skje og bivirkningene som kan oppstå av kontrastmiddelet, samt at en innspilt stemme vil be dem puste inn og holde pusten (12). Det monteres elektroder til taking av EKG. Etter at pasienten får kontrastmiddel blir de automatisk satt inn i portens startposisjon for skanning.

Etter undersøkelsen, sjekkes bildene og det utføres rekonstruksjoner. Pasientens PVK fjernes 25 minutter etter undersøkelsen, og det varsles deretter om at resultatet av undersøkelsen vil bli gitt til pasientens lege (12).

## 1.2 Kontrastmidler

Det generelle formålet med kontrastmedier er å øke kontrastforskjellen mellom de forskjellige vevene. Fordi ulike vev i kroppen tar opp ulike mengder kontrastmiddel, oppnås derfor ulike konsentrasjoner av kontrastmiddelet, og det blir mulig å se forskjellen i kontrast i de diagnostiske bildene. Jo større forskjell i konsentrasjonen av kontrastmiddel det er i vevene er, jo større er sjansen for at morfologiske detaljer kan oppdages i bildene (6).

Kontrastmiddelet er delt i ioniske og ikke-ioniske kontrastmidler. Ioniske kontrastmidler gir høyere osmolalitet i forhold til jod- innholdet enn de ikke-ioniske. Det høy-osmolære kontrastmiddelet i blodbanen har flere osmotisk aktive partikler pr.liter kontrastmiddel enn omkringliggende kroppsvæske, og kroppen vil da tilstrebe å utjevne denne forskjellen ved å trekke vann inn i blodbanen fra omkringliggende celler. Fordi dette fører til at pasienten opplever smerte, benyttes det ikke-ioniske kontrastmidler for å redusere uønskede bivirkninger og samtidig beholde kontrastmiddelets evne til å attenuere røntgenstrålingen (13).

Det er viktig å kjenne pasients estimated Glomerular Filtration Rate (eGFR) når det er behov for å bruke kontrastmiddel (6). GFR er basert på personens vekt, alder, kjønn, etnisitet (kaukasisk eller afroamerikansk) og p-kreatininverdi, som deretter beregnes av dataprogrammet *Omnivis* (14). Ifølge European Society of Uroradiology (ESUR) oppstår en redusksjon av nyrefunksjon innen 3 dager etter at kontrastmiddel er tilført intravenøst. Dette skyldes en økning i kreatinin etter injeksjon. Tilførsel av kontrastmiddel i blodbanen nedsetter nyrefunksjonen og virker toksisk på nyrene. Pasienter som allerede har nedsatt nyrefunksjon, er de som har størst risiko for å utvikle nyreskade som følge av en kontrastinjeksjon (15).

Røntgenundersøkelse med kontrastmiddel kan påvise tumorer og cyster som ikke er vaskulariserende fordi de inneholder mindre blod/kontrast enn de omkringliggende friske vev. På den måten blir det lettere å fremstille bilder av tumorer eller inflammatoriske prosesser fordi de tar opp mer kontrast/blod enn omkringliggende vev. Dersom blod-hjernebarrieren er frisk forhindrer denne at kontrastmidler kan bevege seg fra blodet og inn i hjernevevet. Hvis denne barrieren er skadet i et hvilket som helst område på grunn av for eksempel en

svulst, vil kontrastmidlet imidlertid transporteres fra blodet og inn i hjernevevet, noe som gjør det mulig å påvise skaden i diagnostiske bilder (6).

## 1.2.1 Faktorer og teknikker rundt kontrastforbedring

Noen av de viktigste faktorene for kontrastforbedring i CT-angiografi er pasientens kroppsstørrelse, vekt og cardiac output (16,17), plassering av PVK, samt interaksjonen mellom injeksjonshastighet og skannehastighet (16).

Cardiac output antas å påvirke kontrasttimingene. Hvis cardiac output er lav, resulterer det i en tregere ankomst av kontrastmidler til ønsket området og en forsinket oppladning av karene (16, 17). Vanligvis indikerer injeksjonsprotokollene injeksjonshastighet og varighet. Imidlertid anses en injeksjonshastighet på minst 5 ml / s som optimal ved høye cardiac output (16).

Plassering av PVK i håndårer bør unngås i samsvar med injeksjonshastigheten og risikoen for artefakter (16). I tillegg kan størrelsen på PVK påvirke kontrastmidlets strømningshastighet. Den nødvendige strømningshastigheten varierer avhengig av indikasjonen for undersøkelsen. For eksempel foretrekkes en strømningshastighet på 3-5 ml / s for lungearterier, > 3 ml / s for aorta og > 5 ml / s. for vurdering av koronararterier (18).

Høye injeksjonshastigheter resulterer i en tidligere og høyere arteriell attenuasjon. Derfor bør varigheten av kontrastinjeksjonen være minst like lang som skannetid. Tid til toppattenuasjon, det vil si den mest optimale karattenuasjonen, er forskjellig for de ulike blodkarene (CT-angiografi undersøker blant annet lungearterier, koronararterier, aorta og perifere arterier) og er avhengig av avstanden til det venøse injeksjonsstedet, og cardiac output (16).

Optimal intravaskulær attenuasjon i koronar CT-angiografi anses vanligvis å måtte være mellom 250 og 300 HU for å kunne skille patologi fra normalt vev, slik som koronararterier med aterosklerotiske lesjoner (ca. 40 HU), fibrøse plakk (90 HU) og forkalkede plakk (> 130 HU) (16).

Det finnes ulike metoder og teknikker som testbolus og bolus tracking for å overvinne variasjoner introdusert av pasientfaktorer. Ved testbolus injiseres en liten prøvedose kontrast etterfulgt av saltvann med den forhåndsbestemte strømningshastigheten for å identifisere kontrastens ankomst i målkarene som

har høyest oppladning. Bolus tracking betyr at en injeksjon av kontrastmiddel utføres basert på den planlagte injeksjonshastigheten. Skanningen startes så snart kontrastoppladningsgrensen (den forhåndsbestemte grensen for HU ansett for å være den optimale kontrastoppladning) er nådd innenfor et posisjonert interesseområde (ROI) som måler attenuasjon (HU-enhetene) til kontrastmiddelet. Imidlertid avhenger disse metodene av riktig identifisering av karet som skal avbildes og riktig plassering av ROI. Hvis noen av disse er feil, for eksempel dersom en ROI er plassert på den falske lumen til en aortadisseksjon, vil attenuasjonen ikke nå den forhåndsbestemte HU-terskelen, og skanningen kan ikke startes (18).

### **1.3 Radiografens ansvar**

Radiografer utfører sine arbeidsoppgaver i et høyteknologisk miljø der stråling og bildediagnostikk er grunnlaget for yrkesutøvelsen. I radiografyrket er det et ansvar å gjennomføre undersøkelser ved å ta i betraktning ALARA-prinsippet og god bildekvalitet ved å bruke lavest mulig stråledosen (19). Ved CT brukes høyere doser av stråling enn i konvensjonelle røntgenstråler og gjennomlysning (6), og dermed dette bør tas i betraktning før CT-undersøkelsen utføres.

Radiografens yrkesutøvelse er basert på erfaring og forskning. I den profesjonelle rollen må metoder brukes på bakgrunn av deres kunnskap om optimal og sikker gjennomføring av undersøkelse og avbildning (16). Innen CT-angiografi har radiografen et ansvar for riktig plassering av PVK og immobiliseringen av pasient for å oppnå en god bildekvalitet. På denne måten utfører radiografen sitt yrke med selvtillit og trygghet (20).

### **1.4 Problemformulering**

Tidligere forskning viser at CT som modalitet gir en generelt stor mengde stråledose ved eksponering på pasienter sammenlignet med andre modaliteter. I CT-angiografi brukes kontrastmidler som betyr forbedring av bildekvalitet ved å øke attenuasjonen, det vil si at stråling som ellers hadde passert målvevet, absorberes i vevet vi ønsker å se etter.

Radiografen skal bidra til minimering av stråledose og samtidig optimalisere undersøkelser. Dersom kontrastmiddeladministreringen kan optimaliseres slik at CT-bildet blir mest mulig optimal for diagnostikk, kan stråledosen reduseres.

Hensikten med denne studien er derfor å summere opp tidligere studier av hvordan cardiac output, armposisjonering, skannerretning og plassering av PVK, påvirker effekten av kontrastmidler i CT-angiografi.

## 2 Material og metode

### 2.1 Studiedesign

Dette arbeidet er en systematisk litteraturstudie av vitenskapelige artikler (21). En slik studie har et studiedesign som utgår fra et tydelig formål, som besvares systematisk gjennom identifisering, evaluering og analysering av relevant vitenskapelig forskning (22).

### 2.2 Litteratursøk

Det ble gjennomført elektroniske søk i databasene Cinahl, PUBMED og MEDLINE med søkeordene *ct angiography, contrast media, cardiac output, arm position, radiographic positioning, scan direction, injection site og injection side*, sammen med boolske operatører som AND, OR og NOT. Disse søkeordene ble kombinert for å finne relevante artikler for denne litteraturstudien.

#### 2.2.1 Utvalg

Utvalgsprosessen startet med et litteratursøk i databasene, med de nevnte søkeordene. Sammendragene av artiklene og titler ble lest for å finne relevant informasjon om studiene som svarer på formålet til litteraturstudien. Ved bruk av følgende inklusjons- og eksklusjonskriteriene ble artiklene valgt for videre gjennomgang og analysering:

Inklusjonskriterier:

- Publisert på engelsk.
- Publisert i året 2010-2019.
- Kvantitativ studie.

Eksklusjonskriteriene:

- Artikler som ikke er fagfellevurdert.
- Artikler som ikke er åpent tilgjengelige i den brukte databasen.
- Artikler som ikke følger IMRAD-strukturen.

- Artikler som omhandler prosedyrer eller forskning annet enn kontrastmidler i CT-angiografi.

## 2.2.2 Datainnsamling

Artikler med titler som samsvarte med temaet for vår studie ble valgt i utgangspunktet. En systematisk artikkelgjennomgang ble gjort på bakgrunn av at de fulgte IMRAD-strukturen, det vil si at omrisset for artikkelen inneholdt introduksjon, metode, resultater, abstrakt og diskusjon. Tabell 1 viser resultatene fra litteratursøk og datainnsamling. Totalt resulterte dette i et utvalg på 16 artikler (tabell 3, 4, 5 og 6).

Tabell 1: Søkestrategi i MEDLINE, PUBMED og CHINAL, antall treff og inkluderte artikler.

Database	Søkeord	Antall treff etter søkene	Antall inkluderte artikler som er relevante
MEDLINE 23-02-2020	• ct angiography AND contrast media AND cardiac output	26	5
	• ct angiography AND contrast media AND arm position	3	1
	• ct angiography AND contrast media AND radiographic positioning	5	0
	• ct angiography AND contrast media AND scan direction	9	0
	• ct angiography AND contrast media AND injection site	16	2
	• ct angiography AND contrast media AND injection side	14	0
	• ct angiography AND contrast media AND (cardiac output OR arm position OR radiographic positioning*)	50	2
PUBMED 23-02-2020	• ct angiography AND contrast media AND cardiac output	36	2
	• ct angiography AND contrast media AND arm position	5	0
	• ct angiography AND contrast media AND radiographic positioning	10	2
	• ct angiography AND contrast media AND scan direction	11	0
	• ct angiography AND contrast media AND injection site	16	0
	• ct angiography AND contrast media AND injection side	18	1
	• ct angiography AND contrast media AND (cardiac output OR arm position OR radiographic positioning*)	43	0

Cinahl 23-02-2020	• ct angiography AND contrast media AND cardiac output	16	0
	• ct angiography AND contrast media AND arm position	2	0
	• ct angiography AND contrast media AND radiographic positioning	2	0
	• ct angiography AND contrast media AND scan direction	5	0
	• ct angiography AND contrast media AND injection site	8	1
	• ct angiography AND contrast media AND injection side	5	0
	• ct angiography AND contrast media AND (cardiac output OR arm position OR radiographic positioning*)	27	0

Ved bruk av de ulike søkeordene i de valgte databasene ble det lagt merke til at de samme artiklene som allerede er inkludert fra et tidligere søk, dukket opp i nye søk, såkalte duplikater. Derfor ble disse utelukket, siden de relevante artiklene allerede er inkludert fra tidligere i litteratursøket.

## 2.3 Kvalitetsvurdering

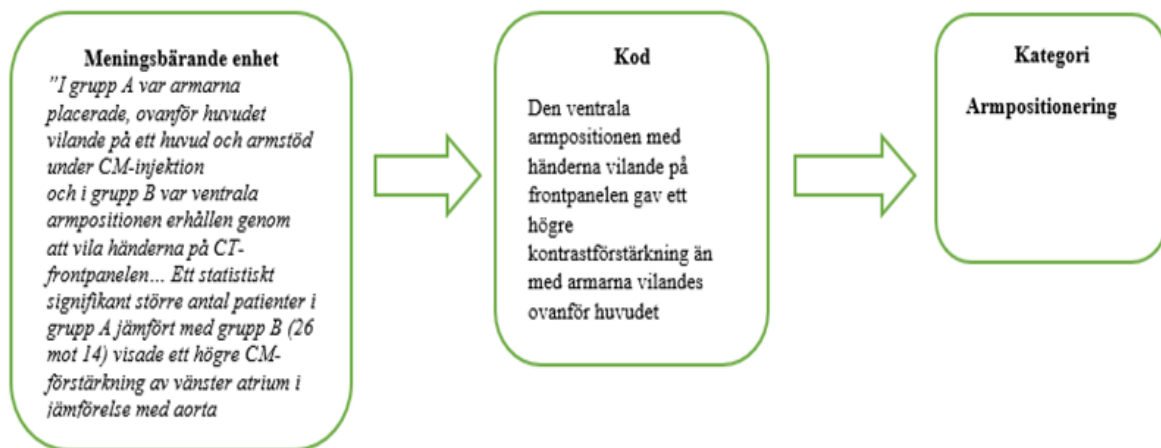
Artiklene ble gjennomgått med utgangspunktet i en kvantitativ vurderingsprotokoll (vedlegg 1) utviklet av Institutt for sykepleie ved Universitetet i Jönköping. Ettersom alle de inkluderte artiklene rapporterte kvantitative studier, ble bare den kvantitative delen av vurderingsprotokollen brukt. Vurderingsprotokollen inneholder grunnleggende kriterier for en kvantitativ forskningsartikkel og viser hvor høy kvalitet artikkelen har. Kravet for å passere vurderingen er at artikkelen har bestått alle grunnleggende kriterier og er av minst middels eller høy kvalitet. Grensene for de forskjellige kvalitetsnivåene er basert på antall "ja" artikkelen mottar om kvalitets spørsmålene i gjennomgangsprotokollen. Lav kvalitet er mellom 1 til 3 "ja", middels kvalitet er basert på 4 til 5 "ja" og høy kvalitet anses å være 6 til 7 "ja".

## 2.4 Analyse

For å analysere de inkluderte artiklene og studiene som ble samlet fra litteratursøket ble det utført en manifest innholdsanalyse (23). Meningsbærende enheter, for eksempel kvantitative data eller setninger som ga relevant svar på litteraturstudiets spørsmål, ble valgt og kondensert, samt kategorisert (23).



Dette betyr at en sammenstilling av de kvantitative dataene eller innholdet som presenteres i de inkluderte studiens resultatdel, deretter defineres som et mer beskrivende og manifest resultat (22). Dette ble gjort ved å samle data fra disse artiklene gjennom deduktiv analyse der vi tok utgangspunkt i en mer systematisk gjennomgang av materialet, for å identifisere meningsbærende enheter. Samtidig som vi merket de meningsbærende enhetene i teksten begynte vi å systematisere dem. Dette kalles koding, og gjennom dette arbeidet forsøkte vi å fange opp og klassifisere alle de meningsbærende enhetene i teksten. Deretter fjernet vi en del av våre tidligere notater og fortsatte med å justere temaene til mer presise koder (fig. 1). Tilnærmingen innebærer at artiklene ble lest og meningsbærende enheter (tilsvarende hvilken kontrastmiddelforbedrende faktor artikkelen behandlet) ble identifisert, kodet og deretter kategorisert. Innenfor hver kategoriene og underkategoriene rapporteres det innholdet som besvarer litteraturstudiens formål.



Figur 1. Eksempel på analyseprosessen.

## 2.5 Etiske betraktninger

Dette arbeidet har gått gjennom de etiske forskningsetiske prinsipper angående en litteraturstudie for Jönköping universitet. Siden dette er en litteraturstudie anses ikke arbeidet å være opphav til forskningsetiske problemer. En vurdering av studiens etiske grunnlag er imidlertid gjennomgått med kandidatens veileder (se vedlegg 2).

Arbeidet som presenteres inkluderer analyse av forskningsartikler som i stor grad inneholder empiriske og kliniske forsknings studier. Dette betyr at forskerne må erklære at studiene tilfredsstillt kravene til god forskningsetikk og eventuelt henviser til behandling og godkjenning i forskningsetiske komiteer (24). En skal derfor velge artikler som er vurdert av en etisk komité eller der forskerne har gjort etiske overveielser i forhold til kravene.



Studien må oppfylle de viktigste kravene til god forskningsetikk, som fortrolighet, informasjon og samtykke, som er en del av det grunnleggende individuelle krav om beskyttelse som skal anses å ha fulgt forskningsetiske hensyn (24). Målet er at litteraturstudien skal følge de forskningsetiske retningslinjene, som radiografene har et ansvar å følge når de utfører forskningsarbeid (20).

### 3 Resultater

Totalt består utvalget i litteraturstudien av 16 vitenskapelige artikler hentet fra litteratursøket og analyseprosessen som var etter at disse artiklene ble inkludert. Alle inkluderte artikler var kvantitative studier og ble vurdert til et høyt kvalitetsnivå i henhold til kvalitetsgjennomgangen. Den manifeste innholdsanalysen resulterte i fire kategorier som er rapportert i tabell 2. Hver enkelt kategori representerer en faktor som kan bidra til å optimalisere kontrastmidler innen CT-angiografi. Nedenfor presenteres kategoriene med de respektive funnene fra analysen.

Tabell 2: Kategorier, underkategorier og antall relaterte artikler.

Kategorier og underkategorier	Antall studier inkludert
<b>Cardiac output</b> Strømningstilpasning Protokolltilpasning	33, 27, 28, 30, 31, 29, 32 25, 26
<b>Armposisjonering</b> Ventral armposisjonering Superior armposisjonering	34 34
<b>Skannerretning</b> Caudocranial Craniocaudal	35, 37 36
<b>Injeksjonssted</b> Høyre arm og HU-verdi Stråledose avhengig av injeksjonsstedet	38, 40 39

#### 3.1 Cardiac output

Totalt 9 studier ble inkludert i denne kategorien (tabell 3). Utvalgene i 7 studier inkluderte henholdsvis 55 pasienter uten kjent sykdommen 26 menn, 28 kvinner (25), 27 pasienter med mistenkt hjertesykdom (26), 52 pasienter med mistenkt iskemisk hjertesykdom (27), 29 pasienter med mistenkt iskemisk hjertesykdom

(28), 158 pasienter uten kjent diagnose 98 menn, 58 kvinner i alderen 43–96 år (29), 38 pasienter med mistenkt koronararteriesykdom eller hadde en historie med hjerteinfarkt (30) og 50 pasienter som var barn (31).

I tillegg brukte to studier fantomer som studieobjekt. Et av studiefantomene var et anatomisk menneskelig vaskulært fantom bestående av en fleksibel aortabue med venstre og høyre koronararterie, brachiocephalic bagasjerom, høyre og venstre subclavia arterier samt vertebrale og halspulsåre (32). Den andre studien brukte et kontraststrømningsfantom med to typer koblingsrør som etterligner 0% og 70% stenose (33).

### 3.1.1 Strømningstilpasning

Studiene viser at cardiac output er en viktig faktor i CT-angiografi og injeksjon av kontrastmidler. Cardiac output påvirker arteriell kontrastoppladning ved å påvirke strømmen i karene, det vil si at når cardiac output er lavere oppstår en dårligere strøm i karene, og som et resultat er kontrastoppladningen dårligere (26). Imidlertid rapporterer studiene forskjellige resultater. 7 av de 9 studiene er enige om at kontrastmiddelprotokoller bør tilpasses pasientens cardiac output (25, 26, 27, 28, 29, 30, 33), hvorav to av disse viser at en forberedelse er nødvendige for å oppnå en god kontrastoppladning i blodårene (26, 28). En av studiene anbefaler bruk av elektrisk velocimetri, det vil si elektrodemåling, for å måle pasientens cardiac output og justere kontrastmiddelprotokollen basert på resultatet (26). Ved tilpasning indikerer disse studiene at kontrastmiddelvolumet skal korrelere med pasientens cardiac output. Ved lav cardiac output oppstår en svak strømning i karene, og det kreves et tilstrekkelig høyt volum av kontrastmiddel for å oppnå optimal karoppladning. Ved høy cardiac output oppstår det en høy strømning i karene, noe som betyr et lavere krav til et høyt volum av kontrastmidler for å oppnå optimal karoppladning. Kontrastmiddelvolumet kan reduseres ved høy cardiac output (25, 26, 27, 28, 29, 30, 33).

### 3.1.2 Protokolltilpasning

To av studiene skiller seg fra de resterende ved at de mener at cardiac output er en viktig parameter (31,32), men ikke så viktig som de andre studiene vil hevde. En av disse to studiene (32) brukte tre kontrastmiddelprotokoller, unifasiske, bifasiske og pasienttilpassede protokoller. Resultatene fra studien viste at cardiac output ikke påvirket oppladningen i de unifasiske<sup>1</sup> og bifasiske

---

<sup>1</sup> **Unifasisk protokoll** – Hele kontrastmiddelmengden (bolus) gis på en gang og skanner flere ganger for å få bildeserier med kontrasten i ulike faser (arteriell fase, venøs fase, senfase osv.).

protokollene sammenlignet med de pasienttilpassede protokollene. Derfor anses cardiac output å være enten en viktig eller uviktig parameter basert på hvilken protokoll som benyttes (32). En annen studie vurderer at cardiac output ikke i det hele tatt er like viktig for karoppladning sammenlignet med andre parametere som vekt og kroppsstørrelse, men studieresultatene påviste en høyere korrelasjon mellom de andre parameterne for karoppladning enn cardiac output med karoppladning (31).

Totalt viser alle inkluderte studier at cardiac output er en viktig faktor som påvirker hvordan oppladning i karene vil være.

## 3.2 Armposisjonering

Basert på litteratursøket er bare en studie inkludert i denne kategorien (tabell 4). Studiens utvalg besto av 100 pasienter uten kjent sykdommen 66 menn, 34 kvinner (34).

### 3.2.1 Ventral armposisjonering

Studien viser at den ventrale armposisjonen der hendene hvilte på CT-frontpanel omtrent 90 grader ventralt til hodet (fig. 2), er optimal for koronar CT-angiografi (CCTA). Ved en ventral posisjon kan okklusjon av subclavia vene som fører til en venøs stase unngås, samt at frekvensen av for tidlig avbildning kan unngås, og som et resultat reduseres stråledosen til pasienten (34).

---

**Bifasisk protokoll** – En del av bolusen injiseres, venter et visst antall sekunder (eller minutter) også gi resten av bolus og skanner slik at man får flere kontrastfaser i samme skanning.



Figur 2. Bilde på demonstrasjon av ventral armposisjonering med tillatelse fra Oskarshamn sykehus

### **3.2.2 Superior armposisjonering**

Studien påviste ulemper med en superior armstilling (fig. 3), for eksempel ved for tidlig avbildning blir det høyere konsentrasjon av kontrastmiddel i venstre atrium enn i aorta, noe som resulterte i at kontrastmidlet ikke kunne passere videre til de andre arteriene på grunn av en relativ okklusjon som forekommer i subclavia vene og gir opphav til en venøs stase.



Figur 3. Bilde på demonstrasjon av superior armposisjonering med tillatelse fra Oskarshamn sykehus

### 3.3 Skannerretning

Tre studier er inkludert i denne kategorien (tabell 5). Utvalgene i de forskjellige studiene besto av 160 pasienter med mistenkt TAA (35), 202 pasienter med mistenkt aterosklerotisk sykdom i karotis og vertebrobasilar vaskulære system (36) og 320 pasienter med ikke-traumatisk akutt aortasyndrom (37). To av studiene behandlet thorax CT-angiografi (35, 37) og en studie behandlet carotis CT-angiografi (36).

#### 3.3.1 Caudocranial

To studier (35, 37) indikerte at caudokraniel skannerretning i thorax CT-angiografi gir økt vaskulær oppladning og fører til mindre risiko for potensielle artefakter. En caudocranial posisjonering reduserer behovet for et høyt kontrastmiddelvolum i en pasienttilpasset kontrastmiddelprotokoll, noe som resulterer i en redusert stråledose til pasienten.

### **3.3.2 Craniocaudal**

En av studiene (36) vurderte at en craniocaudal skannerretning er optimal i forbindelse med carotis CT-angiografi, men dette gjelder hvis en god synkronisering mellom skanning og administrasjon samt kontrastoppladning oppstår. Derfor anbefales en craniocaudal posisjonering hvis kontrastmiddelstrømmen er i samme retning. En craniocaudal skannerretning i carotis CT-angiografi gir mindre stråledose sammen med en mindre mengde kontrastmiddel administrert (36).

## **3.4 Injeksjonsstedet**

Tre studier er inkludert i denne kategorien (tabell 6). Utvalgene i de ulike studiene besto av 90 pasienter med cerebrovaskulære ulykker (38), 1127 pasienter 453 CTAer med RSI «187 kvinner, 266 menn» og 419 CTAer med LSI «170 kvinner, 249 menn» (39), 61 barn med mistanke om ekstrakardiale abnormaliteter (40). En av studiene behandlet CTA thorax-området (40). De to andre studiene behandlet CTA thorax-området og hals i tillegg (38, 39).

### **3.4.1 Høyre arm og HU-verdi**

To studier (38, 39) trekker fram viktigheten av injeksjonsstedet for å unngå artefakter. Valg av injeksjonsstedet kan påvirke bildekvaliteten. I samsvar med funnene indikerer studiene at injeksjonen i høyre side resulterte høyere HU verdier (høyere attenuering). Årsaken til dette kan være kortere venøs forløp til hjertet og mindre venøst tilbakeløp (reflux). Dermed blir det mulig å minimere stråledosen fordi injeksjonen i høyre arm har kortere venøs forløp til hjerte, samt en mindre mengde kontrastmiddel på grunn av perifert artefakt.

### **3.4.2 Stråledose avhengig av injeksjonsstedet**

En av studiene (40) vurderte at kardiovaskulær CTA er assosiert med en lav stråledose, samt at stråleeksponering var avhengig av injeksjonsstedet. Dette gjelder imidlertid hvis injeksjonsstedet har kort vei for å overføre blod til hjertet. Studien viste at injeksjonsstedet fra beinet forårsaket den høyeste stråledose.

Tabell 3: Artikler som handler om faktoren *cardiac output*.

Forfatter	Formålet	Resultat	oppsummering	Kvalitet
Funama Y. m. fl (2016)	Studien tar sikte på å undersøke kvantitativt den transluminale dempningsgradienten (TAG) ved forskjellige skanningstider etter injeksjon av kontrastmedier for CT koronar angiografi.	Ved CO-verdier på 2,0 og 4,0 l / min ved 0% stenose ble TAG vist i mindre variasjoner enn ved 70% stenose ved hvert tidspunkt langs tid-tetthetskurven (TDC). Sammenlignet med en CO ved 2,0 l / min med 70% stenose, endret TAG-kurven for en CO ved 4,0 l / min gradvis seg over tid	TAG-verdien påvirkes av skanningstiden etter injeksjon av kontrastmiddel og av CO, med og uten stenose som gir identiske resultater.	6 poeng - Høyt nivå
M Konno m. fl (2012),	Påviser muligheten for å bruke hjerteutgang (CO) som en faktor i kontrastinjeksjonsprotokoller på CT koronar angiografi	CO-testen og den simulerte aortic peak enhancement (SimAPE) ga resultater på 2,82–7,56 L / min og 194–527 Hounsfield Units (HU) på hver. Det var en signifikant negativ korrelasjon ( $R = -0,802$ , $P = 0,001$ ) mellom simAPE og COTest.	Hjerteutgang kan brukes til å revidere injeksjonshastigheten på CT koronar angiografi.	6 poeng - Høyt nivå
Sakai S, m. fl (2010)	For å kunne undersøke hvordan hjertefunksjoner påvirker kontrastforbedringen under CT koronarangiografi	Resultatene for hjerteutgang, hjerteindeks, aortatopp-timing (APT) og forsterkning av aorta-topp (APE) var 1,55-10,46 l / min, 1,11-5,30 l / (min-m (2)) Henholdsvis 25-51 s og 273,1-598,1 HU, med økning i hjerteindeks, både APT og APE, og det var signifikante sammenhenger mellom injeksjon av testbolus og APT og APE under CT koronar angiografi.	APT og APE er relatert til hjertefunksjoner under CT koronar angiografi.	7 poeng - Høyt nivå
Tomizawa N. m.fl (2012)	For å undersøke forholdet mellom hjerteutgang, endelig diastolisk volum og kontrastforbedring i CT koronar angiografi ved bruk av en 320 detektor CT	Det var en negativ sammenheng mellom attenuering av ascendens aorta og CO ( $r = -0,44$ , $P = 0,0053$ ). Imidlertid var den negative korrelasjonen mellom demping av aorta ascendens og total injisert blodvolum (TIV) sterkere ( $r = -0,52$ , $P = 0,0007$ )	Med 320-detektor CT reduseres kontrastforsikring i CT koronar angiografi når du injiserer en mindre mengde kontrast mens hjerteutgang er høy.	7 poeng - Høyt nivå
Masuda T. m.fl (2019)	For å undersøke effekten av kjønn, alder, høyde, hjerteutgang (CO), total kroppsvekt (TBW), kroppsoverflate (BSA) og mager kroppsvekt (LBW) på karforsterkning av aorta ascendens i pediatrik CT-thoraxangiografi.	Alle pasientfaktorer var signifikant relatert til kontrastmiddelvolum per karforsterkning ( $P < 0,05$ ). En multivariat lineær regresjonsanalyse påviste en signifikant sammenheng mellom kontrastmediumvolum per kar	Funnene viser at dosen av kontrastmiddel bør tilpasses pasientens vektfaktor i stedet for de andre faktorene.	6 poeng - Høyt nivå

Masuda T.m.fl (2018)	For å undersøke effekten av pasientfaktorer på kontrastforbedring av aortapoplitea ved CT-angiografi av nedre ekstremiteter.	En signifikant sammenheng observert mellom CT-tallet for popliteal arterie og høyde ( $r = -0,48$ ), total kroppsvekt ( $r = -0,52$ ), kroppsmasseindeks (BSA) ( $r = -0,33$ ), BSA ( $r = -0,56$ ), mager kroppsvekt ( $r = -0,56$ ) og CO ( $r = -0,35$ ) ( $p < 0,001$ for alle). BSA, CO og alder hadde signifikante effekter på CT-tallet (standardisert regresjon: henholdsvis BSA -0,42, CO -0,22, alder 0,15; $p < 0,05$ ).	BSA, CO og alder er signifikant korrelert med CT-nummeret til poplitealarterien på CT-angiografi av nedre ekstremiteter.	6 poeng - Høyt nivå
Nijhof W.H., m.fl (2015)	For å undersøke forholdet mellom en måling av ikke-invasiv hjerteutgang (CO) og skanningsforsinkelse gjennom en testbolusinjeksjonsprotokoll. I tillegg blir faktorene som påvirker forholdet mellom CO og skanningsforsinkelse undersøkt.	Resultatet viste en negativ signifikant sammenheng mellom CO og skanningforsinkelse. Det så ut at vekt påvirke CO og at kjønn og blodtrykk også påvirket effekten. Imidlertid var det ingen interaksjon mellom skanningsforsinkelse og alder, høyde og vekt.	Det er en negativ og signifikant sammenheng mellom den ikke-invasive CO-målingen og forsinkelsen av CT-skanning; Imidlertid er det behov for ytterligere forskning.	6 poeng - Høyt nivå
Flinck M. m.fl (2010)	For å relatere hjerteutgang (CO) med aortadempning som et mål på koronararterie attenuering under CT koronar angiografi (CTCA) og for å formulere en tentativ statistisk modell for å tilpasse CM-injeksjonsparametere til CO.	Betydelig negativ korrelasjon ( $r = -0,63$ ) ble funnet mellom aortadempning tilpasset injisert kontrastmiddel (CM) dosehastighet og CO målt ved elektrisk velocimetri.	Elektroder / elektrisk velocimetri gjør det mulig å måle CO før undersøkelsen og kan redusere CM-doser i lave CO-tilstander for å redusere risikoen for CM-indusert nefropati uten at det går ut over diagnosekvalitet og kan økes i høye CO-tilstander for å unngå dårlig forsterkning	7 poeng - Høyt nivå
Puippe GD. M.fl (2011)	Formålet med studien er å evaluere tre forskjellige protokoller for kontrastinjeksjon ved høy-pitch dual-source CT-thoraxangiografi med hensyn til nivået og homogeniteten til vaskulær forsterkning ved forskjellige hjerteutganger.	Gjennomsnittlig forsterkning var betydelig høyere i den unifasiske protokollen enn i de to andre protokollene (alle $p < 0,05$ ), mens forskjellen mellom bifasisk og den skreddersydde protokollen ikke var signifikant ( $p = 0,76$ ). Gjennomsnittlig forsterkning blant de 5 hjerteutgangene var betydelig forskjellig innen hver protokoll (alle $p < 0,05$ ). Bare innenfor den skreddersydde protokollen skilte den gjennomsnittlige forsterkningen seg ikke signifikant ved hjerteutgang på 3,5 l / min mot 5 l / min og 4 mot 5 l / min. Både unifasiske og skreddersydde protokoller ga homogen forsterkning ved alle hjerteutganger, mens den bifasiske protokollen ikke klarte å oppnå en homogen forsterkning.	Studien antyder at diagnostisk og homogen forbedring ved CT thoraxangiografi er mulig med enten enfase-protokoll eller individuelt tilpasset kontrastprotokoll.	6 poeng - Høyt nivå



Tabell 4: Artikler som handler om faktoren *armposisjonering*.

Forfatter	Formålet	Resultat	oppsummering	Kvalitet
Svensson A. m.fl (2012)	For å sammenligne tidspunktet og forbedringen av kontrastmidler med CT koronar angiografi	Flere pasienter i gruppe A sammenlignet med gruppe B (26 versus 14) viste en høyere demping av venstre atrium sammenlignet med aorta ascendens (P <0,05). CO var betydelig relatert til demping av aorta ascendens (P <0,01).	Plassering av armene i en ventral stilling i stedet for superior stilling reduserer risikoen av for tidlig skanning i CT koronar angiografi.	7 poeng Høyt nivå

Tabell 5: Artikler som handler om faktoren *skannerretning*.

Forfatter	Formålet	Resultat	oppsummering	Kvalitet
Saade C, m.fl (2016)	For å undersøke forsterkningen av thorax aorta og thorax aortaaneurisme ved bruk av en caudocranial skannerretning og en pasientspesifikk kontrastmiddelprotokoll.	Gjennomsnittlig thorax aorta og TAA var henholdsvis 24% og 55%. Gjennomsnittlig kontrastvolum var signifikant lavere i protokoll B ( $73 \pm 10$ ml) sammenlignet med A ( $100 \pm 1$ ml) (P <0,001). Kontrast-til-støy-forholdet viste signifikante forskjeller mellom protokollene (Protokoll A, $18,2 \pm 12,9$ ; Protokoll B, $29,7 \pm 0,61$ ; P <0,003). Gjennomsnittlig effektiv dose i protokoll B ( $2,6 \pm 0,4$ mSv) reduserades med 19% jämfört med A ( $3,2 \pm 0,8$ mSv) (P <0,004).	Det ble påvist en økning i visualiseringen av TAA etter en caudocranial skanningsretning under CT thoraxangiografi som kan oppnås ved å bruke lavt kontrastvolum basert på pasientspesifikk protokoll.	6 poeng - høyt nivå
Saade C, m.fl (2012)	For å undersøke forsterkning av hode- og nakkearterier under CT-karotisangiografi ved bruk av redusert kontrastvolum og craniocaudal skannerretning.	Arteriell demping var opptil 54% (p <0,01) høyere etter protokoll B sammenlignet med A. Demping i venene var betydelig lavere i B enn i A med en maksimal reduksjon opp til 93% - Med protokoll B var det signifikante forbedringer i arteriovenøs kontrastforhold (AVCR) på forskjellige anatomiske steder.	Betydelige forbedringer i visualisering av arterielle kar i hode og nakke kan oppnås med en protokoll ved bruk av lavt kontrastvolum og en injeksjonstid basert på pasientspesifikk kontrastformel og craniocaudal skannerretning.	6 poeng - høyt nivå
Saade C, m.fl (2013)	Studien tar sikte på å undersøke forsikringen av thoracororta ved å bruke en caudocranial skannerretning og pasientspesifikk kontrastprotokoll.	Gruppe B ble sammenlignet med A, både når det gjaldt skanning og kontrastteknikker, som viste høyere aortaforsterkning (P <0,01) og lavere forsterkning i det venøs systemet (P <0,0001). For gruppe B ble det arteriovenøse kontrastforholdet betydelig økt (P <0,0001), og gjennomsnittlig kontrastvolum ble redusert (P <0,05) under gated [94 (10 ml)]	Caudocranial skannerretning og injeksjonspresisjon basert på pasientspesifikk kar-dynamikk som kan optimalisere arteriell forsterkning og diagnostisk effekt samtidig som kontrastvolumene reduseres.	6 poeng - høyt nivå

		og ikke-gated [78 (5 ml)] CT thoraxangiografi sammenlignet med gruppe A.		
--	--	--	--	--

Tabell 6: Artikler som handler om faktoren *injeksjonsstedet*.

Forfatter	Formålet	Resultat	oppsummering	Kvalitet
Demirpolat G. m. fl (2011)	Å undersøke forskjellene i bildekvalitet i CT-angiografi ved å sammenligne kontrastmidler i høyre og venstre arm.	Artefakter og venøs refluks kan forekomme både hos pasienter som gjennomgår injeksjoner av høyre eller venstre arm. Artefaktene var imidlertid sterkere hos pasienter som ble injisert med kontrastmateriale i venstre arm. Venøs tilbaketiløp i halsen og overkroppen oppsto oftere og var mer alvorlig ved injeksjoner av venstre arm.	Artefakter og venøs refluks kunne ikke forhindres med injeksjoner av høyre eller venstre arm. På pasienter som kontrastmidler ble injisert i høyre arm, var det imidlertid færre artefakter, noe som muliggjorde bedre bildekvalitet på CT-angiografi.	6 poeng - Høyt nivå
Yang M, m. fl (2010)	Hensikten med denne artikkelen er å undersøke effekten av de forskjellige injeksjonsstedene (vene i hode, arm eller ben) på bildekvalitet og stråledose i CT-angiografi med en 64-MDCT.	Det var ingen signifikant forskjell mellom alle grupper i gjennomsnittlig demping av hjertekammer, lungearterien og aorta. Det var heller ikke-signifikant forskjell i gjennomsnittlig demping, bakgrunnsstøy, (signal / støyforhold) SNR og (kontrast til støyforhold) CNR. Imidlertid var det betydelige forskjeller mellom de tre gruppene for bildekvalitet i aorta til tross for de ubetydelige forskjellene i hjerte- og bildekvalitet.	Selv om alle injeksjonssteder kan gi bilder av diagnostisk kvalitet med lav stråledose i CT-angiografi, men injeksjonsstedet har en liten innvirkning på bildekvaliteten i forskjellige områder med en betydelig endret stråledose. Optimalisering av prescanning protocol kan redusere stråledosen i CT-angiografi.	6 poeng - Høyt nivå
Chang Y m.fl (2015)	Hensikten med denne studien var å støtte påstanden om at den foretrukne høyresidige injeksjonen (RSI) sammenlignet med venstresidig injeksjon (LSI) resulterer i forbedret CT- og nakkeangiografi og å bestemme hvilke pasienter som har mest nytte av RSI.	Høyresidig injeksjon resulterte høyere HU for pasienter over 40 år. Kvinner hadde høyere HU (gjennomsnitt $\pm$ SE, $+ 39,7 \pm 7,6$ HU; $P < 0,01$ ). Utløsningsfraksjonen til venstre ventrikel hadde ingen interaksjon med injeksjonsstedet eller HU	Resultatet viser at høyresidig injeksjonssted er bedre, spesielt hos mannlige pasienter over 40 år og med høyere kroppsmasseindeks og vekt	6 poeng - Høyt nivå

## 4 Diskusjon

I denne oppgaven har vi hatt til hensikt å summere opp tidligere studier av hvordan cardiac output, armposisjonering, skannerretning og plassering av PVK, påvirker effekten av kontrastmidler i CT-angiografi. Vi har gjennomført systematiske søk etter vitenskapelige artikler som omhandler dette temaet. Tilfanget av relevante studier viste seg å være lite. Dette kan ha sammenheng med at forskning på dette feltet pågår.

### 4.1 Resultatdiskusjon

I denne oppgaven har vi hatt som hensikt å sammenfatte tidligere studier av hvordan cardiac output, armposisjonering, skannerretning og plassering av PVK, påvirker effekten av kontrastmidler i CT-angiografi.

Pasientspesifikke protokoller for kontrastmiddel anses som essensielle for å oppnå en god bildekvalitet med minst mulig artefakter til pasienten. Hver pasient har ulike vekt, cardiac output og kroppsoverflate. Derfor en må tilpasse kontrastmidler, avhenger av disse faktorene, for å oppnå optimal karoppladning og bedre bildekvalitet.

Samtlige inkluderte studier indikerte at å optimalisere av kontrastmiddel ved å ta hensyn til armposisjonering, skannerretning, cardiac output og plassering av PVK har en stor betydning for å forbedre attenuasjon ved CT-angiografi. Ut ifra resultatene ser vi også at effekten av å redusere kontrastmiddel henger sammen med å reduserer stråledose fordi konsentrasjonen av jod i et kontrastmiddel vil påvirke direkte hvor mye av strålingen i en røntgenundersøkelse som attenuerer og vekselvirker med kontrastmiddelet. Jo høyere jodkonsentrasjon, desto høyere attenuasjon, det vil si at anatomien som skal undersøkes vil derfor bestemme jodkonsentrasjonen som behøves, ettersom forskjellige anatomiske strukturer vil skylle væske gjennom seg raskere enn andre (41).

#### 4.1.1 Armposisjonering

Det er vist at å ha armene hvilt på CT-frontpanel omtrent 90 grader ventral til hodet er bedre enn å ha armene opp over hodet for å forbedre bildekvaliteten og redusere risikoen for artefakter (33). Teoretisk kan en høy attenuasjon i kontrastfylt kar oppnås ved å injisere jod raskere (42,43), men i forhold til de inkluderte studiene som er involvert i vår studie, ser vi at armposisjonering også påvirker oppladning av kontrastmidlet i karene når CCTA ble undersøkt. I

studiet til Svensson et al (34) ble det observert at når vi har armene opp over hodet, har vi hatt en større oppladning i venstre atrium enn i ascendens aorta, dermed en høy attenuasjon som ikke bidra til visualisering av koronararterier. Dette foregår sannsynligvis for tidlig avbildning på grunn av en relativ okklusjon av subclavian vene, noe som forårsaker en venøs stase.

### 4.1.2 Injeksjonsstedet

Ut ifra resultatene ser vi at injeksjonen i høyre arm henger sammen med bedre oppladning i karene og mindre artefakter. I studiene (38,39) ser vi at plassering av PVK i høyre arm gav opphav til bedre attenuasjon i blodårene i både nakke og hode. Grunnen til dette er en kortere venøs forløp til hjerte og mindre venøst tilbakeløp. Klinisk gis kontrastmidler på CTA vanligvis en fast injeksjonshastighet rundt  $<5\text{ml/s}$ . Høyere strømningshastighet kan være opptil  $8,8\text{ ml/s}$ , men det må gjøres en viss justering for å oppnå topp attenuasjon, slik faktorer som plassering av PVK, skannerretning og armposisjonering kan være nyttige (44). Studiet til Yang et al (40) viser også at stråleeksponeringen er lett påvirket av injeksjonsstedet, men samtidig gav injeksjonen fra leggen et bedre resultat i forbindelse med en bedre attenuasjon i ascendens aorta, men forårsaket litt høyere stråledose fordi krever den lengste triggertiden i prescanning.

Alle de tre inkluderte studiene (38-40) viste en bedre attenuasjon i karene, men kun studiet (40) som viste en høyere stråledose. Årsaken til dette er at studiene (38, 39) bare analyserte bildekvalitet mellom høyre og venstre arm og ikke stråledosen fordi det ikke er en stor forskjell i stråledosen angående triggertid. Dette er noe som vi prøver å unngå, dermed finner vi at det beste injeksjonsstedet som gir opphav til bedre bildekvalitet med minst mulig artefakter og stråledose er injeksjon i høyre arm.

### 4.1.3 Skannerretning

Skannerretningen er en viktig aspekt av CTA-undersøkelsen angående risiko for artefakter og bruk av høyere CM-volumer. I studiet til Saade et al(36) ser vi at ved kombinerende av craniocaudalt skannerretning med optimal bolustiming, blir attenuasjon vesentlig forbedret selv med reduksjon av kontrastvolum på opptil 67%. Ifølge studiene (35,37) kan en vaskulær attenuasjon ved thoracic CTA forbedres opptil 22% ved bruk av caudocranialt. I tillegg ble det observert at redusert kontrastmiddel volum førte til reduksjon av stråledosen opptil 19%. Ut ifra alle de inkluderte studiene (35-37) observeres det at hvis skannerretningen er i samme retning av kontrastmiddelstrømming under CTA, kan det føre til en forbedring av attenuasjon i karene med mindre artefakter.

Ifølge Aschoff et al (42) kan stråledosen reduseres med 74% hvis kV reduseres fra 120 til 80, mens det brukes høyere konsentrasjon (fra 300 mg jod / ml til 400 mg jod / ml) og attenuasjon i kontrastfylte kar. Hos yngre pasienter er lavere stråledose viktig, mens hos eldre pasienter er det viktigere å redusere mengden av kontrastmidler for å unngå komplikasjoner, slik som innvirkningen på nyrefunksjonen.

En høy konsentrasjon av kontrastmidler gir lavere behov for et høyt volum og en høy strøm av kontrast. Dette resulterer i både forbedret bildekvalitet og mindre stråledose (42).

#### 4.1.4 Cardiac output

De inkluderte studiene viser også at cardiac output er en av de viktigste faktorene for å optimalisere kontrastmidler innen CTA. Studiene (25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33) fant viktigheten av cardiac output angående optimal oppladning av kontrastmidler i karene uten bruk av høye KM-volumer som forårsaker økning i stråledose og risiko for nyreskade hos pasientene. Cardiac output påvirker blodstrømmen i karet som samtidig påvirker kontraststrømmen og kontrastoppladningen (26). De fleste av studiene var enige om at innenfor pasienttilpassede kontrastmiddelprotokoller er CO en viktig faktor å ta i betraktning når det gjelder optimalisering av kontrastmidler. Tidligere studier (45) viser viktigheten av å tilpasse kontrastmiddeladministreringen til hjertefunksjonen, i denne studien observeres det at hvis kontrastmiddelstrømmen kan justeres til hjertefrekvensen, kan påvirkningen på attenuasjonen i koronararterier av hjertefrekvensen forsvinne. Derfor korrelerer optimalisering av kontrastmidler med tilpasning til pasientens hjertefunksjon, blant annet cardiac output.

I følge Muhl et al (46), bør en tilstrekkelig høy og vedvarende mengde kontrastmiddel opprettholdes under hele undersøkelsen for å oppnå optimal oppladning i karene på CT-angiografi. En fast dose kan gi varierende resultater hos ulike pasienter med forskjellige egenskaper (44). Derfor er det mest optimalt å justere kontrastmiddeladministrering basert på disse faktorene som litteraturstudien adresserer for å oppnå best mulig kontrastoppladning i kar ved CT-angiografi.

## 4.2 Metodediskusjon

Vanskeligheter oppsto ved valg av faktorene som skulle undersøkes i litteraturstudien. Omfanget av publiserte artikler som omhandler optimalisering av kontrastmidler i CT-angiografi varierer med hvilke påvirkningsfaktorer som studeres. Tidligere forskning dreier seg for det meste om faktorer som

pasientvekt og kroppsoverflate. Bacheloroppgaven ble ansett uinteressant å undersøke faktorene som allerede ble benyttet av tidligere vitenskapelige artikler, det vil si at faktorene som påvirker kontrastmidler allerede ble undersøkt tidligere. Derfor blir det ikke relevant å studere de faktorene igjen i denne litteraturstudien. I stedet ble faktorene cardiac output, armposisjonering, skannerretning og injeksjonssted valgt i litteraturstudien. Antallet relevante artikler omhandler disse faktorene var ekstremt begrenset, ettersom forskning har vært minimal sammenlignet med de nevnte faktorene.

Manifest innholdsanalyse gjorde det mulig å konkret analyserings innholdet i de vitenskapelige artiklene, også redusere risikoen for at forfatterne skulle være subjektiv under analyseprosessen (23). I samsvar med Forsberg (22) kan det avhengig av validiteten av studiens resultat anses som gyldig og pålitelig. De inkluderte artiklene anses å ha god intern og ekstern validitet fordi studiegruppene inkluderte tilfeldig distribuerte pasienter / deltakere og at minimal seleksjonsskjevhet fremsto fra innholdet i artiklene (22). En ulempe er at reliabiliteten i studiene var uklar. Ved kvalitetsgjennomgangen (vedlegg 1) ble det stilt et spørsmål om validitet og reliabilitet til artikkelen. Ikke alle artiklene rapporterte om validitet og reliabilitet, dermed artiklene fikk et fall i kvalitetsnivået. Likevel anses disse artiklene i henhold til forfatterne inkludert i litteraturstudiens resultat for å ha tilstrekkelig validitet og reliabilitet. Litteraturstudien anses å ha god validitet fordi det ikke er inkludert positive informasjonen fra artiklene som svarer på vårt formål, men også mulige ulemper med faktorene. Dessuten anses litteraturstudien å ha god reliabilitet fordi litteratursøket og analyseprosessen som er utført kan gjentas flere ganger og fører til de samme resultatene.

### **4.3 Klinisk verdi med studien**

De inkluderte studiene nevner også sammenheng mellom forbedring av bildekvaliteten og optimalisering av kontrastmidler. Hvis disse justeringene av faktorene implementeres under CT-angiografi, kan både stråledosen og komplikasjoner relatert til kontrastmidler reduseres, mens bildekvaliteten forbedres. Reduksjon av stråledose som et resultat av kontrastoptimalisering er en generell fordel. Stråledose er knyttet til risiko ved fremtidig kreftutvikling. CT-angiografi innebærer avbildning av kar i områder som hode, thorax og abdomen (5). I studiet til Sabarudin et al (44) viser at eksponering av strålingen ved CT i disse områdene øker risikoen for dødelig kreft. Derfor er det viktig å tenke på hvordan undersøkelsesmetodikken kan tilpasses innen CT-angiografi for å kunne redusere stråledosen uten at å true bildekvaliteten.

Ifølge tidligere studier (47,48) har det observert hvordan jodkontrastmidler kan påvirke DNA-skader i forbindelse med strålingen som pasienten er utsatt for under CT-undersøkelsen. Faktorer som cardiac output, armposisjonering, skannerretning og plassering av PVK kan optimalisere kontrastmiddeladministrering, og dermed fører til mindre volumbruk av kontrastmidler som bidrar til mindre biologiske skader hos pasienten under CT-angiografi. I tillegg kan mindre kontrastmiddelvolumbruk bidra til mindre belastning på nyrene, noe som er viktig for eldre og andre risikopasienter (43).

Ved å ta i betraktning effekten faktorene armposisjonering, cardiac output, skannerretning og injeksjonssted har på kontrastoppladningen er det mulig å optimalisere kontrastmiddeladministrering ved CT-angiografi for å forbedre bildekvaliteten og redusere risiko for kontrastmiddelrelaterte skader.

## 4.4 Fremtidige studier

Som nevnt tidligere, eksisterer det en begrenset mengde forskning på faktorene armposisjonering, skannerretning og injeksjonssted innen CT-angiografi. Det finnes mye relaterte forskning på faktoren cardiac output. Likevel er det litt mer begrenset i CT-angiografi sammenlignet med vanlig CT. Forskning om optimalisering av kontrastmiddeladministrering er hovedsakelig gjennomført hos kroppsoverflate og vekstfaktorer. Derfor er det behov for mer forskning på disse faktorene som denne litteraturstudien tar for seg for å få et tydeligere bilde av hvordan disse faktorene kan optimalisere administrering av kontrastmidler, spesielt rundt armposisjonering, der vi fant kun en artikkel relatert til emnet, også skannerretning og injeksjonssted hvor bare 3 artikler ble det funnet om hver faktor.

Ved å utføre flere studier for å undersøke hvordan faktorene armposisjonering, skannerretning, injeksjonssted og cardiac output kan påvirke kontrastoppladning på CT-angiografi, kan dette legges merke til av klinikkene og dermed begynne å implementere optimaliseringsforslag som kan være fordelaktige for bildekvaliteten. Plassering av PVK i høyre arm er allerede en standardisert metode i CT-angiografi på mange radiologiske klinikker i Skandinavia. EKG-gated i CT-angiografi er en EKG-måling for å se puls og blodstrøm. Dette er allerede implementert i Norge (vedlegg 3 og 4) ettersom tidligere studier har vist fordeler ved å bruke EKG-måling i CT-angiografi.

Vi håper at videre forskning på optimalisering av kontrastmiddeladministrering i CT-angiografi vil bli utført for videreutvikling i forbindelse med å redusere risikoen relatert til kontrastmidler og CT-angiografi.

## 5 Konkusjon

Cardiac output bør tas i betraktning, det vil si at cardiac output er en viktig faktor som viser hvor sterk blodstrømmen vil være i karene, og som et resultat indikerer mengden av kontrastmidler som skal brukes. For å oppnå en god kontrastoppladning viser resultatene at bruk av høyre arm var det beste alternativet for å injisere kontrastmidler. Dessuten ble det vurdert at den optimale skannerretningen er å følge kontrastmiddelstrømming. Sist men ikke minst, viste resultatene også at armene i 90 grader ventralt førte til bedre kontrastmiddelstrømming med mindre stråledose.

Som helhet viser alle de inkluderte studiene at optimalisering av kontrastmiddeladministreringsprotokollen har en stor betydning for bildekvaliteten.

## 6 Referanser

1. Brody A S., Frush D, P, Huda W, Brent R.L & the Section on Radiology. Radiation Risk to Children From Computed Tomography. Pediatrics September 2007, 120 (3) 677-682
2. Thilander-Klang A. Strålsäkerhetsmyndigheten. *Utveckla metoder för bestämning av diagnostiska standarddoser och dosreferensnivåer för DT-undersökningar av barn.* (2017). Hämtad från: <https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/contentassets/6d3a1a2201fa41e881890c03a6e4e54f/201706-utveckla-metoder-for-bestamning-av-diagnostiska-standarddoser-och-dosreferensnivaer-for-dt-undersokningar-av-barn>
3. Statens strålevern. Felles nordisk uttalelse fra strålevernmyndighetene om økt bruk av CT. (2012). StrålevernInfo 11:2012. Hämtad från <https://www.dsa.no/filer/4d6907bf7d.pdf>
4. Jonasson L. Hjärt-Lungfonden. Kärlekskramp. En skrift om kranskärlsjukdom. 2018. Hämtad från: [https://assets.ctfassets.net/e8gvzq1fwq00/13DyS6mro1S09CdRVWoAMR/6e38d16e8bfca180b33364f3eaf5100/K\\_rlkramp\\_2018\\_Final.pdf](https://assets.ctfassets.net/e8gvzq1fwq00/13DyS6mro1S09CdRVWoAMR/6e38d16e8bfca180b33364f3eaf5100/K_rlkramp_2018_Final.pdf)
5. Wallén T. Vårdriktlinjer. Diagnostik av kärlsystemet. 2016. Hämtad 2020-01-09 från: <http://www.vardriktlinjer.se/sv/Stroke/Akuta-fasen/Undersokningar/341-Radiologisk-bilddiagnostik/3412-Diagnostik-av-karlsystemet/>
6. Aspelin P, Pettersson H. *Radiologi*. 1:4 rev. uppl. Lund: Studentlitteratur AB; 2008.
7. Kumamaru, K. K, Hoppel, B. E, Mather, R. T, & Rybicki, F. J. CT angiography: current technology and clinical use. Radiologic clinics of North America, 48(2), 213–vii. doi:10.1016/j.rcl.2010.02.006



8. Sajjadih A, Hekmatnia A, Keivani M, Asoodeh A, Pourmoghaddas M, Sanei H. Diagnostic performance of 64-row coronary CT angiography in detecting significant stenosis as compared with conventional invasive coronary angiography. *ARYA Atheroscler*. 2013 Mar;9(2):157-63.
9. Wardlaw JM, Chappell FM, Best JJ, Wartolowska K, Berry E. Non-invasive imaging compared with intra-arterial angiography in the diagnosis of symptomatic carotid stenosis: A meta-analysis. *Lancet*. 2006;367:1503-12
10. Rixe J, Conradi G, Rolf A, Schmermund A, Magedanz A, Erkapic D, Deetjen A, Hamm CW, Dill T. Radiation dose exposure of computed tomography coronary angiography: comparison of dual-source, 16-slice and 64-slice CT. *Heart*. 2009 Aug;95(16):1337-42. doi: 10.1136/hrt.2008.161018. Epub 2009 May 28.
11. University of Michigan, Michigan Medicine. Computed Tomography Angiogram (CT Angiogram). 2018. Hämtad 2020-01-14 från: <https://www.uofmhealth.org/health-library/bo1097>
12. Radiological Society of North America, Radiologyinfo.org. CT Angiography (CTA). 2019. Hämtad 2020-01-14 från: <https://www.radiologyinfo.org/en/info.cfm?pg=angiact>
13. Davidson C, Stacul F, McCullough PA, Tumlin J, et al. *Contrast Medium Use*. 2006 Sep 18;98(6A)
14. (13) Svensk förening för medicinsk radiologi. Nationella rekommendationer för jodkontrastmedel. 2017. Hämtad 2020-01-11 från: [http://www.sfmr.se/Files.aspx?f\\_id=145491](http://www.sfmr.se/Files.aspx?f_id=145491)
15. ESUR Contrast Media Safety Committee. *ESUR Guidelines on Contrast Media*. (2012). Uppl 8. Hämtat från: <http://www.esur.org/guidelines/> 21.04.2013
16. Scholtz J & Ghoshhajra B. Advances in cardiac CT contrast injection and acquisition protocols. *Cardiovasc Diagn Ther*. 2017 Oct; 7(5): 439–451.
17. Higaki T, Nakaura T, Kidoh M, Yuki H, Yamashita Y, Nakamura Y, et al. Effect of contrast material injection duration on arterial enhancement at CT in patients with various cardiac indices: Analysis using computer simulation. *PLoS One*. 2018; 13(2): e0191347.
18. Chaturvedi A, Oppenheimer D, Rajiah P, Kaproth-Joslin KA & Chaturvedi A. Contrast opacification on thoracic CT angiography: challenges and solutions. *Insights Imaging*. 2017 Feb; 8(1): 127–140.
19. Svensk förening för röntgensjuksköterskor. *Kompetensbeskrivning för legitimerad röntgensjuksköterska*. Umeå; 2011.
20. Svensk förening för Röntgensjuksköterskor & Vårdförbundet. *Yrkesetiska kod för röntgensjuksköterskor*. Stockholm; 2008.
21. Bahtevani C, Nilsson R, Sandström B, Willman A. *Evidensbaserad omvårdnad*. 4:2 rev. Uppl. Lund: Studentlitteratur AB; 2016

22. Forsberg C & Wengström Y. Att göra systematiska litteraturstudier: Värdering, analys och presentation av omvårdnadsforskning. 2 rev. Uppl. Stockholm: Natur & Kultur; 2012
23. Krippendorff, K. Content analysis: an introduction to its methodology. 2 rev. Uppl. California: Sage Publications; 2004
24. Vetenskapsrådet. Forskningsetiska principer inom humanistisk-samhällsvetenskaplig forskning. 2002; Stockholm.
25. Nijhof WH, Hilbink M, Jager GJ, Slump CH & Rutten MJ. A non-invasive cardiac output measurement as an alternative to the test bolus technique during CT angiography. *Clin Radiol*. 2016 Sep;71(9):940.e1-5. doi: 10.1016/j.crad.2016.03.007
26. Flinck M, Gradén A, Milde H, Flinck A, Hellström M, Björk J, et al. Cardiac output measured by electrical velocimetry in the CT suite correlates with coronary artery enhancement: a feasibility study. *Acta Radiol*. 2010 Oct;51(8):895-902.
27. Konno M, Hosokai Y, Usui A, Abe M, Tateishi T, Kawasumi Y, et al. Cardiac output obtained from test bolus injections as a factor in contrast injection rate revision of following coronary CT angiography. *Acta Radiol*. 2012 Dec 1;53(10):1107-11.
28. Sakai S, Yabuuchi H, Chishaki A, Okafuji T, Matsuo Y, Kamitani T, et al. Effect of cardiac function on aortic peak time and peak enhancement during coronary CT angiography. *Eur J Radiol*. 2010 Aug;75(2):173-7. doi: 10.1016/j.ejrad.2009.04.022.
29. Masuda T, Nakaura T, Funama Y, Sato T, Higaki T, Kiguchi M, et al. Effect of Patient Characteristics on Vessel Enhancement at Lower Extremity CT Angiography. *Korean J Radiol*. 2018 Mar-Apr;19(2):265-271.
30. Tomizawa N, Komatsu S, Akahane M, Torigoe R, Kiryu S & Ohtomo K. Influence of hemodynamic parameters on coronary artery attenuation with 320-detector coronary CT angiography. *Eur J Radiol*. 2012 Feb;81(2):230-3.
31. Masuda T, Nakaura T, Funama Y, Sato T, Nitta T, Higaki T, et al. Effect of Patient Characteristics on Vessel Enhancement in Pediatric Chest Computed Tomography Angiography. *Can Assoc Radiol J*. 2019 May;70(2):181-185.
32. Puijpe GD, Winklehner A, Hasenclever P, Plass A, Frauenfelder T & Baumüller S. Thoraco-abdominal high-pitch dual-source CT angiography: Experimental evaluation of injection protocols with an anatomical human vascular phantom. *Eur J Radiol*. 2012 Oct;81(10):2592-6.
33. Funama Y, Utsunomiya D, Oda S, Shimonobo T, Nakaura T, Mukunoki T, et al. Transluminal attenuation-gradient coronary CT angiography on a 320-MDCT volume scanner: Effect of scan timing, coronary artery stenosis, and cardiac output using a contrast medium flow phantom. *Phys Med*. 2016 Nov;32(11):1415-1421.
34. Svensson A, Cederlund K, Aspelin P, Nyman U & Brismar TB. The effect of arm positioning on timing and enhancement of intravenous contrast media at coronary computed tomography angiography. *Acta Radiol*. 2016 Sep;57(9):1049-55.

35. Saade C, El-Merhi F, El-Achkar B, Kerek R, Vogl TJ, Maroun GG, et al. 256 Slice Multi-detector Computed Tomography Thoracic Aorta Computed Tomography Angiography: Improved Luminal Opacification Using a Patient-Specific Contrast Protocol and Caudocranial Scan Acquisition. *J Comput Assist Tomogr.* 2016 Nov/Dec;40(6):964-970.
36. Saade C, Bourne R, Wilkinson M, Evanoff M & Brennan P. A reduced contrast volume acquisition regimen based on cardiovascular dynamics improves visualisation of head and neck vasculature with carotid MDCT angiography. *Eur J Radiol.* 2013 Feb;82(2):e64-9.
37. Saade C, Bourne R, Wilkinson M, Evanoff M & Brennan P. Caudocranial Scan Direction and Patient-Specific Injection Protocols Optimize ECG-Gated and Non-Gated Thoracic CTA. *J Comput Assist Tomogr.* 2013 Sep-Oct;37(5):725-31.
38. Demirpolat G, Yüksel M, Kavukçu G & Tuncel D. Carotid CT angiography: comparison of image quality for left versus right arm injections. *Diagn Interv Radiol.* 2011 Sep;17(3):195-8.
39. Chang YM, Tsai AC, Gutierrez A, Flory M, Sarangi R, Fujita A, et al. Effect of Right-Sided Versus Left-Sided Contrast Injection on Intra-arterial Opacification Characteristics of Head and Neck Computed Tomography Angiograms and Interactions With Patient Sex, Weight, and Cardiac Output. *J Comput Assist Tomogr.* 2015 Sep-Oct;39(5):752-9.
40. Yang M, Mo XM, Jin JY, Zhang J, Liu B, Wu M, et al. Image Quality and Radiation Exposure in Pediatric Cardiovascular CT Angiography From Different Injection Sites. *AJR Am J Roentgenol.* 2011 Feb;196(2):W117-22.
41. Ehrlich, R. A., & Coakes, D. M. (2013). *Patient care in radiography: with an introduction to medical imaging* (8. utg.). St. Louis, MO: Elsevier Mosby. s. 335-379.
42. Aschoff AJ, Catalano C, Kirchin MA, Krix M, Albrecht T. Low radiation dose in computed tomography: the role of iodine. *Br J Radiol.* August 2017; 90(1076): 20170079.
43. Mahesh M, Tanenbaum LN, Sahani DV, Hellinger JC. Enhancing Patient Safety in Today's Healthcare Environment: Radiation Dose and Contrast Optimization CT Imaging. *Appl Radiol.* December 2015.
44. Sabarudin A, Sun Z. Radiation dose measurements in coronary CT angiography. *World J Cardiol* 2013; 5(12): 459-464
45. Zhu X, et al. Contrast material injection protocol with the flow rate adjusted to the heart rate for dual source CT coronary angiography. *Int J Cardiovasc Imaging* 28, 1557–1565 (2012).
46. Muhl C., Kok M., Wildberger J.E., Das M. Contrast Media Injection Protocols in CT Coronary Angiography. (2019) In: Schoepf U. *CT of the Heart. Contemporary Medical Imaging.* Humana, Totowa, NJ
47. Piechowiak EI, Peter JF, Kleb B, Klose KJ, Heverhagen JT. Intravenous Iodinated Contrast Agents Amplify DNA Radiation Damage at CT. *Radiology.* 2015 Jun;275(3):692-7.
48. Grudezenski S, Kuefner MA, Heckmann MB, Uder M, Löbrich M. Contrast Medium-enhanced Radiation Damage Caused by CT Examinations. *Radiology* 2009 253:3, 706-714.

# Vedlegg 1

## Kvantitativ gjennomgangsprotokoll

### Omvårdnad Examensarbeite, 15 hp

---

#### Protokoll for basale kvalitetskriterier for studier med kvantitativ metode

Titel: \_\_\_\_\_  
Forfattare: \_\_\_\_\_  
Aartal: \_\_\_\_\_  
Tidskrift: \_\_\_\_\_

#### Del I

##### Beskrivning av studien

Beskrivs problemet i bakgrund/inledning? Ja  Nej

Kunnskapslaget inom det aktuelle området ar beskrevet? Ja  Nej

Ar syftet relevant till ert examensarbeite? Ja  Nej

Ar urvalet beskrevet? Ja  Nej

Santlige frager ska besvaras med ja for att artikeln ska inkluderas till fortsatt granskning. Vid Nej pa nogen av fragerne ovan ekskluderas artikeln.

---

#### Del II

##### Kvalitetsfrager

Henger metode og syfte ihop? (Kvantitativt syfte – kvantitativ metode) Ja  Nej

Beskrivs statistiske metoder/analyse? Ja  Nej

Beskrivs datainsamlingen? Ja  Nej

Beskrivs etisk tilstand/forholdningssatt/stillingstagande? Ja  Nej

Diskuteres metoden mot kvalitetssekeringsbegrepp validitet og reliabilitet i diskussionen? Ja  Nej

Diskuteres hovedfynd i resultatdiskussionen? Ja  Nej

Sker aterkoppling till nyere forskning i relation till hovedfyndene i diskussionen? Ja  Nej

## Omvårdnad Examensarbete, 15 hp

---

Är resultatet relevant för ert syfte?

Om ja, beskriv:

.....  
.....

Om nej, motivera kort varför och utesluta artikeln:

.....  
.....

Forskningsmetod/-design (t ex RCT, tvärsnittsstudie)

.....  
.....

Deltagarkaraktistiska

Antal .....

Ålder .....

Man/Kvinna .....

Granskare sign: .....

## Vedlegg 2

## Blankett för etisk egengranskning av examensarbeten<sup>1</sup> vid Hälsöshögskolan

Datum: 2020-01-11

Examensarbetets titel: Optimering av intravenös kontrast vid CT-angiografi

Student/studenter<sup>2</sup>: 2

Student/studenter mejladress: [Muaj1798@student.ju.se](mailto:Muaj1798@student.ju.se), [aldakhilmonem@gmail.com](mailto:aldakhilmonem@gmail.com)

Utbildningsprogram: Röntgensjuksköterskeprogrammet

Utbildningsnivå: Termin 6

Handledare: Berit Möller Christensen

Handledare mejldress: [Berit.moller-christensen@ju.se](mailto:Berit.moller-christensen@ju.se)

Examensarbeten vid Hälsöshögskolan, Jönköping University, ska följa forskningsetiska principer så som de uttrycks i etikprövningslagen (EPL). Denna blankett är ett hjälpmedel för granskning av etiska frågeställningar knutna till examensarbetet.

Student och handledare går igenom blanketten tillsammans, identifierar etiska problem och enas om hur dessa ska hanteras. I de fall där tveksamheter kvarstår, ska en ansökan om rådgivande yttrande skickas till Forskningsetiska kommittén (se del C).

Forskning som faller under EPL måste prövas av Etikprövningsmyndigheten<sup>3</sup>. Det finns två typer av studier som normalt inte räknas till forskning och som måste hanteras speciellt. Det ena är examensarbeten och det andra är verksamhetsförlagt förbättringsarbete i hälsa och välfärd.

Gränsdragningen mellan forskning och dessa två typer av studier berörs inledningsvis i del A.

Del B hanterar vad som faller under EPL samt etiska principer som är viktiga att reflektera över inför genomförandet.

Del C innehåller tillvägagångssätt för att få ett rådgivande yttrande från forskningsetiska kommittén.

Om examensarbetet redan ingår i ett etikgranskat och godkänt projekt behöver ingen etisk egengranskning genomföras.

<sup>1</sup> Blanketten gäller även verksamhetsförlagda förbättringsarbeten.  
<sup>2</sup> Alternativt utförare av verksamhetsförlagt förbättringsarbete.  
<sup>3</sup> [www.etikprovning.se](http://www.etikprovning.se)



### Del A: Är detta en forskningsstudie?

Del A syftar till att avgöra om studien avser vara forskning. Examensarbeten räknas normalt inte som forskning och kan då inte heller prövas av Etikprövningsmyndigheten. Under vissa omständigheter kan dock examensarbeten vara forskning. Examensarbetet:

1. syftar till publicering i vetenskaplig tidskrift
2. har en vetenskaplig frågeställning och en design som kan besvara densamma
3. leds av forskare inom området, t.ex som del av ett större forskningsprojekt

Alla dessa tre bör uppfyllas för att studien ska betraktas som forskning och ska då hanteras av Etikprövningsmyndigheten.

Är studien forskning i dessa tre avseenden?

- JA (Studien ska prövas av Etikprövningsmyndigheten.)
- NEJ (Fortsätt till del B och C.)

### Del B: Innehåller examensarbetet sådant som enligt etikprövningslagen kan identifieras som etiskt känsligt?

Frågorna i del B syftar till att undersöka om examensarbetet har sådana etiska problem som om det vore forskning skulle krävt prövning av Etikprövningsmyndigheten, samt hur etiska principer hanteras.

	Ja	Tveksamt	Nej
1 Avser studien att behandla känsliga personuppgifter enligt GDPR <sup>4</sup> , det vill säga vid något skede länka till en person och där uppgifterna avslöjar ras eller etniskt ursprung, politiska åsikter, religiös eller filosofisk övertygelse, medlemskap i fackförening, hälsa eller sexualliv?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2 Avser studien att behandla personuppgifter som avser lagöverträdelse som innefattar brott, domar i brottmål, straffprocessuella tvångsmedel eller administrativa frihetsberövanden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3 Innebär studien ett fysiskt ingrepp på deltagarna (även sådant som ingår i gängse rutiner, men också är del i studien)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4 Är syftet med studien att fysiskt eller psykiskt påverka deltagarna?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5 Innebär studien en uppenbar risk att skada deltagaren fysiskt eller psykiskt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6 Används biologiskt material som kan härledas till en identifierbar individ eller avliden människa (exempelvis blodprov eller vävnadsprov)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7 Kan frivilligheten för deltagaren ifrågasättas (exempelvis utsatta grupper såsom barn, personer med kognitiv nedsättning och psykisk funktionsnedsättning, eller personer i beroendeställning som patienter eller studenter i förhållande till försöksledaren)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

<sup>4</sup> GDPR är en förkortning av General Data Protection Regulation (EU:s dataskyddsförordning)



	Ja	Tveksamt	Nej
8 Kommer personer med begränsad autonomi engageras (exempelvis personer med kognitiva svårigheter, underåriga) där förståelsen för innebörden av samtycket är begränsat?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Deltagarval och social utsatthet</b>			
9 Tillhör deltagarna en extra sårbar och utsatt grupp i samhället (minoritetsgrupp)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10 Upprättas ett personregister där data kan kopplas till en fysisk person?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Informerat samtycke</b>			
11 Kommer informerat samtycke att inhämtas (det vill säga att deltagarna kommer att få information om undersökningen och/eller möjlighet att avsäga sig ett deltagande)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12 Beskrivs studien så att deltagarna förstår dess syfte och upplägg och vad deltagande i projektet innebär (exempelvis antal besök, projektlängd, med lätt svenska utan fackuttryck)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13 Framgår det i den skriftliga informationen till deltagarna att deltagandet i studien är frivilligt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14 Innehåller informationsbrevet övertalande formuleringar (som utgår från att personen ska eller bör ställa upp utan att fullt visa respekt för valet, exempelvis milt övertalande så som "tack på förhand")?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15 Framgår det tydligt att deltagaren kan avstå från medverkan utan att detta påverkar deltagarens omhändertagande eller behandling eller, om studenter, betyg?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16 Framgår det tydligt att deltagaren när som helst och utan angivande av skäl kan avbryta deltagandet utan att detta påverkar deltagarens omhändertagande eller behandling eller, om studenter, betyg?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Konfidentialitet och deltagarnas säkerhet</b>			
17 Om konfidentialitet är motiverat, finns det rutiner för att garantera konfidentialitet vid datainsamlingen?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18 Om konfidentialitet är motiverat, beskrivs resultatet på ett sätt så att deltagarna är konfidentiella, det vill säga att de ej kan identifieras efteråt (inklusive små förutsättningar för så kallad baklänges-identifikation)?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19 Om anonymisering är utlovat, finns rutiner för att säkerställa detta?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20 Finns det tydliga rutiner för att säkerställa hantering av insamlad datamaterial enligt GDPR?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Forskningsresultat</b>			
21 Finns det skäl att erbjuda deltagarna att få ta del av forskningsresultatet?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ej applicerat i litteraturstudie.

Ovanstående frågor under del B är noga genomgångna, sanningsenligt besvarade och diskuterade med handledare.



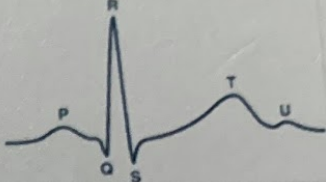
Ort och datum: 16/1-20 Jönköping

Underskrift Student


Underskrift Handledare



## Vedlegg 3

Indikasjon:	Aneurisme, disseksjon, stenoser, traumer.
NCRP:	FC0FE, ZX5EA.
  	
<b>Pasientforberedelser</b>	
Leie:	Ryggleie, føtter først, armene over hodet.
Sentring:	Hakespissen.
Intravenøs:	Minimum grønn venflon. Benytt stor vene i albueregionen.
Peroral km:	-
Rektal km:	-
Intravaginal:	-
<b>Kommentar</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ved spørsmål om disseksjon, få med litt av halskar.</li> <li>• Er pasienten over 90 kg, øk kontrastmengden fra 100 til 110 ml.</li> <li>• Dersom lungearteriene også ønskes fremstilt, øk kontrastmengden til 150 ml.</li> <li>• Begge bokser skal ha lik FOV og lik kV</li> </ul>	
EKG Gated	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se «CTA ThAbBe B (EKG gated) - trinn for trinn»</li> <li>• Kan være vanskelig å få festet EKG pads på veldig dårlige pasienter som er kald og klam i huden. Mulig å kjøre med kontakt på kun to pads.</li> <li>• EKG utstyr ligger i egen kasse i glasskapet, merket EKG.</li> </ul>	
<b>Bildeopptak</b>	
Serie:	Fra og med lungetopp til trocanter major
Bolus trigger:	Plasser snittet i carina. ROI i aorta descendens.
Delay:	Bolus trigger: 5 s. Serie: 11.6 s. (totalt ca. 20 sek)
<b>Intravenøs Kontrastadministrering</b>	
Konsentrasjon:	Omnipaque 350 mgI/ml
Mengde:	100 ml
NaCl:	50 ml
Flow:	6 ml/sek

## Vedlegg 4

<b>Indikasjon:</b>	<b>Aneurisme, disseksjon, stenose, traume.</b>
<b>NCRP:</b>	<b>FC0AE, ZX5EA</b>
	
<b>Pasientforberedelser</b>	
<b>Leie:</b>	Ryngleie, føtter først, armene over hodet.
<b>Sentrering:</b>	Hakespissen.
<b>Intravenøs:</b>	Minimum grønn venflon. Benytt stor vene i albueregionen.
<b>Peroral km:</b>	-
<b>Rektal km:</b>	-
<b>Intravaginal:</b>	-
<b>Kommentar</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• EKG Gated</li> <li>• Dersom lungearteriene også ønskes fremstilt, øk kontrastmengden til 130 ml.</li> <li>• Se «CTA Thoracalis B (EKG gated) – trinn for trinn»</li> <li>• Kan være vanskelig å få festet EKG pads på veldig dårlige pasienter som er kald og klam i huden. Mulig å kjøre med kontakt på kun to pads.</li> <li>• EKG utstyr ligger i egen kasse i glasskapet, merket EKG.</li> </ul>	
<b>Bildeopptak</b>	
<b>Serie:</b>	Fra lungetopp t.o.m L1
<b>Bolus Trigger:</b>	Plasser snittet i carina. ROI i aorta descendens.
<b>Delay:</b>	Bolus trigger: 5 sek Serie: 11.6 sek (totalt ca. 20 sek)
<b>Intravenøs Kontrastadministrering</b>	
<b>Konsentrasjon:</b>	Omnipaque 350 mgI/ml
<b>Mengde:</b>	80 ml
<b>NaCl:</b>	50 ml
<b>Flow:</b>	6,0 ml/s
<b>Rekonstruksjoner:</b>	
<b>Axial:</b>	3/2, 5/4 Stnd. og 8/5 MIP
<b>Coronal:</b>	3/2 Stnd.
<b>Sagital:</b>	-

