

Gassemboli ved hysteroskopisk kirurgi

En systematisk litteraturstudie om anestesisykepleierens oppgaver i forbindelse med å forebygge, identifisere og behandle gassemboli ved hysteroskopi.

AV MALENE FLOR & ISABELLE HARISPURU

ANTALL ORD: 19548

VEILEDER

Hans Inge Sævareid

Universitetet i Agder, 2022

Fakultet for helse- og idrettsvitenskap

Institutt for helse- og sykepleievitenskap

Forord

Tusen takk til Hans Inge Sævareid for god veiledning. Det har vært godt å ha en positiv støttespiller som har sett oppgaven i et annet lys; dine konstruktive tilbakemeldinger har vært til stor hjelp. Vi vil også takke Ellen Sejersted som har vært svært tålmodig med oss i prosessen med å utforme en systematisk litteraturstudie; kunnskapene hennes har vært uvurderlig.

Avslutningsvis ønsker vi å takke John og Simen for å ha vært stødige støttespillere under en tøff innsjurt av studiet. Nå skal dere få litt mer oppmerksomhet, vi lover!

Abstrakt

Bakgrunn

Venøs gassemboli kan oppstå under hysteroskopi og medføre akutte hemodynamiske forandringer som kan ha fatale følger. Det finnes få prosedyrer som omtaler forebyggende, identifiserende eller behandlende tiltak hvis denne komplikasjonen skulle oppstå.

Hensikt og problemstilling

Hensikten med denne studien er å øke bevissthet og kunnskap rundt gassemboli som komplikasjon ved hysteroskopi, og gjøre anestesisykepleier rustet til å forebygge, identifisere og behandle den.

Problemstilling:

Hvordan kan anestesisykepleier forebygge, identifisere og behandle gassemboli ved hysteroskopi?

Metode

En systematisk litteraturstudie er anvendt som metode. Metoden forutsetter en klart formulert problemstilling som besvares systematisk ved å identifisere, velge, vurdere og analysere relevant forskning. Forskning ble funnet gjennom anerkjente databaser som CINAHL, Embase/Medline og Cochrane library. De inkluderte studiene er blitt screenet og kritisk vurdert. Det er benyttet tematisk analyse som analyseverktøy.

Resultat

Databasesøket ga 118 treff, 14 var duplikater. 104 artikler ble screenet, 32 artikler ble fulltekstvurdert, og totalt ble 10 artikler inkludert i denne systematiske litteraturstudien. Resultatet har vist høy prevalens, et bredt spekter av utfall, forebyggende tiltak og ulike behandlinger.

Konklusjon

Det er mulig for anestesisykepleier å forebygge gassemboli med leiring, monitorering og kunnskap innad i teamet. Tidlige symptomer starter med fall i ETCO₂ og SpO₂, samt fluktuerende blodtrykk. Behandling innebærer opprettholdelse av respirasjon og hemodynamikk, samt Durants manøver. ECMO og trykkammerbehandling må vurderes.

Nøkkelord

Venøs gassemboli, anestesisykepleie, forebygging, identifisering, behandling

Abstract

Background

Venous gas embolism can occur during a hysteroscopy. It can cause acute hemodynamic changes that may have fatal consequences. There are few procedures that can prevent, identify, and treat venous gas embolism if it occurs.

Purpose

The purpose of this study is to raise awareness and knowledge about venous gas embolism as a complication of hysteroscopy. Awareness will help prepare anesthetic nurses to prevent, identify and teach them how to treat it.

Research question

How can an anesthetist prevent, identify, and treat venous gas embolism during hysteroscopy?

Methods

The method requires a clearly formulated research question that is answered systematically by identifying, selecting, assessing, and analyzing research. Through a systematic literature review, relevant research was found through databases such as the CINAHL-, Embase/Medline- and Cochrane-library. The included studies have been screened and critically assessed. Thematic analysis has been used as an analytical tool.

Results

The research yielded 118 hits and 14 were duplicates. 104 articles were screened, 32 articles were fully text assessed. 10 articles were included. The results have shown high prevalence with a wide range of outcomes, preventive measures, and various treatments.

Conclusion

Gas embolism is preventable by placing the body in certain positions, monitoring and by having the appropriate knowledge within the team. Early symptoms start with a decrease in ETCO₂ and SpO₂. Treatment involves the maintenance of respiration and hemodynamics and placing the patient in Durant's maneuver. ECMO and hyperbaric oxygen therapy must be considered.

Keywords:

Venous gas embolism, anaesthetic nursing, prevention, identification, treatment.

Innholdsfortegnelse

1.0 Introduksjon	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Hensikt og grunnlag for problemstilling	2
1.3 Problemstilling.....	3
2.0 Relevante begrepsforklaringer og forkortelser	4
2.1 Begreper.....	4
2.2 Forkortelser.....	5
3.0 Teoretisk referanseramme og tidligere forskning	6
3.1 Hysteroskopi.....	6
3.2 Mekanismen bak gassemboli.....	6
3.3 Paradoksal gassemboli og patent foramen ovale	7
3.4 Respiratoriske patofysiologiske endringer ved gassemboli.....	9
3.5 Sirkulatoriske patofysiologiske endringer ved gassemboli.....	9
3.6 Doppler og ekkokardiografi for diagnostikk av venøs gassemboli	10
3.7 Evakuering av luft- og gassembolier via CVK, ECMO og trykkammer	11
4.0 Design og metode	13
4.1 Design.....	13
4.2 Systematisk litteraturstudie	13
5.0 Kunnskapssøk/Søkestrategi	15
5.1 Databasesøk	15
5.2 Type studier	17
5.3 Screening av artikler	18
5.4 Kvalitetsvurdering av inkluderte studier	18
6.0 Datainnsamling	19
7.0 Tematisk analyse	21
7.1 Analyse av datamaterialet.....	23
8.0 Ethiske vurderinger	29
9.0 Resultater	30
9.1 Prevalensen av gassemboli under hysteroskopi	30
9.1.1 Patent foramen ovale kan øke risikoen for at gassembolier blir arterielle.....	31
9.2 Ulike utfall etter utvikling av gassemboli	32

9.2.1 Inngrep hvor gassemboli har ført til dødelige utfall	32
9.2.2 Pasienter som får intensivbehandling og forlenget sykehusopphold etter gassemboli peroperativt.....	33
9.2.3 Utvikling av gassemboli som førte til forbigående hemodynamiske endringer	35
9.3 Forebyggende tiltak mot gassemboli under hysteroskopi	35
9.3.1 Betydningen av leiring og væskemengde for å redusere risikoen for gassemboli..	37
9.3.2 Viktigheten av et luftfritt hysteroskopi-sett for å unngå luftemboli	38
9.4 Tidlige symptomer på gassemboli og hvordan de har blitt identifisert	39
9.4.1 Fall i respiratoriske parametere som tidlig symptom på gassemboli.....	39
9.4.2 Fall i sirkulatoriske parametre som tidlig symptom på gassemboli.....	40
9.4.3 EKG forandringer ved gassemboli	41
9.4.4 Ulike symptombilder på gassemboli.....	43
9.5 Behandling av gassemboli under hysteroskopi	43
9.5.1 Respiratoriske tiltak og behandling	43
9.5.2 Sirkulatoriske tiltak og behandling.....	44
9.5.3 Durants manøver- leiring som behandling	44
9.5.4 Ekkokardiografi for å diagnostisere gassemboli.....	45
9.5.6 Trykkammer som behandling ved gassemboli.....	46
9.5.7 Sentralt venekateter og ECMO behandling som tiltak for å evakuere ut luft fra sirkulasjonen.....	47
10.0 Diskusjon.....	49
10.1 Forebygging av gassemboli.....	49
10.1.1 Leiring som forebyggende tiltak.....	49
10.1.2 Unngå å tilføre luft i livmoren.....	51
10.1.3 Adekvat monitorering og målingenes betydning for forebygging av VGE	51
10.1.4 Standardisert prosedyre som forebyggende tiltak.....	53
10.2 Tidlige symptomer på gassemboli og hvordan identifisere disse	53
10.3 Behandling av gassemboli	55
10.3.1 Ekkokardiografi	57
10.3.2 Trykkammer, CVK, ECMO som behandling av gassemboli	57
11.0 Konklusjon.....	60
12.0 Implikasjon for videre forskning.....	61
13.0 Litteraturliste.....	62

1.0 Introduksjon

Venøs gassemboli kan oppstå under hysteroskopi, som i dag er en ofte benyttet operasjonsmetode. I noen tilfeller gir det akutt blodtrykksfall og alvorlige ventilasjonsproblemer som må behandles umiddelbart. Gassemboli kan ha fatale følger. Det er en sjelden, men potensielt livstruende tilstand som det ikke finnes anerkjente forebyggende tiltak mot (Raknes, 2017, s. 1). For at anestesisykepleier skal være rustet til å håndtere dette problemet, må oppmerksomhet og kunnskap rettes mot tema.

Hvert år foretas det rundt 3000 hysteroskopier i Norge, og inngrepet anvendes både i behandlingssmessig og diagnostisk øyemed. Det anses som en sikker og pålitelig prosedyre med få bivirkninger knyttet til inngrepet. Men i april 2016 utga Helsedirektoratet et læringsnotat som omhandlet konsekvensene av gassemboli ved hysteroskopisk kirurgi, hvor de ønsket å gjøre fagmiljøene oppmerksomme på denne svært alvorlige komplikasjonen. Bakgrunnen for dette var basert på flere alvorlige pasienthendelser med peroperativ gassemboli som ble innmeldt som uønskede hendelser. Det ble stilt spørsmål hvorvidt gassemboli er anerkjent som en svært alvorlig komplikasjon (Helsedirektoratet, 2016).

1.1 Bakgrunn

Norsk anesthesiologisk forening har ansvar for «Norsk Standard for anestesi» som skal sikre tilfredsstillende anesthesiologisk praksis i Norge; dermed ivareta pasientsikkerheten. Dette involverer kontinuerlig overvåkning under anestesi, og klinisk vurdering av respirasjon, sirkulasjon og pulsoksymetri. Ved generell anestesi skal pasienten overvåkes ytterligere med EKG, kapnografi og blodtrykk. Samtidig skal hensiktsmessige alarmer innstilles på overvåkningsutstyret. Kontinuerlig klinisk observasjon og årvåkenhet er hjørnesteinen for sikkerhet under anestesi. Anestesisykepleiere har en nøkkelrolle ved forbedring av perioperativ pasientsikkerhet (ALNSF, 2016, s. 1-4).

Vi har stått som anestesistudenter ved disse inngrepene og diskutert med veileder og operasjonssykepleier om riktig leiring for å forebygge en eventuell emboli dannelse, fordi vi har vært usikre. Vi har også kjent på usikkerhet på hva slags symptomer som er mest fremtredende, og hvilke konkrete tiltak vi hadde måtte ha gjennomført ved en eventuell

hendelse. Det beste alternativet for rask informasjon var et tilfeldig søk på internett, ettersom det heller ikke fantes noe prosedyre på sykehusets fagsider. En annen anestesisykepleier på samme avdeling forteller om en cerebral hendelse hos pasienten sin, som hadde utført en hysteroskopi. Det var mistenkt gassemboli, og også her var det usikkerhet rundt identifisering, men også konkrete tiltak. På bakgrunn av det ønskelig å øke bevissthet og kunnskap rundt gassemboli som komplikasjon ved hysteroskopi.

1.2 Hensikt og grunnlag for problemstilling

Hensikten med studien er å øke bevissthet rundt gassemboli som konsekvens ved hysteroskopisk kirurgi, men også øke kunnskapen rundt identifisering, forebygging og behandling av tilstanden. Forskingen avgrenses til voksne pasienter som får hysteroskopi og rammes av gassemboli i den peroperative fasen.

Det finnes forskning og faglitteratur som beskriver hva gassemboli er, og hva slags symptomer det frembringer. Men i faglitteraturen beskrives få symptomer, de aktuelle tiltakene er beskrevet med få- og korte setninger uten begrunnelse på hvorfor disse skal gjennomføres. Litteraturen som omhandler denne komplikasjonen oppleves som mangelfull. Forskingen vi har funnet derimot, legger frem ulike tilfeller som omhandler gassemboli ved hysteroskopi hvor symptomer og tiltak er mer utbrodert og beskrevet i detalj. Forskingen beskriver at gassemboli kan være mer utbredt i anestesi sammenheng enn mange tror, og at perioperativ gassemboli er underregistrert. Eksempelvis viser Leibowitch et al., (2010) i sin studie at alle 23 deltakere utviklet gassemboli under hysteroskopi, og 85% av deltakerne hadde en kontinuerlig strøm av bobler underveis (s. 430). Dette indikerer at gassemboli ikke er så sjeldent som tidligere antatt. Allikevel opplever vi at anestesisykepleiere har mangel på kunnskap rundt symptomer og adekvat behandling rundt gassemboli som komplikasjon. Det er derfor viktig at det gjennomføres studier som kan oppsummere aktuell kunnskap om dette temaet, og som kan forbedre anestesi praksisen rundt slike inngrep.

1.3 Problemstilling

Retningslinjer som kan forebygge komplikasjoner ved gassemboli under hysteroskopi er etterspurt. Forskning viser også behovet for økt bevissthet og kunnskap rundt tema.

Problemstillingen er derfor følgende:

Hvordan kan anestesisykepleier forebygge, identifisere og behandle gassemboli ved hysteroskopi?

2.0 Relevante begrepsforklaringer og forkortelser

Det er hensiktsmessig å ha kunnskap om kommende begrep og forkortelser for å forstå patofysiologien, hendelsesforløp og tiltak i den inkluderte forskningen, og denne oppgaven i sin helhet.

2.1 Begreper

ASA: «American Society of Anesthesiologists» - Et preoperativt system for gradering som baserer seg på tidligere sykdommer og risikofaktorer før operasjon. Pasienter graderes fra ASA 1 – ASA 5, hvorav 1 betegner en minimal risiko, og grad 5 en betydelig risiko (Finjarn & Forwald, 2021, s. 248).

ETC02- Endetideal-CO₂, eller karbondioksidmonitorering, gir informasjon om pasientens ventilasjon, sirkulasjon og stoffskifte. Det måles ved hjelp av en ikke-invasiv kaponograf. Det gir en indikasjon på mengden CO₂ i pasienten ekspirasjon. Normal ETCO₂ er et tegn på normal ventilasjon. Lav ETCO₂ er et tegn på hypoventilasjon (dårlig ventilering). Normal verdi er mellom 4,5-5,5. Det er en obligatorisk måling etter «Norsk standard for anestesi» (Lunde & Ulfeldt, 2021, s. 171).

EKG: Elektrokardiografi - registrerer de elektriske impulsene i hjertet, og gir kontinuerlig observasjon av hjertefrekvens og hjerterytme. Ved å benytte EKG kan man oppdage iskemi i hjerte (myokard) og arytmier. EKG er standard monitorering ved anestesi. (Lunde & Ulfeldt, 2021, s. 174).

Bradykardi betyr langsom hjerterytme (under 60 slag/min). **Takykardi** er en hurtig hjerterytme (over 100 slag/min) (Stokland & Bendz, 2015, s. 239-240).

ST-elevasjon- eller ST-depresjon: En EKG forandring som benyttes for å diagnostisere et hjerteinfarkt (Stokland & Bendz, 2015, s. 238).

Ekstern pacing/Transcutan pacing- En pacemaker er en boks med elektroder. Elektrodene kobles på hjertemuskulaturen og ved å sende ut små signaler stimuleres hjertet til kontraksjon. Det er forskjellige måter pacing kan foregå på, det er vanligst å implantere en liten boks i huden. Dette kalles transvenøspacing. Ved eksternpacing eller transcutan pacing

plasseres elektrodene på thoraxveggen. Det benyttes om det er behov for øyeblikkelig pacing. Pasienten burde være sedert da det er smertefullt (Stokland & Bendz, 2015, s. 260).

Totalblokk/ 3. grads AV-blokk - Impulsoverledning fra atriene til ventriklene mangler, og hjertefrekvensen blir vanligvis under 40 slag/min. Det kan gi sirkulasjonssvikt (Stokland & Bendz, 2015, s. 250).

Cardiac output – Blodets minuttvolum, beregnes ut ifra pasientens vekt og høyde og er vanligvis imellom 4-8 L/min (Stokland & Bendz, 2015, s. 112)

Lungeødem: Akutt lungeødem skyldes ofte alvorlig svikt i venstre ventrikkels funksjon. Blodet kommer i liten grad videre fra venstre ventrikkel og det bli kø bakover til lungene. Når trykket i lungevenene øker siver væske ut av blodbanen og inn i inn i lungene (Stokland & Bendz, 2015, s. 14).

2.2 Forkortelser

AHLR – Avansert hjerte- og lungeredning

BT- Blodtrykk

GA- Generell anestesi

HF- Hjertefrekvens

PEA: Pulsløs elektrisk aktivitet

ROSC: Return of spontaneous circulation.

SpO2 – Sentral perifer oksygen metning

VGE- Venøs gassemboli

VT: Ventrikkeltachykardi

VF: Ventrikkelflimmer

3.0 Teoretisk referanseramme og tidligere forskning

3.1 Hysteroskopi

Hysteroskopi er et av de vanligste gynekologiske inngrepene som utføres på en operasjonsavdeling. Inngrepet innebærer at man ser inn i livmorhulen. Dette kan være diagnostisk ved at man undersøker livmoren, og ser etter unormale situasjoner som for eksempel muskelknuter, arr, polypper eller misdannelser. Operativ hysteroskopi betyr at man utfører en operasjon på innsiden av livmoren. Under inngrepet blir livmorhalsen utvidet enten ved hjelp av væske eller gass, og et instrument med kamera og lys (hysteroskopet) føres inn i livmorhulen via vagina og cervix (Nagelhout et al., 2014, s. 420-421).

3.2 Mekanismen bak gassemboli

Gassemboli er definert som direkte inngang av luft og/eller medisinsk gass inn i venøs eller arteriell blodsirkulasjon (Moriber, 2018, s. 748). I all kirurgi, spesielt hvor operasjonsfeltet ligger over hjertenivå, kan gassembolier oppstå. Vanligvis under hysteroskopi blir saltvann brukt for å utvide livmoren, med et trykk opp mot 100 mmHg. Et slikt trykk vil overstige det venøse trykket i alle kroppsposisjoner (Leibowitz et al., 2010, s. 431). Det er da altså ikke uvanlig at en mengde væske under trykk vil bli absorbert via venene i kroppen. Skulle væsken inneholde noe luft, kan dette absorberes via livmoren, og videre følge sirkulasjonen.

Når man omtaler gassemboli menes vanligvis luftemboli, men ettersom det er vanlig å bruke andre gasser operativt eller medisinsk (for eksempel CO₂) er termen gassemboli mest brukt (Moriber, 2018, s. 748); (Lekens, 2021, s. 370-371). Peroperativt er det også vanskelig å skille hvorvidt gassembolien skyldes avgasser eller kommer av romluft, men enkelte studier peker på at gassemboli kan oppstå ved bruk av diatermi (brenning av vev) hvor karbondioksid-gass er biproduktet, og at luftemboli kan oppstå ved at et instrument (eksempelvis et hysteroskop) blir ført inn- og ut flere ganger og dermed trekker med seg romluft inn i kroppen (Groenman et al., 2008). Luftembolier kan heller ikke klinisk skilles fra gassembolier, selv om luftembolier har et betydelig større innhold av nitrogen. De hemodynamiske endringene er initialt like (Raknes, 2017, s. 3).

Leibowitz et al., (2010, s. 429-431) undersøkte forekomsten av venøs gassemboli under hysteroskopi ved å bruke transøsofagal ekko under 23 slike inngrep. Pasientene var friske fra før. Det ble observert luftbobler i høyre atrium hos alle de inkluderte pasientene. En

kontinuerlig strøm av bobler ble observert hos 85 % av dem (20 av 23). De påviste også en sammenheng mellom boblene og forhøyet trykk i lunge-venene, uten at høyre ventrikel tok skade av det. De påpeker selv at det kunne vært annerledes om ikke alle pasientene var hjerte-lunge friske fra før. 17 % (5 av 23) fikk også luftemboli i venstre side av hjertet. 30 % (7 stk.) fikk episode med saturasjonsfall mens boblene var i hjertet. Dette løste seg uten behov for å iverksette tiltak. Venøs gassemboli er assosiert som en potensielt farlig komplikasjon ved hysteroskopi. Studien demonstrer en høy forekomst av fenomenet.

Brull & Prielipp, (2017, s. 255-263) presenterer oppsummert forskning av venøs gassemboli ved en rekke inngrep derav er hysteroskopi inkludert. Ingen av artiklene som er benyttet her, er inkludert i vår masteroppgave, men artiklene etterlater også verdifull kunnskap. De inkluderte 416 skader, der av endte hendelsen fatalt for 95 av pasientene. Hensikten ved studien var å innhente informasjon om forebygging, identifisering, patofysiologi og behandling av vaskulære luftembolier som har oppstått av ulike årsaker som for eksempel innleggelse av venøse- og sentrale kateter. Resultat tilsier at det er risiko for VGE ved alle prosedyrer der luft kan entre en skadet vene. VGE påvirker sirkulasjonen til lungene, respirasjonen, hjertets funksjon og koagulasjon- og inflammasjonsfaktorer. Konsekvensen kan være fatal. Man kan forebygge ringvirkningene ved å kjenne igjen tilstanden tidlig og iverksette adekvat behandling. De konkluderer med at VGE ikke anerkjennes som den veldokumenterte og farlige komplikasjonen som den er. Ved å opparbeide gode rutiner, gode kunnskaper og sørge for at helsepersonell oppmerksomme på komplikasjonen kan risikoen for tilstanden reduseres. Med bakgrunn i mortalitet, morbiditet og kostander er det kritisk å forbygge VGE.

3.3 Paradoksal gassemboli og patent foramen ovale

Når emboliene kommer inn i sirkulasjonssystemet i forbindelse med hysteroskopi er de venøse. Kort fortalt vandrer de til lungene og hjerte, men de kan og komme til levervenene. Det antas at leveren har en filtrasjonsevne for gassembolier, og kan fungere som sirkulasjonssystemets buffer. Fra hjertet vandre de i noen tilfeller også til den arterielle sirkulasjonen, dette kalles paradoksale gassembolier. Gassembolier kan bli paradoksale dersom lungenes filtrasjonssystem overskrides, eller dersom det foreligger pulmonale malfunksjoner eller ved Patent foramen ovale (PFO) (Raknes, 2017, s. 2).

Medfødt septumdefekt, eller patent foramen ovale (PFO) er en tilstand hvor man har en åpning i skilleveggen mellom høyre og venstre forkammer. Om lag 25% av befolkningen har dette. Åpningen vil hos de fleste ikke medføre noen plager, men hos andre kan PFO føre til økt risiko for hjerneslag (Hagen, 2019, s. 9). En gassemboli som føres med det venøse systemet opp til hjertet kan føre til forhøyet trykk i høyre hjertehalvdel. Det kan føre til at denne åpningen åpner seg helt, og gjør embolien paradoksal; det vil si at embolien går over fra venøs til arteriell sirkulasjon, og føre til obstruksjon i flere av kroppens arterier (Ratner et al., 2019, s. 52). Dersom større gassembolier passerer inn i venstre hjertehalvdel via arteriovenøse shunter i lungene eller gjennom et åpentstående foramen ovale, vil som nevnt boblene kunne komme ut i arteriesystemet og kunne resultere i hjerneslag (Helsedirektoratet, 2016).

Hjerneslag innebærer at hjernen rammes av iskemi (oksygenmangel/manglende blodforsyning). Det er ulike sykdomsmekanismer som kan forårsake hjerneslag, for eksempel okklusjon på grunn av emboli (Ericson & Ericson, 2012, s. 243). Tilstanden er akutt og innen 2 timer (senest 4,5 time) bør pasienten være utredet og under behandling. Behandlingen sikter mot å gjenopprette så mye som mulig av hjernens sirkulasjon og oksygentilbud. Symptomene er avhengige av hvor i hjernen skader oppstår, og berører for eksempel muskelkraft, følelse, syn, tale og funksjonsnivå (Ericson & Ericson, 2012, s. 248-253).

Dersom man taper funksjon etter sykdom eller skade kalles dette sekvele (Kåss, 2020). Ved å ta en CT, som vil si et røntgenbilde av hjernen i ulike plan, kan man hente informasjon om årsak og lokasjon av hjerneskadene. Ved behov kan også magnetresonanstomografi (MR) utføres. Da kan man påvise vev som er mulig å redde, det gir mer detaljert informasjon enn CT (Ericson & Ericson, 2012, s. 248).

I en systematisk oversiktsartikkel presenteres funn etter å ha kartlagt forekomsten av iatrogene cerebrale luftembolier. Det vil si caser der luftemboli oppstod cerebralt på grunn av medisinske undersøkelser eller behandling. 189 artikler ble inkludert. Derav ble 264 caser presentert, hysteroskopi var årsak i 1 av casene. 155 av casene opplyses å være av god kvalitet. De identifiserte en rekke prosedyrer som kunne forårsake cerebral luftemboli. Luftemboliene ble oftest diagnostisert med CT, derav tok kun noen få tok MR. Gjennomsnittstiden for å stille diagnosen var 7 dager, med et spenn fra 1 time til 15 år. I 14 tilfeller ble ikke diagnosen stilt før obduksjon (Hatling et al., 2019, s. 154-160).

3.4 Respiratoriske patofysiologiske endringer ved gassemboli

Venesystemet vårt transporterer CO₂ til høyre del av hjertet, som videre pumper blodet videre til lungene hvor CO₂ diffunderer fra lungekapillærene til alveolene, og videre ut med ekspirasjonen. Noen av alveolene er ikke funksjonelle fordi de er for dårlig sirkulert eller ikke sirkulert i det hele tatt, og kalles alveolært dødrom. Flere sykdomstilstander kan øke dødrommet, og gassemboli er en av dem (Illguth, 2014, s. 17).

Gassembolier blir fraktet med sirkulasjonen primært til høyre hjertehalvdel, og videre til lungekapillærene. Her vil de føre til obstruksjon av lungesirkulasjonen slik at flere alveoler som er ventilert, ikke blir sirkulert. Dette nedsetter gassutvekslingen i så stor grad, at både oksygeneringen og utluftningen av CO₂ blir nedsatt. CO₂ konsentrasjonen i ekspirasjonen vil derfor være falsk lav i forhold til den reelle konsentrasjonen i blodet. Derfor kan man se et kraftig fall av ETCO₂ på anesthesiapparatet ved gassemboli, men hvis man tar en blodgass av pasienten vil man se høyere verdier av CO₂ (Illguth, 2014, s. 17). Etter hvert vil pasienten også utvikle hypoksi, da obstruksjonen i lungesirkulasjonen fører til at blodet ikke lengre blir oksygenert godt nok. Ubehandlet vil dette kunne føre til alvorlig iskemi og eventuelt død (Moriber, 2018, s. 748).

Mengden luft er også av betydning; lungesirkulasjonen og alveolene kan filtrere ut en viss mengde luft fra lungesirkulasjonen, men hvis mengden luft/gass blir stor nok, vil det overstige lungenes filtreringsevne, og føre til obstruksjon. Studier har også vist at gassembolier kan føre til en inflammatorisk respons i lungene og skade lungekapillærene i så stor grad at det kan føre til bronkospasme og lungeødem. Dette kan forårsake høye luftveistrykk og desaturasjon (Mirski et al., 2007, s. 164-165).

3.5 Sirkulatoriske patofysiologiske endringer ved gassemboli

Symptomene på gassemboli avhenger av størrelse, hastighet, mengde og lokalisering (Skuleberg, 2016). Gassembolier som vandrer fra høyre hjertehalvdel og opp til lungene kan gi obstruksjon i lungesirkulasjonen og føre til forhøyet trykk i lungekretsløpet. Ved store gassembolier kan dette trykket gi akutt høyre- og venstresidig hjertesvikt, samt at redusert pulmovenøs retur gir redusert preload og cardiac output (minuttvolum), som kan føre til sirkulatorisk kollaps og hjertestans (Moriber, 2018, s. 748). Også ved moderate til små mengder gass/luft kan det gi kraftig reduksjon av cardiac output, med hypotensjon og iskemi av hjertemuskelen som følge. Vanlige sirkulatoriske endringer er tachyarytmier (forhøyet

hjerterefrekvens), men også bradykardi (langsom hjerterefrekvens) kan forekomme. EKG kan vise iskemi av hjertemuskelen med ST elevasjon eller depresjon, som kan være tegn på hjerteinfarkt. Blodtrykket kan både falle og stige kraftig. Hvis pasienten har vedvarende hypotensjon og redusert cardiac output, kan dette raskt føre til nedsatt cerebral hypoperfusjon (blodtilførsel til hjernen) som kan gi alvorlige hjernesker. Hvis pasienten er våken under inngrepet, kan endret mental status være et symptom, eller hvis pasienten våkner etter inngrepet og er mentalt redusert, skal anestesipersonalet være svært oppmerksomme på cerebral iskemi sekundært til gassemboli som årsak. Hvis pasienten har PFO og gassembolien blir paradoksal, kan dette føre til obstruksjon av hjernens arterier som kan føre til hjerneslag (Mirski et al., 2007, s. 165).

3.6 Doppler og ekkokardiografi for diagnostikk av venøs gassemboli

Her beskrives noen av undersøkelsene som er vanlige å bruke, og som brukes i de inkluderte studier for å diagnostisere venøse gassembolier.

Når man bruker ultralyd for å registrere hastigheten av blodstrømmen og forandringer i frekvens, kalles dette for doppler-ultralyd. Når hastigheten på blodet måles, kan man beregne volum per tidsenhet. Summen av alle hastighetene fremstilles som en kurve. Man kan måle nøyaktig ved å fokusere en ultralyd probe (instrumentet som brukes til å undersøke kroppens hulrom) på en spesifikk kroppsdel (eksempelvis halspulsåren eller over hjertet), og hente betydelig informasjon om pasientens hemodynamikk (Stokland & Bendz, 2015, s. 101-102). Man kan avbilde hjertets struktur ved å sende ultralydbølger inn i vevet, dette kalles ekkokardiografi (EKKO), og er en ultralydundersøkelse. Dette gir hurtig detaljert innsikt om hjertets størrelse, utseende, funksjon og hemodynamikk. Det er ufarlig og gir lite ubehag. Doppler ultralyd benyttes også ved ekkokardiografi, så man får både fremstilt gråtonebilder, samt blodstrømmens retning og hastighet. For en mer detaljert fremstilling kan det benyttes en spesialtilpasset probe slik at ekko kan benyttes via spiserøret (øsofagus). Dette kalles transøsofagal ekkokardiografi (TEE) og gir en mer detaljert fremstilling, Da føres proben ned i spiserøret. Hele hjertet fremstilles og det er mulig å se venøse- og paradoksale luftembolier, så vel som hjertets kontraktilitet (Ranalli & Taylor, 2018, s. 670-671). TEE er på den andre siden lite praktisk og kostbart, men det er den mest sensitive deteksjonsmetode. Det kreves særlig opplæring og trening for å benytte disse verktøyene. TEE krever at pasienten har INR

under 2.8, er fastende og ikke har noe sykdom eller skader i spiserøret (Stokland & Bendz, 2015, s. 106-107).

Det benyttes ulike former for billeddiagnostikk for å se venøse- gasebolier. Derav er doppler minst nøyaktig, og trasøsofugal ekko (TEE) er mest nøyaktig. Prekordial doppler er en ultralydundersøkelse hvor du legger ultralyd-proben midt på brystet ved hjertet, som kan gi informasjon om at luftbobler så små som 0,0021 mL/kg/min entre høyre atrie. Metoden er lite invasiv og enklere å benytte enn TEE. Det må likevel sies at det kan være vanskelig å fremstille høyre atrie dersom brystveggen er deformert eller om pasienten er overvektig. I tillegg opplyses det om falsk-negative svar i 10 % av tilfellene (Ranalli & Taylor, 2018, s. 670-671).

3.7 Evakuering av luft- og gasebolier via CVK, ECMO og trykkammer

Sentralt venekateter (CVK) legges inn av anestesilege. Det er hyppig brukt på operasjonsstuen særlig ved behov for langvarig venøs tilgang. Det finnes ulike typer som velges ut ifra indikasjon. CVK legges vanligvis i vena subclavia eller i vena jugularis interna (Bekkehus & Halstensen, 2021, s. 114-115). CVK benyttes vanligvis til venøse infusjoner, men i tilfeller med VGE kan man bruke det til å trekke ut blod og luftbobler fra høyre atrie (Ratner et al., 2019, s. 54).

Ekstrakorporal membranoksygenering (ECMO) benyttes på intensive avdelinger dersom pasientens hjerte eller lunger trenger midlertidig hvile etter eksempelvis kardiogent sjokk. ECMO kan også brukes etter alvorlig respiratorisk svikt. Ut ifra målet med behandlingen kan ECMO benyttes på to ulike måter. Etter respirasjonssvikt vil venøs ECMO være mest hensiktsmessig. Da tappes blod fra CVK og blir oksygenert av ECMO-maskinen før det returneres til høyre atrie gjennom en annen, eller den samme tilgangen. Om den venstre ventrikkelen trenger avlastning benyttes en veno-arteriell ECMO. Da vil det oksygenerte blodet returneres rett i aorta (Contrera et al., 2018, s. 516-517). I tillegg til at ECMO fyller blodet med oksygen, men luft vil også filtreres bort før det føres inn i pasienten. Denne egenskapen kan være hensiktsmessig dersom det er utfordrende å fjerne gass- og luftembolier fra blodet til en pasient med vanlig sentralt venekateter.

Hyperbarisk oksygenbehandling benyttes ved en rekke tilstander, deriblant ved gass- eller luft emboli. Det innebærer at pasienten er i et trykkammer og utsettes for et høyere omgivelsestrykk rundt hele kroppen, samtidig som en puster inn 100% rent oksygen. Kombinasjonen av økt trykk og oksygen gjør at oksygen blir tatt opp i blodet og transportert rundt i mye større grad enn vanlig (Nordby, 2018). Dette fører blant annet til at svelling avtar, samt at alle kroppens organer utsettes for oksygen-overflod. Det fremmer dannelsen av nye kar i oksygenfattig vev, hjelper kroppens hvite blodlegemer med å drepe bakterier, og gjør at sår gror raskere (Hyperbaric Oxygen Therapy, 2022). Hyperbarisk oksygenbehandling er indisert som livreddende behandling dersom gassemboli har forårsaket alvorlig kollaps. Både Helse Sør-øst, Helse vest og Helse Nord har investert i moderne trykkammer-anlegg. Det er tiltenkt at disse investeringene skal kunne behandle blant annet de alvorlige tilfellene av gassemboli. På Øst- og Vestlandet er det døgnberedskap for trykkammer (Skuleberg, 2016, s. 136).

I Hatling et. al., (2019) sin studie, som omhandler laterale luftembolier, ble de fleste tilfellene behandlet i trykkammer. EKKO ble benyttet i 4 av tilfellene. Gjennomsnittstiden før trykkammerbehandlingen startet var 9,9 timer. Den raskest rapporterte tiden var 2 timer, mens den tregeste var etter 6 dager. Totalt mottok 56 pasienten hyperbarisk trykkammer behandling. De opplyser at både de som fikk trykkammer behandling raskt, og flere som fikk det etter lang tid ble skrevet ut i sin habituelle tilstand. De anbefaler at man setter i gang behandling så fort som mulig, men de opplyser samtidig om god effekt hos dem som mottok behandling etter flere dager. I mange tilfeller der annen behandling ble gitt var det utfordrende å si hvordan pasientene hadde det langsiktig. Dette på grunn av både lange sykehusopphold, men mest mangelfull dokumentasjon. Blant alle de 264 casene var det et stort spenn i utfallene. Noen opplevde raskt spontan bedring, andre alvorlige neurologiske sekveler. Flere av pasientene døde. I konklusjonen etterlyser de bevissthet omkring fenomenet, og viser til at de de initiale symptomene varierer; 187 av de 264 pasientene hadde neurologiske symptomer, og 100 av pasientene fikk kardiovaskulære symptomer som respirasjonsstans, cyanose og takykardi. Videre etterlyses en standard mal for rapportering etter en hendelse. En randomisert kontrollert studie av latrogene luftembolier er nærmest umulig å gjennomføre, man er avhengig av gode case-studier. Det vil gi bedre grunnlag for videre forskning (Hatling et al., 2019, s. 154-160).

4.0 Design og metode

4.1 Design

Det er forskningsspørsmålet som avgjør designet og metoden av studien (Malterud, 2017, s. 32). Problemstillingen i denne masteroppgaven etterspør hvordan anestesisykepleiere kan forebygge, identifisere og behandle gaseemboli ved hysteroskopi. Fordi det er en sjelden komplikasjon, vil det ikke være hensiktsmessig å samle erfaringer blant anestesisykepleiere. Erfaringene vil være for begrenset. En kvantitativ studie hadde vært interessant, men det vil kreve større mengder tid og ressurser enn hva som er tilgjengelig. Derfor er det hensiktsmessig å gjøre en litteraturstudie, hvor forskning og kunnskap knyttet til forskningsspørsmålet integreres. På denne måten vil kunnskapen blir lettere tilgjengelig (Helsebiblioteket, 2016c). Ved å benytte litteraturstudie som metode og samle forskning kan kunnskapshull dekkes, spørsmål besvares og ny innsikt skapes (Aveyard, 2019, s. 14).

4.2 Systematisk litteraturstudie

En systematisk litteraturstudie er en omfattende studie og tolkning av litteratur, som omhandler et bestemt tema. Litteraturstudier eller systematiske oversikter har også flere fordeler. Det gjør kunnskap lettere tilgjengelig og spiller en viktig rolle når det skal innføres nye prosedyrer på avdelinger, eller når det skal tas viktige avgjørelser i helsevesenet. I en evidens pyramide ligger systematiske kunnskapsoppsummeringer helt øverst (Helsebiblioteket, 2016c). En systematisk oversiktsartikkel er en type litteraturstudie der opphavet til kunnskapen er detaljert beskrevet. Metodikken er omfattende og skal beskrives godt, og det er av betydning at forskeren finner all tilgjengelig litteratur om sitt emne. Man kan beskrive systematiske oversikter som presise oppsummeringer av den beste tilgjengelige kunnskapen for å svare på et definert forskningsspørsmål. Cochrane Collaboration har utviklet en strikt prosedyre for å besvare et forskningsspørsmål ved en litteraturstudie. Den innebærer systematiske fremgangsmåter for å identifisere, kritisk vurdere og syntetisere innholdet til forskningen (Aveyard, 2019, s. 9-10).

Cochrane Collaboration sine litteraturstudier er så omfattende og tidkrevende at det ikke er mulig å gjennomføre på masternivå. Det innebærer blant annet å snakke med forskerne av utvalgte artikler for å sikre seg at man fortolker publiserte verker så korrekt som mulig. Det er mulig å ta prinsippene for å produsere en systematisk litteraturstudie der man svarer på et forskningsspørsmål på en systematisk måte med en vel-beskrevet metode (Aveyard, 2019, s. 11).

Vi har valgt en systematisk litteraturstudie som metode for å besvare forskningsspørsmålet vårt. Et slikt design tar sikte på å ha en klart formulert problemstilling som besvares systematisk ved å identifisere, velge, vurdere og analysere relevant forskning (Forsberg & Wengström, 2016, s. 27). Arbeidet startet med en grundig prosjektplan med en klart formulert problemstilling og fastsatte inklusjons- og eksklusjonskriterier. Videre er fremgangsmåten nøye loggført og beskrevet, slik at metoden kan etterprøves av andre. Det stilles strenge krav for søk og utvelgelse av artikler. Et systematisk litteratursøk skal forebygge skjevheter i utvelgelsen av studier, slik at man ikke ender opp med forskningslitteratur som kun bekrefter egne forestillinger (Malterud, 2017, s. 47). Vi fikk tidlig hjelp av bibliotekar til å utføre effektive og gode søk i databaser. Kunnskapspyramiden har vært brukt aktivt, og søkene er gjennomført systematisk i henhold til den. Videre er tabeller benyttet for å få frem viktige hovedtrekk. For eksempel har vi data ekstrahert fra hver studie og fremstilt dette skjematisk for å gjøre funnene oversiktlige.

5.0 Kunnskapssøk/Søkestrategi

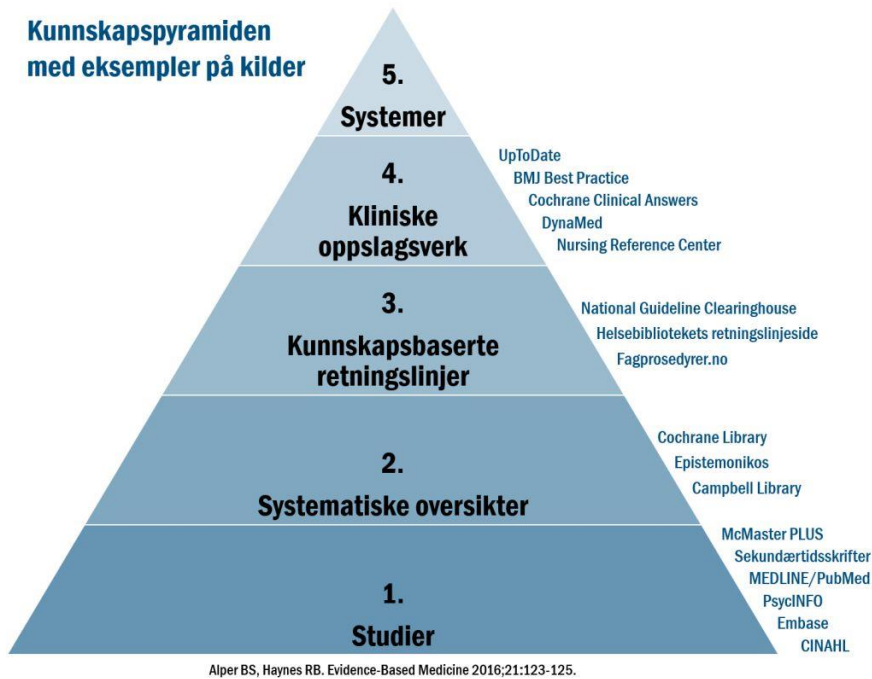
5.1 Databasesøk

Å utvikle en god søkestrategi er vesentlig for et effektivt søke-arbeid. I forkant av arbeidet, ble problemstillingen satt inn i en PICO-tabell (Figur 1). Emneordene ble brukt i testsøket (Helsebiblioteket, 2016b). En bibliotekar som er spesialutdannet innenfor helsefag på Universitetet i Agder (UiA) var behjelpelig. Hun hjalp med å finne god litteratur og med å utarbeide et systematisk litteratursøk i fagspesifikke databaser.

P:	Patient/ Population	Pasienter som gjennomgår hysteroskopi (= Hysteroscopy OR myomectomy OR endoscopy)
I:	Interests/Issues	Hvordan forebygge, identifisere og behandle gassemboli (Gas embolism OR air embolism)
Co:	Context	Anestesi, perioperative

Figur 1. PICO skjema.

Utgangspunktet for test-søket var kunnskapspyramiden (figur 2). Kunnskapspyramiden er et rammeverk som viser fem nivåer av kunnskapskilder, og er et godt verktøy for å velge kilder når en skal finne svar på kliniske spørsmål (Helsebiblioteket, 2016a). Test-søket startet øverst i pyramiden, hvor forskning som er mest kvalitetssikret befinner seg, deretter ble test-søket utført i alle nivåene nedover. I første omgang ble et enkelt søk med søkeordene utført øverst i pyramiden, på internasjonale databaser som UptoDate og BMJ Best Practice, men det ga ingen relevante treff, ei heller treff på prosedyrer som var aktuelle for forskningsspørsmålet. Søket fortsatte systematisk nedover pyramiden, og etter anbefalinger fra bibliotekar ble databasene COCHRANE LIBRARY, EMBASE/MEDLINE, CINAHL og SveMed+ anvendt. Disse blir mye brukt til sykepleieforskning, og det var også i disse databasene vi fikk flest treff på søk.



Figur 2. Kunnskapspyramiden.

Gjennom testsøket, ble de emneordene som ga de beste og mest relevante treffende identifisert. Vi endte opp med 4 endelige søk som omhandler forekomsten av gaseemboli ved hysteroskopi peroperativt. I de 4 søkene ble både emneord og MESH termer benyttet. En «blokk søk strategi» ble brukt, her ble søkeordene kombinert for å være sikre på at søket dekket all forskning som kunne være aktuell. De enkelte søkeordene ble kombinert med OR for treff på det ene eller andre ordet. Først ble søket utført med én og én blokk hver for seg. Deretter ble disse søkeblokkene kombinerte med AND til et sluttresultat, slik at minst ett av søketermene fra hver søkeblokk ble inkludert i sluttsummen (Aveyard, 2019, s. 85-88). Søkeshistorikken som ble dannet etter hvert søk, ble benyttet til å koble søkesett sammen. Trunkering ble aktivt brukt. Søkeordene som ga flest relevante treff var gas- OR airemboli, hysteroscopy OR endoscopy OR myectomy. Disse ble satt sammen til en søkestreng i det endelige søket. Publikasjonsår ble avgrenset til 10 år gamle studier (2011-2021), og kun engelsk og skandinavisk språk ble inkludert (norsk, svensk, dansk). Grå litteratur ble gjennomgått i form av studienes referanselister. Det ble brukt én artikkel fra studienes referanselister, resterende ble identifisert i via søkeblokkene samt inklusjonskriteriene og avgrensningene. Vi fjernet duplikater systematisk etter hvert søk.

Se vedlegg I for fullstendig søkehistorikk.

5.2 Type studier

Etter testsøket ble det tydelig at det finnes relativt lite forskning på området som undersøkes. Det endelige søket var derfor bredt og inkluderer all type forskning samt inngrep som drar likheter på hysteroskopi, slik som endoskopi og laparoskopi. Først etter det endelige søket var utført, ble det tydelig at det var mulig å besvare problemstillingen med artikler hvor alle adresserer hysteroskopi. Først da ble det valgt å ekskludere alle artikler der hysteroskopi ikke var beskrevet. én av de inkluderte studiene omhandler ikke kun hysteroskopi, men den beskriver også to andre inngrep; én gastroskopi, én PCNL (knusing og fjerning av nyresten via et rør som stikkes inn via magen/ryggen). Grunnen til at denne og ble inkludert var at studien omhandler én case med venøs gassemboli ved hysteroskopi. Av all inkludert forskning er hovedandelen case-studier der hendelsesforløp, tiltak og resultat beskrives. Ingen andre oppgaver har oppsummert disse. Sammen gir casene svært god innsikt i kunnskapen som søkes.

Inklusjonskriteriene endte opp med å bli:

- Artiklene skulle være publisert mellom 2012-2021
- Artiklene skulle omhandle venøs gassemboli ved hysteroskopi
- Artiklene skulle kunne bidra med kunnskap som er relevant til anestesisykepleiernes arbeid
- Artiklene skulle ha enten engelsk eller skandinavisk språk

På bakgrunn av inklusjonskriteriene er totalt 9 case-studier, som omtaler 22 caser, og én kvantitativ primærstudie inkludert. Vi fant også én annen relevant litteraturstudie, men den ble ekskludert. Årsaken til dette var fordi det ikke er ønskelig å presentere noe som allerede er blitt tolket. I tillegg hadde den systematiske litteraturstudien eldre kilder, flere av kilder omhandlet ikke anestesisykepleierens oppgaver i teamet, og en primærartikkel var alt inkludert i denne oppgaven via det systematiske-søket.

5.3 Screening av artikler

Alle søkene i overnevnte databaser ga totalt 118 treff som omhandlet gassemboli ved endoskopi og lignende, og som kunne være aktuelle for vår studie. Alle artiklene ble importert over i EndNote, sortert i database-grupper, og det ble duplikater fjernet på nytt. Etter fjerning av duplikater ble 104 artikler eksportert fra Endnote til databasen Rayyan som er et verktøy for å screene referanser til en systematisk oversikt (Strømme, 2020). Tittel og sammendrag ble gjennomlest sammen, og sorterte inn i bolker for «included», «excluded» og «maybe» med begrunnelse på hvorfor de ble sortert der. Eksempel på eksklusjon var «wrong population», og eksempel på «maybe» var at studiet omhandlet gassemboli som oppsto ved endoskopskiske inngrep, hvor hysteroskopi ikke var nevnt. Artikler lagt på «maybe» ble lest i fulltekst uavhengig av hverandre (blindet); dette for å forhindre at å ta beslutningen uavhengig av hverandre. Deretter sammenlignet vi resultat, og artikler ble lagt i inkludert eller ekskludert etter diskusjon. 15 artikler ble med til siste trinn av evalueringen.

5.4 Kvalitetsvurdering av inkluderte studier

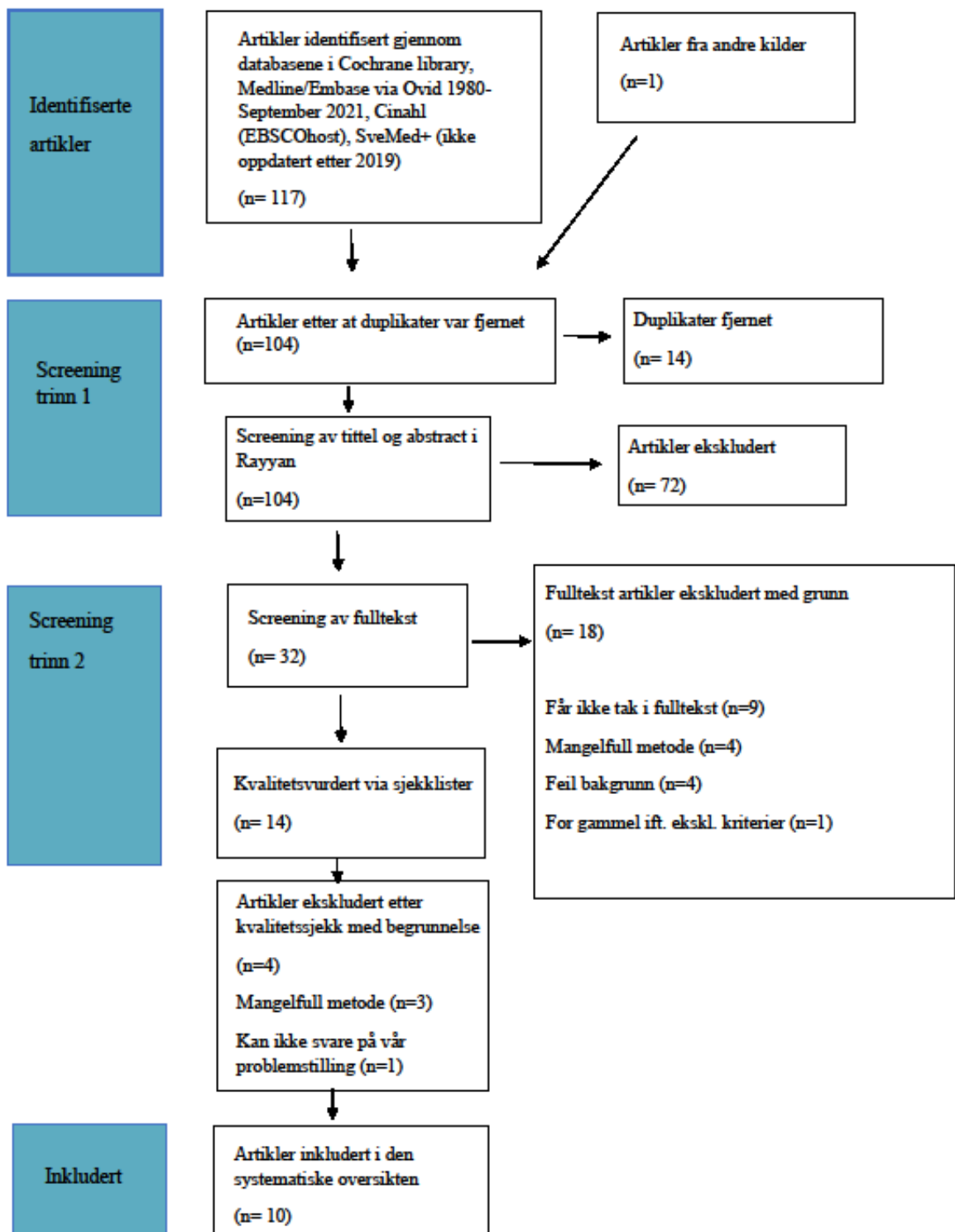
De 15 artiklene ble kvalitetsvurdert via sjekklister tilpasset studienes design, med grunnlag i CASP «Critical Appraisal Checklist» (Institute, 2020). Sjekklisterne hadde ulike kritiske spørsmål som skulle besvares iht. studiets kvalitet, med alternativene «yes», «no», «unclear», og «not applicable». Til slutt kan man summere opp hva man har huket av mest på - og oppsummere sin samlede vurdering ved å huke av på enten «Include», «Exclude», eller «Seek further info». Ved eksklusjon skriver man også årsaken til dette. Se vedlegg II for utfylte sjekklister. Her har er det brukt et poengsystem for å få en oversikt over hver enkelt studiets kvalitet. U= usikkert. Ja= 2 poeng. Nei= 1 poeng.

Kvalitetsvurderingen med sjekklister ble gjort uavhengig av hverandre (blindet), og deretter sammenlignet og diskutert. Dette er med på å styrke validiteten på kvalitetsvurderingen. Studiene ble deretter vurdert om de kom fra et fagfelleverdert tidsskrift via Ulrichsweb (UlrichsWeb™, 2022). 4 artikler gikk ikke gjennom kvalitetsvurderingen, og ble derfor ikke inkludert. **Se vedlegg III og IV for våre kritiske sjekklister.**

6.0 Datainnsamling

Det systematiske litteratursøket vårt ga 117 treff. Søket i databasen Embase/Medline via Ovid (1980-september 2021): n= 47 treff. Cochrane Library: n=5 treff (1 artikkel fjernet som duplikat i Cochrane Collaboration), Cinahl: n= 58 treff, SveMed+: n=7 treff. Én artikkel fra grå litteratur (referanseliste): n=1. Totalt ble dette 118 artikler. Studiene ble overført til programmet EndNote hvor de ble sortert i grupper etter hvilken database de ble funnet i. Totalt var 117 artikler i dette EndNote biblioteket. Deretter ble duplikater tatt bort, og disse ble lagt i en egen gruppe som het «dubletter» (14 stk.). Resterende artikler ble lagt i en gruppe som het «unike treff», totalt 104 stykker. Biblioteket ble deretter eksportert fra EndNote til Rayyan, hvor 104 artikler ble screenet for tittel og sammendrag. 72 artikler ble ekskludert grunnet årsaker som feil populasjon, feil bakgrunn, eller mangelfull metode. Resterende 32 artikler ble screenet i fulltekst, blindet. 18 av disse ble ekskludert grunnet at det ikke var mulig å få tak i fulltekst versjonen av studien, mangelfull metode, feil bakgrunn (dersom ingen beskrevne caser omhandlet hysteroskopi), eller at det ikke møtte inklusjonskriteriene ift. publikasjons-år. 14 artikler sto til slutt igjen for kvalitetsvurdering, og etter vurderingen som ble utført uavhengig av hverandre (blindet) stod vi igjen med 10 artikler. Dette er utgangspunktet for PRISMA tabell (Tabell 1), der prosessen fremstilles skjematisk.

Tabell 1. PRISMA



7.0 Tematisk analyse

Aveyard anbefaler tematisk analyse av inkluderte artikler. Metoden som beskrives er forenklet slik at den passer til masterstudenter. Først skal temaer identifiseres ved hjelp av resultatene av artiklene. Funn ved hver studie beskrives, og ved disse beskrivelsene vil man kunne danne ulike tema. Det er av betydning at temaene kaster lys over problemstillingen som skal besvares. For å lage gode tema til hver artikkel, skal ord som forbindes med resultatene dras frem. Disse ordene vil hjelpe med å finne en passende overskrift til tema, og muligens danne noen undergrupper innen temaene (Aveyard, 2019, s. 141).

Når alle temaene er identifisert skal man sette sammen alle resultatene som kan passe sammen i form av tema. Man kan gå frem på ulike måter, man kan for eksempel lage en tabell for å organisere seg. Først presenteres tema vannrett på en linje. Loddrett settes alle artiklene opp. Det dannes kolonner imellom. Her kan man sette kryss der studien berører et identifisert tema. Noen studier vil kanskje bare omhandle et tema, mens andre vil høre hjemme under alle temaene. Da må studiene være for hånd, slik at man samtidig markerer hvor i artikkelen de omtaler ulike tema. Via kvalitetssikringen av artiklene har man en klar tanke om hvilke artikler som gir høyest grad av evidens. Funnene i artiklene som kommer sterkest ut skal videre veie tyngst i diskusjonsdelen som skal skrives senere. Her går man tilbake og ser over hvilke skår som er gitt. Skårene vil prege hvordan man videre skriver litteraturstudien. Etterhvert som man arbeider videre med analysen kan det hende man ønsker å endre noe på temaene, og det er rom for å forbedre disse imens man blir ytterligere kjent med innholdet av studiene som er inkludert (Aveyard, 2019, s. 143).

Alle temaene må beskrives i oppgaven, samtidig som man viser til artiklene som omhandler aktuell tematikk. Etterpå skal temaene sammenlignes. Før man gjør det må man påse at tema-navn presenterer temaet på best mulig måte. Om man har noen undertema innad i gruppen, kontrolleres det at disse faktisk hører best hjemme der, og ikke i en annen temagruppe. Man beveger seg dynamisk frem og tilbake i hele denne prosessen. Når man er ferdig, skal temaene være robuste og klare for granskning. Metoden drar likheter på kvalitativ analyse. Man arbeider tematisk for å analysere all tekst frem til relasjonen mellom alle artiklene er identifisert, og man opplever en omfattende forståelse av fenomenet man undersøker (Aveyard, 2019, s. 144, 147). I skrivingen må det komme tydelig frem hvor i teksten temaene

kommer på banen, og dette skal presenteres slik at ett presentert tema gir dybde til det neste presenterte temaet, i en logisk rekkefølge (Aveyard, 2019, s. 152).

Temaene som ble identifisert i denne tematiske analysen passer godt sammen, og det er få resultater som motstrider hverandre. Der resultatene er ulike, kommer det frem og drøftes på lik linje med andre funn. Temaene som er identifisert via analysen har laget et naturlig grunnlag for å besvare forskningsspørsmålet. Noe av informasjonen som kom frem passet ikke inn med anesthesisykepleierens oppgaver ved hysteroskopi, men dette er allikevel blitt presentert, for å fronte alle aspekter ved funnene. Resultatet av litteraturstudien er et produkt av hovedtemaene som belyser forskningsspørsmålet.

7.1 Analyse av datamaterialet

Analysen starter med en kritisk gjennomgang av hver artikkel. Videre utvikles ulike tema ved å gjennomgå resultatene og funn av hver inkludert artikkel. De artiklene som er vurdert av høyest kvalitet har videre funn som veier tyngst når man tematiserer. Alle inkluderte studier scoret høyt på kvalitetsvurdering. Hver artikkel har sin egen poeng-skår som fremstilles i en tabell. Kun én av studiene fikk noe lavere score enn resterende, den fikk 11/16 poeng. De resterende fikk 15-16/16 poeng. Studien med lavest score er derfor ikke vektlagt i like stor grad som de andre, tross at den har gått videre i kvalitetsvurderingen. Videre var det anbefalt å lage en dataekstraksjon tabell som inneholder forfatter, år, tittel, type litteratur, metode, hovedfunn og kritisk vurdering. Denne gir god oversikt, der likheter og forskjeller kommer til syne. Dersom mange artikler er like, kan man summere funnene i en ytterligere tabell og bruke den i den videre analysen. På dette stadiet kan man danne temaer med bakgrunn i funn som går igjen, sammen med likheter og forskjeller av resultatene. Målet er og identifiserer ny mening når man ser forskningen som helhet fremfor i sin enkelhet (Aveyard, 2019, s. 135-138).

Analyseprosessen startet med å lage en oversiktlig tabell over alle inkluderte studier, slik som er anbefalt. Tabellen inneholder forfatter, år, tittel, hovedfunnet ved hver case, samt kritisk vurdering og poeng-score. Det er lagt til et identifiseringsnummer til hver enkel studie med tilhørende case, slik at det er lettere og mer oversiktlig å referere til de ulike casene i teksten. Hver case-studie har fått bokstaven ‘‘C’’ (Case) for med tilhørende nummerering ut ifra hvor de er plassert på listen. Eksempelvis har den andre studien som beskriver 3 caser, fått identifikasjonsnummer **2**, og casene har deretter fått nummer 1-3, slik at det blir: «C2.1, C2.2, og C2.3» osv. Dette ble gjort fordi det er 22 pasient-caser innad i de 9 inkluderte casestudiene. På denne måten ble hendelsesforløpet kortet ned og systematisert. Likheter og ulikheter mellom pasient casene kom enklere til syne. Tabellen var et svært godt hjelpemiddel i analyseprosessen.

Se tabell 2 for inkluderte studier.

Tabell 2. Oversikt over inkluderte studier samt caser med identifiseringsnummer

Forfatter / år	Tittel	Type studie	Case	Utfall	Resultat	Kvalitetssjekk Poengskår = P
1. Amirghofran et al., 2016	Use of cardiopulmonary bypass for management of massive air embolism during hysteroscopic metroplasty	Case studie	C1.1 Kvinne, 32 år. ASA 1. Elektiv hysteroskopi. Lithotomy leie.	C1.1 Fall i SpO2 fra 98 til 70 %. Legges i Trendelenburgs leie med høyre side opp. 100% FiO2. HF 30-40. ST elevasjon på EKG. Ytterligere fall i SpO2 til 40%. BT fra 130 til 80 systolisk.	C1.1 Luftbobler ses i hysteroskopiet. Det gis Atropin, Efedrin iv. CVK anlegges, luft aspireres. VT oppstår. AHLR og støt. Legges deretter på ECMO og luft evakueres. Stabiliseres. Vekkes uten sekveler.	<p> JBICritical Appraisal Checklist for Case Reports </p> <p> P: 16/16 </p>
2. Guo et al., 2021	Transesophageal echocardiography detection of air embolism during endoscopic surgery and validity of hyperbaric oxygen therapy: Case report	Case studie	<p>C2.1: 53 år gammel mann. ASA 2. Elektiv PCNL som utføres endoskopisk. Ligger flatt på magen.</p> <p>C2.2 46 år gammel kvinne. ASA 1. Elektiv hysteroskopisk myomektomi. «head-down position».</p> <p>C2.3 43 år gammel kvinne. ASA 3. Elektiv gastroskopi.</p>	<p>C2.1: Fall i EtCO2 til 1,8 KpA. Fluktuerende blodtrykk, fra 86-195mmHg systolisk. HF 120-140. ST elevasjon på EKG.</p> <p>C2.2 SpO2 fall til 88%. BT 107/65. Rallende lungelyder. ST depresjon på EKG. Fall i EtCO2 1,9 kPa.</p> <p>C2.3 SpO2 fall til 76%. Fluktuerende BT fra 200/100 mmHg til 64/32 mmHg. HF 30-40. EtCO2 1,0-1,5.</p>	<p>C2.1. TEE viser gassembolier i alle hjertekamre. Får iskemisk hjerneødem postoperativt. Reintuberes- er komatøs. Får totalt 43 hyperbarisk trykkammerbehandlinger 2 måneder. Skrives da ut.</p> <p>C2.2 TEE viser gassembolier i høyre og venstre hjertekamre. Operasjon avsluttes- pasient får hyperbarisk trykkammerbehandling. Skrives ut uten sekveler 5 dager etter operasjon.</p> <p>C2.3 TEE viser gassembolier i høyre og venstre ventrikkel, inferior vena cava, pulmonale arterier og levervener. Får ECMO behandling grunnet ustabil hemodynamikk. Dør etter kort tid.</p>	<p> JBICritical Appraisal Checklist for Case Reports </p> <p> P: 16/16 </p>
3. Hong et al., 2020	Unexpected development of intraoperative paradoxal air embolism during hysteroscopic myomectomy	Case studie	C3.1 Kvinne, 57 år. Ukjent ASA. Elektiv hysteroskopi. Trendelenburgs leie.	C3.1 Fall i SpO2 100-97%. Fall i EtCO2 4,6 – 3,6 KpA. Fall i BT 122/72-87/49. ST depresjon i avl. II.	C3.1 Påvist PAE i høyre og venstre ventrikkel. Våknet uten sekveler. Ingen behov for videre behandling.	<p> JBICritical Appraisal Checklist for Case Reports </p> <p> P: 11/16 </p>
4. Liu et al., 2017	Monitoring of Gas Emboli During Hysteroscopic Surgery: A Prospective Study	Kvantitativ primær studie/ Cross sectional study	120 kvinner som undergikk elektiv hysteroskopi uten GA. Lithotomy position. Ble lagt på venstre side, med høyre side opp dersom vitalia ble ustabile. Ved bevissthetstap ble også reversert Trendelenburg benyttet.	Under inngrepet ble det via Doppler, observert hyppighet og omfang av gassembolier som oppstod peroperativt.	Gassemboli ble observert hos 44 av pasientene (36,7%). Symptomer ble registrert. Ulike tiltak ble iverksatt ut ifra hvor hemodynamisk påvirket pasienten ble. Alle pasientene ble skrevet ut i sin habituelle tilstand.	<p> JBICritical appraisal checklist for analytical cross-sectional studies </p> <p> P: 16/16 </p>

<p>5.Sabovich et al., 2012</p>	<p>Air embolism during operative hysteroscopy: TEE-guided resuscitation</p>	<p>Case studie</p>	<p>C5.1 53 år gammel kvinne. ASA 1. Elektiv hysteroskopi. 20 ° Trendelburgs leie.</p> <p>C5.2 46 år gammel kvinne. ASA 2. Elektiv hysteroskopi. 20 ° Trendelburgs leie.</p> <p>C5.3 46 år gammel kvinne. ASA 2. Elektiv hysteroskopi. 20 ° Trendelburgs leie.</p>	<p>C5.1 Fall i EtCO2 fra 6,3 til 2,9 kPa. Fall i SpO2 fra 97 til 85%. PH 7,27.</p> <p>C5.2 Fall i EtCO2 4,5 til 1,3 kPa. SpO2 100-90%. VES og ST depresjon på EKG. Lagt flatt på ryggen.</p> <p>C5.3 SpO2 fall til 70-75%. EtCO2 fall fra 5,3 til 1,8 kPa. BT fra 105/55 til 70/40. HF fra 30 til 40. PH 6,99. EKG viser høyre grenblokk.</p>	<p>C5.1 Mistenkt gassemboli etter ekskludering av andre årsaker. Operert ferdig da pasient stabiliserte seg- gitt 100% O2. Alt normalt deretter.</p> <p>C5.2 Mistenkt gassemboli etter ekskludering av andre årsaker. Operasjonen stoppet. 100% O2 gitt. Vitalia stabiliseres. Fullført operasjon- alt normalt deretter.</p> <p>C5.3 TEE viser gassembolier i alle hjertekamre og høyre ventrikkelsvikt. PFO påvist. Operasjon avsluttes. Gassembolier oppløses 2. PO- dag uten videre intervensjon. MR viser lite infarkt cerebralt- nedsatt følelse i venstre ben. Skrives ut i sin habituelle tilstand.</p>	<p>JBIC Critical Appraisal Checklist for Case Reports</p> <p>P: 15/16</p>
<p>6.Singh et al., 2016</p>	<p>Prevention of air embolism during hysteroscopy</p>	<p>Case studie</p>	<p>C6.1 28 år gammel kvinne. ASA 1. Hysteroskopi. Generell anestesi. Bruk av N2O. Lithotomy-leie med 20 ° Trendelenburgs leie.</p> <p>C6.2 34 år, kvinne. ASA1. Hysteroskopi. GA. Bruk av N2O. Lithotomy- leie med 20 ° Trendelenburgs leie.</p>	<p>C6.1 Utviklet PEA. Lagt på ryggen.</p> <p>C6.2 Fall i SpO2 og EtCO2. HF fra 100 – 40. Ikke målbart blodtrykk. Durants manøver benyttes.</p>	<p>C6.1 100 % FiO2. HLR i 45 min. Oppnår ikke ROSC- pasienten dør. Luft emboli er mistenkt årsak.</p> <p>C6.2 100 % O2. Atropin 0,6 mg. Adrenalin 1 mg. Plasseres i Durants manøver. 100 ml lufttilblandet blod aspireres fra CVK. Deretter Dopamin infusjon. SpO2 og EtCO2 forbedret seg. BT 90/60. Puls 120. Pasienten flyttes intensiv. Ble ekstubert 24 timer senere. Ingen sekvele. Kirurgene hadde sett flere luftbobler i hysteroskopi settet og ikke evakuert disse.</p>	<p>JBIC Critical Appraisal Checklist for Case Reports</p> <p>P: 15/16</p>
<p>7.Storm et al., 2017</p>	<p>Gas embolism during hysteroscopic surgery? Three cases and a literature review</p>	<p>Case studie</p>	<p>C7.1 46 år. ASA 1. Hysteroskopi. GA. Lett Trendelenburgs leie.</p>	<p>C7.1 Fall i EtCO2 fra 4,8 kPa til 2 kPa. Fall i SpO2 fra 100 % - 90 %. Økt lufttrykk.</p>	<p>C7.1. Oppstarts problem med hysteroskop. Utviklet cyanose og PEA/VF. ROSC etter 9 min AHLR. EtCO2 2,4 kPa. SpO2 90 %. SBT 120. EKKO viser luftbobler i alle hjertekamrene. EF 10-15 %. Alvorlig lungeødem og BT-fall. Fortsatt behov for</p>	<p>JBIC Critical Appraisal Checklist for Case Reports</p>

			<p>C7.2 68 år. Kvinne. ASA 2. Hysteroskopi. GA. Lett Trendelenburgs eie.</p>	<p>C7.2 EtCO2 fra 5,0 – 1kPa, bradykardi og hypotensjon. Økte luftveistrykk. SpO2 fall til 60 % med cyanose.</p>	<p>kompresjoner. EtCO2 1,2 kPa. pH 6,88. Laktat 10. ECMO behandles på intensiv. Pasienten dør etter et par timer.</p> <p>C7.2 Operasjonen avbrytes. 10 mg Efedrin iv gis. Blodtrykk normaliserer seg. SpO2 på 90 % med 100 % FiO2. EtCO2 normalisert etter 30 min. Vekkes uten nevrologisk skade. Postoperativt EKKO viser ikke luft, men hun utviklet et hjerteinfarkt. Luftemboli mistenkes som årsak.</p>	
			<p>C7.3 40 år. Kvinne. Ukjent ASA. Hysteroskopi. GA. Lett Trendelenburgs leie.</p>	<p>C7.3 Oppstartsproblem med hysteroskopet. Fall i EtCO2 fra 4,5 kPa – 0,8 kPa. SpO2 fall til 30 %. Økte luftveistrykk. PEA oppstod. HLR i 20 min før ROSC. 6 mg efedrin gis totalt under HLR. Totalblokk og ekstern pacing deretter. TEE viser luftbobler i alle 4 hjertekamre med langsomme bevegelser i nedre del av hjerte. Luftbobler i Vena Cava, lever-venen, lungearterien og aorta.</p>	<p>C7.3 Flyttes til intensiv. Etter 12 timer flyttes hun til annet sykehus for ECMO. Ekstuberes etter 9 dager. MR viser flere hjerteinfarkt. Skrives ut til rehabilitering grunnet alvorlig nevrologisk sekvele.</p>	
8. Verma et al., 2018	Venous gas embolism in operative hysteroscopy: A devastating complication in a relatively simple surgery	Case studie	<p>C8.1 Kvinne 35 år. Ukjent ASA. Hysteroskopi. Generell anestesi og bruk av N2O.</p> <p>C8.2 Kvinne. 34 år. Ukjent ASA. Lapraskopi og hysteroskopi. GA. Reversert Trendelenburg stilling.</p>	<p>C8.1 Fall i EtCO2 fra 4,8 – 1,9 kPa. SpO2 fall til 85 % med FiO2 50%. HF 96 – 40. BT fra 130/90 – 80/50.</p> <p>C8.2 Fall i EtCO2, SpO2 og BT. Murrende lyder over hjerte ved auskultasjon. Durants manøver benyttes.</p>	<p>C8.1 Operasjonen stoppes. 100 % O2 gis. Atropin 0,6 mg iv administreres. Bilaterale kreptasjoner med stetoskop. BT normaliseres med væske og mephentermine. EtCO2, HF og BT normalisert. Flyttes til intensiv. Kardiologisk vurdering er normal. VAE er trolig årsak.</p> <p>C8.2 Operasjonen stanses. Vagina pakkes med gasbind. EKG viser sinus takykardi, 150 s/min. Mephentermine 6 mg iv og Metoprolol 1 mg iv administreres. Puls 100, BT 104/60. Økende EtCO2. Ekko viser luftbobler høyre</p>	P: 16/16 JBI Critical Appraisal Checklist for Case Reports

			C8.3 Kvinne 38 år. Ukjent ASA. GA. Hysteroskopi.	C8.3 Drastisk fall i EtCO ₂ , SpO ₂ og murrende lyd over hjerte ved auskultasjon. Durants manøver benyttes,	atrium og forsvinner i løpet av 5 minutter. C8.3 Tiltes mot venstre med hode lett nedover. Operasjonen stanses. Vagina pakkes med gasbind. BT stabilt. EKKO bekreftet luftbobler i høyre A og V. EtCO ₂ var 2,0 i 15 minutter før det bedret seg samt som luft forsvant fra hjertekamrene. Operasjonen fullføres ikke. Pasienten vekkes neurologisk intakt.	P: 16/16
9. Vilos et al., 2020	Venous Gas Embolism during Hysteroscopic Endometrial Ablation: Report of 5 Cases and Review of the Literature	Case studie	C9.1. 46 år gammel kvinne. Ukjent ASA. Elektiv hysteroskopi. C9.2. 45 år gammel kvinne. Ukjent ASA. Elektiv hysteroskopi. C9.3. 48 år gammel kvinne. Ukjent ASA. Elektiv hysteroskopi. C4.1. 41 år gammel kvinne. Ukjent ASA. Elektiv hysteroskopi. C5. 146 år gammel kvinne. Ukjent ASA. Elektiv hysteroskopi.	C9.1 Fall i SpO ₂ fra 97-87%. Fall i EtCO ₂ til <5 KPa. C9.2 SpO ₂ fra 95 til 85 %. Fall i EtCO ₂ fra 5,9-3,3 kPa. C9.3 SpO ₂ fall til <90%. EtCO ₂ fall til <4,0 KPa. C9.4 SpO ₂ fall til <90%. EtCO ₂ fall til <4,0 KPa C9.5 SpO ₂ fall til <90%. EtCO ₂ fall til <4,0 KPa	C9.1 Operasjon ble umiddelbart avsluttet. Fikk 100% O ₂ . Vitalia ble deretter stabilisert. Ingen sekvele. C9.2 Operasjonen ble umiddelbart avsluttet da man kunne se gassbobler som ble absorbert vaskulært under ablasjon. Fikk 100% O ₂ . Vitalia ble deretter stabilisert. Ingen sekvele. C9.3 Operasjon ble umiddelbart avsluttet. Fikk 100% O ₂ . Vitalia ble deretter stabilisert. Ingen sekvele. C9.4 Operasjon ble umiddelbart avsluttet. Fikk 100% O ₂ . Vitalia ble deretter stabilisert. Ingen sekvele. C9.5 Operasjon ble umiddelbart avsluttet. Fikk 100% O ₂ . Vitalia ble deretter stabilisert. Ingen sekvele.	JBI Critical Appraisal Checklist for Case Reports P: 16/16
10. Xu et al., 2019	Successful resuscitation from sudden cardiac arrest caused by gas embolism during hysteroscopy	Case studie	C10.1 47 år gammel kvinne. ASA 1. Elektiv hysteroskopi, via laparoskopisk teknikk. Reversert Trendelenburgs leie.	C10.1 Fall i EtCO ₂ fra 4,3 til 3,2 kPa, SpO ₂ fra 100 til 96%. "Murring av møllehjul" lyd ved auskultering av hjertet. EKG viser ventrikulære ekstrasystoler. 100 % O ₂ ble gitt. Kirurgene avsluttet. Lagt i Trendelenburgs stilling. Gikk i hjertestans. HLR ble gitt, samt 1 støt.	C10.1 Gasseboli er mistenksom årsak, ettersom vitalia som tydet på VGE. CVK anlagt, totalt 0,5 ml med luft ble evakuert. Ble lagt på intensiv i koma. Fikk gjentatte epileptiske anfall. CT viser herniering av hjernen. Ble ekstubert 10 dager senere. Ble skrevet ut etter 1 mnd. uten sekveler.	JBI Critical Appraisal Checklist for Case Reports P: 16/16

For å danne temaene, startet prosessen med å dra ut direkte sitater fra resultatdelen til hver enkelt studie. Disse sitatene ble lagt inn i et dokument med kilde under, slik at det var lett å identifisere hvor det kom fra. Når alle sitater fra studienes resultatdel var lagt inn, ble et nytt dokument opprettet for å gruppere sitater som gikk igjen. Her ble likheter og ulikheter ved funnene identifisert, og dannet videre grunnlag for temaer som ny kunnskap kunnes produseres ut i fra. Eksempelvis kunne det trekkes ut flere sitater fra ulike studier som alle beskrev «behovet for ekkokardiografi ved mistenkt gassemboli». Disse sitatene ble gruppert under en provisorisk tittel som het «tiltak ved gassemboli», og som ble utgangspunktet for tema-utviklingen. Etter en lang og nøysom prosess, ble 7 temaer dannet, men sluttvis endte det opp med 5 temaer som kan belyse problemstillingen under resultatdelen: Prevalensen av gassemboli under hysteroskopi, ulike utfall etter utvikling av gassemboli, tidlige symptomer på gassemboli og hvordan de har blitt identifisert, samt behandlingen av gassemboli under hysteroskopi.

Tabell 3. Oversikt over de 5 hovedtemaene og de inkluderte artiklene. Fremstiller hvorvidt temaene berøres i artiklene.

Tema: Forfatter:	Prevalensen av gassemboli under hysteroskopi	Ulike utfall etter utvikling av gassemboli	Tidlige symptomer på gassemboli og hvordan de har blitt identifisert	Forebyggende tiltak mot gassemboli under hysteroskopi	Behandling av gassemboli under hysteroskopi
Amirghofran et al., 2016	✓	✓	✓	✓	✓
Guo et al., 2021	✓	✓	✓	✓	✓
Hong et al., 2020	✓	✓	✓	✓	✓
Liu et al., 2017	✓	✓	✓	✓	✓
Sabovich et al., 2012	✓	✓	✓	✓	✓
Singh et al., 2016		✓	✓	✓	✓
Storm et al., 2017	✓	✓	✓	✓	✓
Verma et al., 2018		✓	✓	✓	✓
Vilos et al., 2020	✓	✓	✓	✓	✓
Xu et al., 2019		✓	✓	✓	✓

8.0 Etiske vurderinger

Helseforskningsloven § 4 definerer medisinsk og helsefaglig forskning som virksomhet der det utføres vitenskapelig metodikk for å skaffe ny kunnskap og informasjon om helse og sykdom. Her omtales krav til forsvarlighet, taushetsplikt, søknader og samtykke, og konsekvenser dersom lovverket ikke blir fulgt (Leonardsen et al., 2021, s. 59). Også i grunnlagsdokumentet til anestesisykepleiere omtales viktigheten av formidling av fag- og forskningsresultater som skal være gjennomført i henhold til retningslinjer for forskning og rapportering (NSF, 2016, s. 16). I forkant av datainnsamlingen hadde vi undersøkt UiA sine retningslinjer. Vi registrerte prosjektet i fakultetets etiske komité (FEK). Det er en portal hvor alle masterprosjekter skal søkes eller registreres til (Leonardsen et al., 2021, s. 59). Norsk senter for forskningsdata (fra Januar 2022 heter det «SIKT») var det ikke nødvendig å søke til, da ingen personopplysninger skal behandles.

Når man skal gjennomføre en systematisk litteraturstudie, må man tenke gjennom etiske overveielser. Selv om det personarkiv eller person gjenkjennbare data er benyttet, har vi tenkt over etiske overveielser når artikler har blitt inkludert. En bør velge artikler som er vurdert av en etisk komité, eller der forskeren har gjort etiske overveielser i forhold til kravene. Når slutninger er trukket, og ny kunnskap fra studiene er løftet frem, har vi hatt et etisk ansvar og en forpliktelse til å vurdere begrensninger og bærekraften i hva vi kan si noe om (Malterud, 2017, s. 137). Dette er utført ved at alle våre inkluderte studier har anonymiserte pasienter, vi har kvalitetsvurdert artiklene, og sjekket om de er fagfellevurdert.

9.0 Resultater

I dette avsnittet presenteres resultatene av de inkluderte studiene i fem hovedtemaer: Prevalensen av gassemboli under hysteroskopi, hvordan gassemboli kan bli en katastrofal komplikasjon, forebyggende tiltak, tidlige symptomer, og behandling.

9.1 Prevalensen av gassemboli under hysteroskopi

I dette avsnittet presenterer vi Liu et al., (2017) sin studie som har sett på prevalensen av gassemboli under hysteroskopi, hos en gruppe kvinner de har rekruttert til sin studie. Resultatet viste at gassemboli oppstod hyppig under inngrepet, og ikke så sjeldent som tidligere antatt. Dette er også en av de nyeste studiene det siste tiåret som undersøker prevalensen av gassemboli, da studier som adresserer insidens og mortalitet er eldre enn 15-20 år gamle.

I denne kvantitative studien ble 120 kvinner ble rekruttert, og pasientene hadde en ASA 1 eller 2. Aldersgruppen varierte fra 20-65 år. Pasientene hadde normal BMI, og ingen alvorlige underliggende hjerte- eller lungesykdommer. Ekkokardiografi ble gjort før operasjon, for å utelukke vaskulær sykdom (særlig PFO, eller andre kardiologiske forandringer som kunne økt risikoen for gassemboli). Doppler ultralyd ble brukt som diagnostisk verktøy underveis for å detektere gassbobler. Gruppen av kvinner ble deretter delt i to; gruppe A var pasienter hvor det *ikke* ble påvist luftemboli, og gruppe B hvor det *ble* påvist. Resultatet viste at 44 pasienter (36,7%) fikk påvist gassemboli under inngrepet (gruppe B), hvorav 27 av pasientene (22,5%) hadde små mengder luft i hjertekamrene, 10 pasienter (8,3%) hadde moderate mengder luft, og 7 pasienter (5,8%) hadde store mengder luft. 76 av de resterende pasientene (63,3 %) hadde ingen tegn til luftemboli under ultralydundersøkelsen. Bobler ble observert i hele det venøse systemet, inkludert nedre del av vena cava, høyre atrium og ventrikkel, lungearterien, og store vener i abdomen. For å identifisere risikofaktorene assosiert til frekvensen av gassemboli og forekomsten av dem, ble flere variabler i studien screenet gjennom statistisk beregning; resultatene vurderes som valide, og har en P-verdi $<0,5$, som anses som signifikant (s. 754-755). Screeningen indikerer at forlenget kirurgi-tid og økt blødning kan *øke* risikoen og forekomsten av gassemboli. Økt blødning kan være et tegn på skader i livmoren som kan være en inngangsport for luft, og forlenget kirurgi tid øker kommunikasjonen mellom gassen og eventuelle sår i livmor.

4 av pasientene i gruppe B fikk endringer i EtCO₂, fall i saturasjon og takykardi. Én av pasientene mistet bevissthet. Hos disse pasientene ble operasjonen stoppet, det ble iverksatt tiltak, og man fulgte nøye med på om boblene forsvant eller minimerte på ultralydbildet. Da tiltakene fungerte, ble operasjonen gjenopptatt og avsluttet uten videre komplikasjoner. Alle pasienter ble skrevet ut uten sekveler (752-754). Resultatet til Liu et al. sin studie bekrefter en høy prevalens av gassebolier under hysteroskopisk kirurgi, og anser dette til å være en av de mest alvorlige komplikasjonene til hysteroskopi, med en insidens mellom 10 til 50%, og en mortalitet opp mot 69% (Liu et al., 2017, s. 753).

VAE must be recognized as a common intraoperative complication during hysterectomy. The possibility of fatal consequences such as PAE must also be considered and should be properly managed (Hong et al., 2020, s. 886).

9.1.1 Patent foramen ovale kan øke risikoen for at gassebolier blir arterielle

Risiko for alvorlige følger av venøs gasseboli øker ved patent foramen ovale (PFO). Parallelt med mengden luft øker risikoen for luftemboli i koronararteriene som vil medføre hjerteinfarkt, iskemisk hjertesvikt og hjertestans. Rytmeforstyrrelser og iskemiske EKG-forandringer vil da oppstå (Sabsovich et al., 2012, s. 484). Lungenes evne til å filtrere kan bli overvældet av store mengder luft, og da vil luften kunne passere videre inn i venstre hjertekammer selv *uten* foramen ovale. Luftembolien kan da bli paradoksal, og kan skade alle organsystemer som f. eks koronararteriene og hjernen (Storm et al., 2017, s. 42).

Av de 22 pasientene som omtales i case studiene ble det bekrefter paradoksal luftemboli hos 9 av dem (*Figur 2*, C2.1, C2.2., C2.3, C3.1, C5.3, C7.1, C7.3, C8.3, C10.1). (Guo et al., 2021, s. 4) opplyser at 1 av 4 mennesker har PFO. Risikoen er dermed høy for at venøse gassebolier blir paradoksale. Da øker faren for alvorlige hemodynamiske forandringer, hjerneinfarkter, hjertestans og død.

Transpulmonary passage of VAEs can occur due to a direct shunt between pulmonary arteries and veins in the lungs. Normally, small venous bubbles that reach the pulmonary circulation diffuse into alveoli and are exhaled, preventing air from entering the left heart. However, the pulmonary circulation has a filtration threshold for air; once this is exceeded, microbubbles bypass the pulmonary circulation and can be detected in the left of the heart (Hong et al., 2020, s. 886).

9.2 Ulike utfall etter utvikling av gassemboli

9.2.1 Inngrep hvor gassemboli har ført til dødelige utfall

I dette avsnittet presenterer vi kort hvordan gassemboli under både hysteroskopi og endoskopi førte til livstruende hemodynamiske forandringer, med resultatet at 3 pasienter døde under inngrepet.

I seks av våre artikler omtales luftemboli under hysteroskopi som en katastrofal komplikasjon (Amirghofran et al., 2016, s. 199); (Vilos et al., 2020, s. 748); (Xu et al., 2019, s. 39); (Hong et al., 2020, s. 282); (Guo et al., 2021, s. 5); (Storm et al., 2017, s. 143). Casene viser et bredt spekter av utfall og behandling, der alle tematiserer komplikasjonen som katastrofal.

I casen til Guo et al., (2021, s. 4) presenteres en kvinne, ASA 3 som skal gjennomgå en gastroskopi. Pasienten får kort tid etter inngreps start alvorlig oksygeneringsvansker etterfulgt av lavt blodtrykk og puls. Etter kortvarig stabilisering, går hun i hjertestans. Det startes AHLR, og utføres en transøsofagal ekkokardiografi som stadfester store mengder luft i høyre og venstre hjertekammer, inferior vena cava, levervener og lungearterier. Pasienten blir diagnostisert med gassemboli. Pasienten legges over på ECMO grunnet ustabil hemodynamikk og som et forsøk på å redde pasientens liv. To dager senere utvikler pasienten multiorgansvikt, og behandlingen avsluttes etter kort tid. Pasienten dør.

Singh et al., (2014, s. 470) beskriver én 28 år gammel kvinne, ASA 1, som gjennomgikk en rutinemessig hysteroskopi. Under operasjonen utviklet pasienten plutselig pulsløs elektrisk aktivitet (PEA). EtCO₂ og blodtrykk var ikke målbart. 100 % O₂ ble administrert, hun ble lagt på ryggen og intubert. HLR ble utført i 45 minutter, dessverre ingen returnering av egen sirkulasjon (ROSC). Pasienten døde på bordet.

Case 1 til Storm et al., (2017) omhandler en 46 år gammel kvinne, ASA 1. Hun fikk generell anestesi og luftveiene var sikret. Under det hysteroskopiske inngrepet hadde de problemer med utstyret, og hysteroskopet ble ført inn- og ut flere ganger. Kort tid etter dette, ble hun hemodynamisk ustabil med fluktuerende blodtrykk og puls. Raskt deretter oppstod pulsløs elektrisk aktivitet (PEA) på EKG som utviklet seg til ventrikkelflimmer (VF). AHLR ble startet umiddelbart, og pågikk i 9 minutter før ROSC ble oppnådd. EKKO viste hjertesvikt og pasienten utviklet et alvorlig lungeødem. Blodtrykket falt, og de tok i bruk hjertekompresjonsmaskin, parallelt med administrering av Efedrin iv og Adrenalin infusjon. SpO2 var 90 % med 100 % O2, men EtCo2 kun 1,2 kPa. Hun ble flyttet til et annet sykehus for ECMO behandling, men grunnet manglende respons avsluttes behandlingen etter noen timer. Pasienten døde. Ingen klar dødsårsak ble funnet ved obduksjon, men venøs gassemboli var trolig årsak.

9.2.2 Pasienter som får intensivbehandling og forlenget sykehusopphold etter gassemboli peroperativt

11 av 22 pasienter i våre inkluderte caser krevde intensiv behandling med avansert monitorering og forlenget sykehusopphold etter rutinemessig hysteroskopi. I denne avsnittet presenterer vi kort noen av casene hvor pasientene fikk livstruende forandringer i hemodynamiske parametere som skyldtes gassemboli, noe som videre krevde intensivbehandling over lengre tid. Noen av pasientene krevde rehabiliteringsopphold etter sykehusoppholdet og ble skrevet ut med nevrologiske sekveler.

Case 3 til Storm et al., (2017, s. 141-142) beskriver en 40 år gammel kvinne, ukjent ASA som gjennomgikk en elektiv hysteroskopi. Pasienten fikk generell anestesi. Kort tid etter inngrepets start, utviklet pasienten pulsløs elektrisk aktivitet (PEA) på EKG, og avansert hjerte-lungeredning ble umiddelbart startet. Etter 20 minutter fikk pasienten ROSC, men utviklet en totalblokk på EKG, og det var nødvendig å pace hjerterytmen eksternt for å opprettholde en normal hjertefrekvens. Venøs gassemboli blir mistenkt, og det ble utført en transøsofagal- ekko som viser luftbobler i alle fire hjertekamrene, i vena-cava, lever-venen, lungearterien og aorta. MR ble tatt når hun var stabil nok, og som viste at pasienten hadde utviklet flere hjerneinfarkter. Etter ni dager med intensiv behandling skrives hun ut til et rehabiliterende opphold på grunn av alvorlig nevrologisk sekvele.

Xu et al., (2019) beskriver i sin case hvordan en 47 år gammel kvinne, ASA 1 som gjennomgår en elektiv hysteroskopi. Kort tid etter inngrepets start får hun kritiske fall i både respiratoriske og hemodynamiske parametere. Venøs gassemboli ble raskt mistenkt, derfor ble operasjonen stoppet og det ble umiddelbart satt inn tiltak; endring av leiet, administrering av 100% oksygen og medikamenter ble gitt for å opprettholde adekvat sirkulasjon. 1 minutt etter at tiltak ble iverksatt gikk pasienten i hjertestans med ventrikkelflimmer. AHLR ble umiddelbart startet, og pasienten fikk 1 elektrisk støt fra defibrillator som gjorde at pasienten fikk normal, men rask hjerterytme tilbake. Hun ble raskt overflyttet til intensivavdelingen, fortsatt intubert og i narkose. Her ble det lagt inn et sentralt venekateter for å forsøke å evakuere ut luft fra sirkulasjonen. På intensivavdelingen hadde pasienten dilaterte, lysstive pupiller som kunne tyde på begynnende svelling av hjernen, noe en CT av hjernen bekreftet. Undersøkelser av hjertet viste ingen funn, men røntgen av lungene viste lungeødem. Gassemboli ble bekreftet som årsaken. Intensivbehandlingen bestod av å redusere hevelsen i hjernen, fjerne væske på lungene, opprettholde respirasjon og sirkulasjon med medikamenter og gi antibiotika. Pasienten var i livstruende tilstand og hadde gjentatte epileptiske anfall, og forble derfor i narkose (beskyttende koma) for å beskytte hjernen i størst mulig grad. 4 dager senere våknet pasienten, og ble tatt av respirator. Hun trengte 1 måned forlenget sykehusopphold etter oppvåkning, og ytterligere 3 måned med periodiske undersøkelser, men fikk ingen nevrologiske skader (s. 36-38).

Guo et al., (2021) beskriver i én av sine caser hvordan en 53 år gammel mann, ASA 2, fikk gassemboli etter en endoskopisk undersøkelse. 10 minutter etter inngrepets start, faller både respiratoriske og sirkulatoriske parametere. Det blir satt inn tiltak med oksygen og medikamenter, og vitaliene stabiliserer seg. Det mistenkes gassemboli, og det utføres derfor en transøsofagal ekkokardiografi som viser små mengder luft i hjertekamrene. Halvannen time senere vekkes pasienten ettersom han forblir stabil, og blir sendt til postoperativ avdeling. Noen timer etter inngrepet blir derimot pasienten økende sløv og apatisk. Til slutt mister pasienten bevisstheten og klarer ikke opprettholde sin egen luftvei, og blir derfor reintubert og lagt på intensivavdelingen. CT av lungene viser lungeødem, og pasienten utvikler gjentatte epileptiske anfall og til slutt koma. Pasienten fikk diagnosen hypoksisk-iskemisk encefalopati. Det er en tilstand hvor hjernen ikke har fått nok oksygen, og derfor blir skadet; gassemboli ble den mest sannsynlige årsaken til denne tilstanden. Gassembolien hadde mest sannsynlig vært venøs, deretter blitt paradoksal (arteriell), blitt ført opp til hjernen og stoppet blodtilførselen til deler av den. Pasienten krevde 43 trykkammerbehandlinger, og 2

måneder med forlenget sykehusopphold etter et rutinemessig inngrep som gikk galt. Han ble skrevet ut med normal muskelstyrke, men små nerveskader på begge øyer (s. 2-3).

PAE during hysteroscopy may lead to catastrophic cardiac and neurologic complications. Coronary artery embolization induces electrocardiographic changes typical of ischaemia and infarction, dysrhythmias, and myocardial suppression. Cerebral artery gas embolism has been associated with a broad spectrum of symptoms, ranging from a mild headache to coma and paralysis (Hong et al., 2020, s. 282).

9.2.3 Utvikling av gassemboli som førte til forbigående hemodynamiske endringer

10 av pasientene i beskrevne caser fikk kliniske symptomer på luftemboli, men ble skrevet ut uten sekvele eller forlenget sykehusopphold (Sabsovich et al., 2012);(Vilos et al., 2020);(Verma et al., 2018). Alle pasienter inkludert i Liu et. al (2017) sin kvantitative studie utviklet også symptomer på luftemboli med variert grad av hemodynamisk påvirkning, men som gikk over av seg selv når operasjonen ble pausert eller avsluttet. Ingen av disse pasientene krevde intensivopphold postoperativt eller ble skrevet ut med sekveler (s. 749).

9.3 Forebyggende tiltak mot gassemboli under hysteroskopi

I dette avsnittet presenterer vi studier som omtaler forebyggende tiltak som kan bidra til å redusere risikoen for gassemboli peroperativt.

Singh et al., (2014) konkluderer i sin studie "*Prevention of air embolism during hysteroscopy*" at alle institutter bør ha en prosedyre for håndtering av luftemboli ved hysteroskopi. De anbefaler en rekke forebyggende tiltak: hysteroskopi-settet byttes mellom hver pasient, og det skal være tett samt fritt for luft. Væske må kunne byttes uten å tilføre luft. Væsken bør ikke henge mer enn 1 meter over pasienten. På innsiden av livmoren bør trykket ikke overstige 100 mmHg (s. 469). De beskriver videre at man bør ha utstyr tilgjengelig til avansert hjerte-lungeredning (eksempelvis at man vet hvor defibrillator befinner seg), og at man vet hvor CVK og arteriekrans utstyr er, i tilfelle situasjonen blir kritisk eller akutt. Videre beskrives det at en bør unngå lystgass, da lystgassen kan diffundere

i luft-fylte hulrom, samt unngå Trendelenburgsleie der hodet er senket 30-40 grader. Injeksjon av vasopressin intracervical anbefales her (s. 469-470).

Liu et al., (2017) beskriver liknende tiltak: Hysteroskopet skal tas inn- og ut minst mulig, for å forhindre rifter eller sår som kan være en inngangsport for luft. Videre bør anestesipersonale informeres dersom livmoren blir skadet eller at det oppstår blødning, da dette øker risikoen for VGE. Det vil også gjøre anestesipersonalet mer oppmerksom på risikoen. (s. 755).

Storm et al., (2017) forteller om 3 tilfeller av gaseemboli som oppstod på samme sykehus i løpet av 1 måned. Institusjonen endret sin praksis etter disse tilfellene, og noen av de forebyggende tiltakene er: Alle pasienter som gjennomgår hysteroskopi skal leires i lett reversert trendelburgsleie før inngrepets start. Hysteroskopi-settet skal være helt luft-fritt før en startet inngrepet, og en bør unngå å trekke hysteroskopet inn-og ut mer enn absolutt nødvendig fra vagina og cervix; dette for å unngå at romluft trekkes utenifra og inn i livmoren. Ettersom venene blir mottakelig for luft når det er under trykk, har operasjonspersonalet satt ned trykket på væsken de setter inn i livmoren til 60mmHg, som er mindre enn tidligere 100 mmHg. De håper at fremtiden vil fremstille et hysteroskopi-sett som varsler dersom det er luft i systemet, dette finnes eksempelvis på dialyse- og hjerte-lungemaskiner. De er svært sensitive og ville da hjulpet operasjonssykepleier å oppdage feil og luft i systemet. Videre påpekes behovet for at anestesipersonell bruker hensiktsmessig overvåking, er oppmerksomme på tidlige symptomer og forberedt på å sette i gang tiltak ved VGE (s.140-143).

9.3.1 Betydningen av leiring og væskemengde for å redusere risikoen for gassemboli

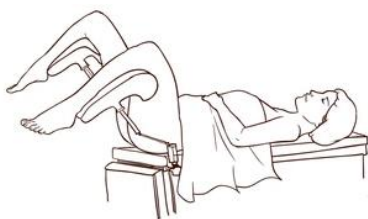


Fig. 3. Lithotomy position

*Lithotomy position Images, Stock
Photos & Vectors | Shutterstock*

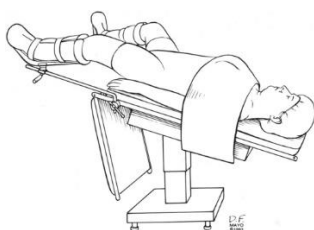


Fig. 4 Trendelenburg stilling

Intraoperative patient positioning | Clinical Gate



Fig. 5. Durrants Manøver

Air Embolism – Core EM

Flere av casene opplyser at pasientene ligger i Trendelenburgs- eller lett-Trendelenburgs-leie ved operasjonens start. (Tabell 2, side. 27: C3.1, C5.1, C5.2, C5.3, C6.1, C6.2, C7.1, C7.2, C7.3 & C10.1). Andre ligger i Lithotomy leie (C1.1 & C1.4), én ligger på magen (C2.1), og i resterende caser er det ikke beskrevet hvilken stilling pasientene lå i ved oppstart. Mange endrer stillingen til pasienten etter VGE mistenkes, der i blant benyttes Durants manøver (C1.1, 4, C5.2, C6.1 C6.2, C8.2, C8.3 & C10.1).

Vilos et al., (2020) omtaler 5 caser av gassemboli ved hysteroskopi, og oppgir faktorer som assosieres med luftbobler. Trendelenburgs stilling er én av dem, hvor hjertet er lavere plassert enn livmoren. De hevder at trykket da vil være lavere i livmoren enn i thorax og medføre at luft lettere kan entre det venøse systemet. Av samme grunn anbefales ikke høyere trykk enn 70 mm Hg på væsken i resektokopet.

Samtidig understrekes betydningen av et luft-fritt miljø i settet som går inn i pasienten, og at man unngår å ta hysteroskopet ut av livmoren mer enn nødvendig, da romluft kan presses inn i livmoren. De viser samt til en nyere studie som viser en sammenheng mellom mengde væske som absorberes via livmoren og forekomsten av luftemboli. Studien anser det som økt risiko for luftemboli dersom væskemengden er mellom 1 - 2,5 l. Det er derfor et muligens forebyggende tiltak å tilstrebe å bruke minst mulig væske. I alle casene som Vilos omtaler har kvinnene absorbert over 0,5 L væske. Å unngå blødninger er en opplagt måte å forebygge gassemboli, da luft kan entre skadede vener. Vasokonstringerende medikamenter kan være logisk å benytte for å gjøre kapillærene mindre mottakelig. Kontraherende medikamenter til

uterus kan muligens også gi noe beskyttelse. De oppfordrer til god kommunikasjon mellom operasjonsteamet og anesthesi teamet. Disse elementene kan være bidragsytende faktorer for å unngå denne potensielt livstruende komplikasjonen (Vilos et al., 2020, s. 748-753).

Verma et al., (2018, s. 103-105) presenterer 3 caser av luftemboli ved hysteroskopi. De påpeker at risikoen for gassemboli øker dersom kunnskap om forebygging er mangelfull. Etter de alvorlige hendelsene som oppstod ved deres institusjon, endret avdelingen sin prosedyre: Trendelenburgs leie skulle ikke benyttes på noe tidspunkt, alle pasienten skal intuberes, og EtCO₂ skal overvåkes tettere. Etter dilatasjon av livmorhalsen, skal ikke livmoren eksponeres for luft, og trykket i livmoren skal ikke overstige 50-100 mm Hg. Lystgass må ikke benyttes. Disse tiltakene hevder de at skal være innfridd i case 2, som kom seg raskere en de andre. Det er lite sannsynlig at luftembolien i dette tilfelle kom av atmosfærisk luft, men kan ha kommet av diatermien (brenning av vev). De konkluderer med at forebygging fra alle parter i operasjonsteamet er av stor betydning.

9.3.2 Viktigheten av et luftfritt hysteroskopi-sett for å unngå luftemboli

Flere caser oppgir å ha sett luft i hysteroskopet, eller å ha hatt oppstartsproblemer med utstyret (Tabell 2, s. 27: C1.1, C6.2, C7.1, C7.3, C9.2). Utfallet av disse hendelsene er varierer fra kortvarig episode (C9.2) til død (C7.1).

Liu et al., (2017) undersøker i tillegg til prevalens, også forebyggende tiltak ved gassemboli. Alle pasienter fikk Misoprostol tabletter vaginalt 2 timer før inngrepet (s.749-750). Misoprostol kan benyttes ved ulike tilstander. Den kan motvirke sår i slimhinner (Legemiddelhåndbok, 2016). Denne effekten tolkes som tiltenkt hensikt i denne studien. De benyttet trykk på 80 mm Hg på væsken som dilaterer livmoren, og hadde en flow på 200-200 ml/min. Det ble benyttet monopolar eller bipolar diatermi (50-80 w). Før oppstart ble all luft fra instrumentene fjernet, og luftbobler som oppstod på grunn av inngrepet ble fjernet med inn-ut flow systemet. De identifiserer økt trykk på tilført væske som en risikofaktor som kan forebygges. Romluft entrer hver gang hysteroskopet føres inn, så dette må begrenses så langt det lar seg gjøre. CO₂-gass skal ikke benyttes for å dilatere livmoren, da det kan øke risikoen for gassemboliutvikling. De etterspør retningslinjer for forebygging, identifisering og tiltak (s. 749-756).

Situational awareness and strict adherence to certain principles including understanding the conditions, prerequisites, and pathophysiology of VGE; attention to surgical principles and operative technique; close communication with the anesthesiologist; and early therapeutic intervention are of paramount importance to avoid this rare but potentially serious complication (Vilos et al., 2020, s. 748).

Resultatene som er fremtredende ved forebyggende tiltak viser bl.a. til viktigheten av at hele operasjonsteamet har kunnskap om gassemboli som komplikasjon. Å ha kunnskap på hva gassemboli er, samt patofysiologien rundt utviklingen av gassemboli, og hvordan det affiserer kroppens organer er viktig for å forstå hva slags symptomer det frembringer og hvordan disse kan tolkes på både apparatene man bruker, men også pasientens klinikk. Økt kunnskap rundt konsekvensene gassemboli medfører gir både økt beredskap og bedre håndtering hvis det først oppstår.

9.4 Tidlige symptomer på gassemboli og hvordan de har blitt identifisert

Alle de inkluderte studier har brukt overvåknings- og monitoreringsutstyr som er normalt å bruke ved et operativt inngrep. Blodtrykksmålere, hjerteovervåkning, og saturasjonsmålere. Det er ikke beskrevet i noen studier om de har brukt tre-avlednings EKG, eller 5 avlednings EKG, men vanligvis brukes førstnevnte. Der luftveiene sikres og koples til anesthesiapparatet, får en bl.a. opp EtcO₂ verdier, oksygenverdier, respirasjonsfrekvens, tidalvolum og luftveistrykk.

9.4.1 Fall i respiratoriske parametere som tidlig symptom på gassemboli

Amirghofran et al., (2016, s. 198-199) beskriver en 32 år gammel kvinne, ASA 1, som gjennomførte et hysteroskopisk inngrep og utviklet gassemboli. Første symptom er saturasjonsfall fra 98 til 70% på ett minutt. Ettersom det ble observert luftbobler i væsken som ble brukt under inngrepet, ble gassemboli raskt mistenkt som årsak og tidlig identifisert.

Bradykardi med en hjertefrekvens på 30 oppstod, og saturasjonen falt ned til 40 % selv om 100% oksygen ble gitt, og systolisk blodtrykk falt fra 130 mmHg til 80 mmHg. Det ble satt inn tiltak med medikamenter og leiring for å forsøke å opprettholde normal sirkulasjon og respirasjon. Pasienten blir stabil nok til å legges over på ECMO (hjerte-lunge-maskin). Hun ble skrevet ut 1 måned etter uten sekveler.

Hong et al., (2020, s. 282) beskriver liknende symptomdebut. En 57 år gammel kvinne, ukjent ASA gjennomgikk elektiv hysteroskopi. 40 minutter etter start, falt saturasjonen fra 100 til 97%. EtCO₂ verdien falt fra 4,6 kPa til 3,5 kPa, og blodtrykket fra 122 mmHg til 87 mmHg systolisk. Etersom dette ikke var et dramatiske fall, og besluttet de å fortsette. Gasseboli ble mistenkt, så hun ble ventilert med 100% oksygen. EtcO₂ falt ytterligere til 2,7 Kpa. Ekkokardiografi viste luftbobler i alle hjertekaviteter, men både blodtrykk, puls og respirasjon forholdt seg stabilt. Operasjonen ble derfor avsluttet, og pasienten ble vekket uten noen form for sekvele.

9.4.2 Fall i sirkulatoriske parametre som tidlig symptom på gasseboli

Singh et al., (2014, s. 468-469) presenterer 2 caser. **Case 1** er en 28 år gammel kvinne, ASA 1. Hun er selv pustende og sedert under det hysteroskopiske inngrepet. Kort tid etter start, får pasienten plutselig pulsløs elektrisk aktivitet på EKG (PEA).EtcO₂, saturasjon og blodtrykk er ikke målbart. Tiltak iverksettes, men pasienten døde. **Case 2** er en 35 år gammel kvinne, ASA 1 som får generell anestesi under elektiv hysteroskopi. 30 minutter inn i inngrepet faller EtcO₂ og saturasjon. Blodtrykket er ikke målbart. Gasseboli blir raskt mistenkt. Pasienten legges i Durants manøver, får innlagt et sentralt venekateter og det evakueres ut 100 ml luft fra sirkulasjonen. Medikamentelle tiltak blir utført for å opprettholde sirkulasjonen, og pasienten overføres til intensivavdelingen. Pasienten vekkes 24 timer senere uten noen sekveler. Operatørene innrømmer i ettertid å ha observert flere luftbobler i hysteroskopet som de ikke evakuerte.

Xu et al., (2019, s. 35-38) beskriver én case. En kvinne gjennomgår elektiv hysteroskopi. Hun utvikler hjertestans grunnet VGE. Det startet med fall i EtCO₂ (4,3 - 3,2 kPa) og lett fall i SpO₂ (100-96 %). EKG viste hyppige ventrikulære ekstrasystoler (VES) og murrende lyd

hørtes over hjertet ved auskultering. VGE blir mistenkt. Tiltak iverksettes. Hun flyttes til intensiv og ekstuberes 10 dager senere. Etter 1 måned skrives hun ut i sin habituelle tilstand.

Storm et al., (2017, s. 140-141) forteller om 3 caser, her omtaler vi 2 av dem; **Case 1** er en frisk kvinne som gjennomgår hysteroskopi. Kort tid etter inngrepet får pasienten plutselig fall i ETCO₂, SpO₂ og økte luftveistrykk. Dette skjer etter oppstartsproblemer med hysteroskopet. Operasjonen blir ikke pauset eller avsluttet. Hun utvikler cyanose, pulsløs elektrisk aktivitet og ventrikkelflimmer på EKG. Etter 9 minutt oppnås ROSC, men pasienten dør etter et par timer med intensivbehandling. Det er uklart hvorvidt teamet identifiserte forandringene som VGE underveis. I **Case 2** oppstår luftemboli 10 minutter etter operasjonsstart. EtCO₂ faller drastisk fra 5,0 -1,0 kPa, Spo₂ faller til 60 % og cyanose utvikles. Luftveistrykk stiger, og pasienten blir bradykard og hypotensiv. Tiltak iverksettes. Hun vekkes uten nevrologisk sekvele. Den siste casen fra Storm gjør rede for en kvinne med ukjent ASA. Her rapporteres det også om oppstartsproblemer med hysteroskopet. Over 5- 7 minutt faller EtCO₂ fra 4,5 - 0,8 kPa. SpO₂ måles til 30 %. Pasienten utvikler pulsløs elektrisk aktivitet på EKG, men ROSC oppnås etter hjerte-lunge redning. Hun krever ekstern pacing og flyttes videre til intensiv. Blir ekstubert etter 9 dager, og skrives ut til rehabilitering på grunn av alvorlig nevrologisk sekvele.

Verma et al., (2018, s. 103-104) belyser 3 caser av gassemboli under hysteroskopi for å fremme alvorligheten av denne komplikasjonen. Alle kvinnene var i 30-årene. Alle pasienter utvikler dramatisk fall i EtCO₂ og metning. **Case 1** blir også hypotensiv og bradykard. **Case 2** utspilles på samme måte, bortsett fra at hjerterefrekvensen øker. **Case 3** fikk rask diagnosen VGE grunnet fall i EtCO₂, SpO₂ og murrende lyd over hjertet ved auskultering. Det ble iverksatt variende tiltak. Alle ble skrevet ut uten sekvele.

9.4.3 EKG forandringer ved gassemboli

Guo et al., (2021, s. 2-3) presenterer 3 caser som alle viser endringer på EKG som ett av de første symptomene på gassemboli. I **Case 1** opptrer fall i EtcO₂ til 1,7 Kpa. Blodtrykket fluktuerer fra 86/40 mmHg til 195/95 mmHg. Pulsfrekvensen likeens med verdier fra 140 til 40/minutt. EKG viser store ST elevasjoner forenlig med hjerteinfarkt. Det blir utført medikamentelle tiltak, samt at pasientens leie endres. Pasienten blir overført til intensivavdeling og tilstanden forverres dramatisk. Pasienten får trykkammerbehandling blir

skrevet ut av sykehuset med skade på begge øyenerver. Det kom frem senere at operatør hadde, ved en feil, satt 230 ml luft inn i livmors-kaviteten.

Case 2 mottar ikke generell anestesi, men er selvpustende under et hysteroskopisk inngrep. 15 minutter inn i operasjonen blir pasienten kortpustet, saturasjonen faller fra 100 til 88%, og det høres rallende lungelyder over begge lunger. Anestesipersonalet konverterer til generell anestesi, og saturasjonen stabiliseres. EKG viser ST-depresjoner forenlig med iskemi i hjertet. Ekkokardiografi viste luftembolier i begge hjertekamre, og luftemboli diagnosen ble satt. Hun mottok trykkammerbehandling som primærbehandling, og ble skrevet ut 5 dager senere uten sekvele (Guo, 2021, s. 3-4). **Case 3** er selvpustende under et gastrokopisk inngrep. 25 minutter inn i inngrepet, faller saturasjonen fra 100 til 76%. Blodtrykk og puls var også her svært fluktuerende. Blodtrykket gikk fra 220/110 mmHg til 62/34 mmHg, og pulsfrekvensen på EKG ned til 30/minutt. Anestesipersonalet satte inn tiltak for å opprettholde sirkulasjon, intuberte pasienten og konverterte til generell anestesi. Pasienten forblir ustabil, og det utføres kortvarig HLR da EKG viser manglende puls. En transøsofagal-ekkokardiografi utføres som viser store mengder luft i pulmonalarterier, lever-venenen og alle hjertekamre. Pasienten mottar intensivavdelingen grunnet hemodynamisk ustabilitet, men utviklet multiorgansvikt og dør 2 dager postoperativt (Guo et al., 2021, s. 4).

Sabsovich et al., (2012, s. 481-482) sin studie presenterer tre caser, hvor alle pasientene får generell anestesi eller sedasjon. **Case 1** er en 53 år gammel kvinne, ASA 1. Etter 30 minutter faller EtcO₂ fra 6,3 til 2,9 kPa. Saturasjon faller fra 97 til 85%. EKG viser T inversjoner forenlig med nedsatt blodtilførsel til hjertet. VGE blir raskt diagnostisert, etter å ha ekskludert andre årsaker. Operasjonen avsluttes. Pasientens vitalia stabiliseres, og pasienten vekkes uten sekvele. **Case 2** er en 46 år gammel kvinne, ASA 2. Etter 20 minutter faller EtcO₂ kraftig fra 4,5 til 1,3 kPa og saturasjon faller fra 100 til 90%. EKG viser T inversjoner og ST depresjon forenlig med iskemi i hjertet, samt ventrikulære ekstrasystoler. Operasjonen avsluttes, og pasienten vekkes uten sekveler. **Case 3** er en 46 år gammel kvinne, ASA 2. Hun holdes selvpustende og sedert under inngrepet. Mot inngrepets avslutning faller EtcO₂ fra 5,3 til 1,4 kPa, og saturasjonen faller til 70%. Pulsfrekvens og blodtrykk fluktuerer voldsomt. EKG viser ventrikulære ekstrasystoler. Tiltak iverksettes. Hun blir økende ustabil og overføres til intensivavdeling.

9.4.4 Ulike symptombilder på gassemboli

Liu et al., (2017, s. 751-753) publiserte en kvantitativ primærundersøkelse i 2017. De samlet 120 friske kvinner som skulle gjennomgå elektiv hysteroskopi. De undersøkte forekomsten ved hjelp av doppler ultralyd og tolket symptomene som oppstod underveis. Noen av dem fikk regional anestesi og kunne oppgi symptomer som kortpustethet, forhøyet respirasjonsfrekvens, angst og forhøyet puls. Når det gjelder vitale parametere ga de ulik behandling i forhold til indikasjon. Kun to av pasientene i undersøkelsen fikk fall i EtCO₂ og SpO₂. Dette løste seg uten behov for tiltak. De fleste hadde ingen hemodynamisk forandring av betydning, men noen fikk hjertefrekvens opptil 140. Andre fikk redusert cardiac output etterfulgt av bradykardi.

Resultatene fra caser der VGE gir hemodynamisk forandring har gjennomgående likhetstrekk med tanke på identifiserende symptomer. I nesten mange studier ser man et fall i EtCO₂ og metning som første symptom. Forhøyet luftveistrykk på anesthesiapparatet kan forekomme, mest sannsynlig fordi det blir en obstruksjon i luftveiene som derav fører til økt luftveistrykk. I de fleste tilfeller faller blodtrykk og puls, men det kan også øke. Fluktuerende vitalia med svingende hemodynamikk har vært gjennomgående. EKG forandringer i form av iskemi eller arytmier forekommer i alle 22 casene i de 9 casestudiene. Noen tilfeller var forbigående andre var vedvarende. Årvåkenhet er svært viktig hos anestesisykepleier, slik at subtile og tidlige tegn på gassemboli raskt kan identifiseres.

9.5 Behandling av gassemboli under hysteroskopi

9.5.1 Respiratoriske tiltak og behandling

Storm et al., (2017, s. 143) beskriver tydelige anestetiske tiltak ved mistanke om utviklingen av gassemboli. Hvis symptomer på gassemboli oppstår, skal kirurg informeres om mistanke, og operasjonen pauses eller avsluttes umiddelbart. Videre er det anbefalt å ventilere pasienten med 100% oksygen. Dette tiltaket beskrives i *alle* våre inkluderte studier som ett av de første som må iverksettes. Høy fraksjon av oksygen vil skylle ut nitrogenet fra oksygenet, derav kunne minimere gassembolien, og kan også hjelpe å eliminere dem. Ytterligere tiltak som ble iverksatt etter hendelsene med gassembolier i studien, er at anestesipersonalet øker den nedre alarm-grensen for EtCO₂ på anesthesiapparatet til kun 0,5 kPa under pasientens utgangsmåling

på EtCO₂. Hvis alarmeren trigges, informeres kirurg om dette- og operasjonen pauses til EtCO₂ returnerer til normalverdi. Grunnen til at dette gjøres er fordi selv små obstruksjoner av blodtilførsel til lungene (som en emboli vil gi) vil medføre fall i ETCO₂ samt gi økte luftveistrykk- selv før de første sirkulatoriske endringene oppstår. Sekundært vil være et fall i saturasjon med påfølgende alvorlig hypoksi. Også Xu et al., (2019, s. 38) beskriver at anestesipersonalet bør være svært oppmerksomme hvis ETCO₂ faller mer enn 0,5 mmHg. Et fall i dette parametre var ett av de tidligste tegnene ved gassemboli i deres studier- selv før endringer i blodtrykk og puls ble registrert.

Rapid recognition of this complication such as a sudden fall in EtCO₂ and immediate interventions of proper treatment is required to provide adequate patient care. The importance of these interventions in a successful management of these situations must not go unnoticed, especially in primary hospitals. If facilities are available, use of advanced monitoring such as echocardiography and hyperbaric oxygen therapy can be effective, but not necessary (Xu et al., 2019, s. 39).

9.5.2 Sirkulatoriske tiltak og behandling

Alle studiene våre nevner viktigheten av å opprettholde sirkulasjon som et umiddelbart tiltak ved gassemboli. Guo et al., (2021) og Xu et al., (2019) beskriver grundig viktigheten av å opprettholde sirkulasjonen ved hjelp av medikamenter og/eller infusjoner av væske og kolloider for å opprettholde adekvat sirkulasjon. I studiene til Sabsovich et al., (2012), Singh et al., (2014) og Storm et al., (2017) har hjertestans oppstått kort tid etter ustabil sirkulasjon, tross at medikamenter har blitt gitt. I alle studier som vi har inkludert har pasientene fått ustabil sirkulasjon, enten forbigående eller persisterende. Rytmeforstyrrelser har også oppstått i alle studier (tegn på iskemi, infarkt, eller dødelige rytmeforstyrrelser).

9.5.3 Durants manøver- leiring som behandling

Etter hendelsene som studien til Storm et al., (2017, s. 143) belyste, er nå alle pasienter som skal gjennomgå hysteroskopi leiret i en lett *reversert* Trendelburg stilling, dvs. at pasientene er tippet litt opp med hodet; dette for å minimere risikoen for emboli-dannelse. Både Liu et

al., (2017), Singh et al., (2014), Amirghofran et al., (2016), og Verma et al., (2018) beskriver at pasientene ble og *bør* legges i venstre sideleie som et akutt tiltak ved mistenkt gassemboli, slik at høyre kroppshalvdel er høyest; dette for å forhindre at luft akkumuleres i høyre hjertehalvdel og går videre til lungekretsløpet. Også kalt Durants Manøver.

9.5.4 Ekkokardiografi for å diagnostisere gassemboli

Singh et al., (2014) har gjennom sin case-studie laget en praktisk guideline for tiltak og behandling ved mistenkt gassemboli, og anbefaler at alle operasjonsavdelinger som gjennomfører hysteroskopier bør ha det samme (s. 469). Foruten de forebyggende tiltakene, er ekkokardiografi trukket frem som et av de mest effektive diagnostiske verktøyene ved mistanke om gassemboli, og som bør gjennomføres så raskt så mulig. Flere av våre andre inkluderte studier bruker denne undersøkelsen som deteksjonsmetode. Guo et al., (2021) beskriver undersøkelsen som en "gullstandard" for deteksjon av venøs gassemboli, og så lite som 0,5 ml luft kan oppdages (s. 4). Årsaken til at denne undersøkelsen anses som effektiv, er fordi den er non-invasiv og rask gjennomførbar. Undersøkelsen bidrar til å utelukke andre årsaker til endringene i vitalia, og sette i gang videre tiltak for å eliminere gassemboliene. Storm et al., (2017) beskriver hvordan de har planer om å iverksette enten ekkokardiografisk undersøkelse eller transøsofagal undersøkelse som ett av de første tiltakene hvis de mistenker gassemboli ved sin operasjonsavdeling igjen. Xu et al., (2019) sin studie nevner også muligheten for at ikke alle operasjonsavdelinger har kardiologisk ultralyd, men da kan bruke Doppler ultralyd som diagnostisk verktøy.

9.5.6 Trykkammer som behandling ved gassemboli

Flere studier trekker frem mer avanserte tiltak for å håndtere gassembolier. Storm et al (2017), Xu et al (2019) og Guo et al (2021) trekker alle frem trykkammerbehandling som tiltak hos pasienter med kritisk dårlig hemodynamikk og som er cerebralt påvirket grunnet gassemboli. Behandlingen er med på å øke oksygeneringen i kroppens vev, og redusere de iskemiske skadene som gassembolier gir. Trykket fører også til en reduksjon av størrelsen på embolien, og gjør det mulig å eliminere dem. Behandlingen bidrar også til å minske cerebrale ødem, reduserer dannelsen av blodpropper, og dannelsen av frie radikaler (Guo et al., 2021, s. 5). Med andre ord er det en behandling som beskrives å ha reddet flere liv. Dette tiltaket bør isåfall settes i gang så raskt så mulig. C2.1 og C2.2 (Tabell 2, s. 27) mottar trykkammerbehandling. Én pasient utviklet gassemboli under et rutineinngrep, noe som resulterte i alvorlig hjerneødem og koma. Tilstanden ble beskrevet som kritisk. Pasienten mottok 43 trykkammerbehandlinger iløpet av 2 måneder, og etter hver behandling bedret tilstanden seg med økte tilbakevendende reflekser, økt muskeltonus, og reduksjon av hjerneødem. Dette i tillegg til intensivbehandling. Etter 2 måneder ble pasienten skrevet ut uten sekveler. Pasient nummer to utviklet også gassembolier- denne gangen i alle hjertekamre og ble kritisk ustabil. Pasienten fikk trykkammerbehandling innen kort tid, ble hemodynamisk stabil og kunne skrives ut 5 dager senere uten sekveler (s.3-4).

Once air embolism is considered, echocardiography should be performed immediately, imaging results should be preserved, effective respiratory and circulatory support should be maintained, and hyperbaric oxygen therapy should be given as soon as possible (Guo et al., 2021, s. 5).

9.5.7 Sentralt venekateter og ECMO behandling som tiltak for å evakuere ut luft fra sirkulasjonen

Studiene til Singh et al (2014); Amirghofran et al (2016) og Xu et al (2019) beskriver innleggelse av sentralt venekateter som et behandlingsalternativ ved mistanke om gassemboli. Dette gjør det mulig å aspirere ut luft fra sirkulasjonen. Dette bør gjøres så raskt så mulig, og studien til Amirghofran et al (2016) nevner at dette ikke vil anses som effektivt hvis det gjøres for sent i forløpet (s. 199). Xu et al., (2019) støtter dette i sin studie, som beskriver innsetting av sentralt venekateter som et tiltak som kan forsøkes for å evakuere ut luft, men at dette bør gjøres tidlig. I sin studie (Tabell 2, s. 27, C10.1) utviklet en pasient som gjennomgikk hysteroskopi gassemboli med påfølgende hjertestans. Her ble det lagt inn et sentralt venekateter, og de klarte å aspirere ut 0,5 ml med skummet gass fra pasientens sirkulasjon først etter 3 forsøk. Det ble beskrevet som ‘noe hjelpsomt’ i diagnostikken mot venøs gassemboli, men samtidig også mindre effektivt enn forventet da det ble gjort over 30 minutter etter hjertestansen oppstod (s. 36). Singh et al (C6.2) aspirerte ut 100 ml og luft fra en sentral vene hos pasienten i svært tidlig stadie hvor det ble mistenkt gassemboli, og hvor pasientens sirkulasjon var ustabil. Kort tid etter aspirering og administrering av legemidler ble pasienten helt hemodynamisk stabil. Totalt beskriver 3 caser (C1.1, C6.2, og C10.1) evakuering av luft fra sirkulasjonen via CVK.

Amirghofran et al., (2016) beskriver i sin studie (C1.1) at pasienten ble tilkopleet en hjerte-lungemaskin etter evakuering av luft via CVK ikke stabiliserte pasienten. Dette for å videre forsøke å evakuere ut luft fra sirkulasjonen. ‘Massive’ mengder luft ble beskrevet evakuert ut, og pasientens hemodynamikk stabiliserte seg kort tid etter. Totalt sett fikk fire pasienter ECMO behandling. Casen som beskrives ovenfor ble skrevet ut i sin normale tilstand. To av pasientene dør (C2.3 & C6.1), og én pasient skrives ut med store nevrologiske sekveler (C7.3).

Resultatene fra studiene våre inkluderer flere behandlingsalternativer som kan være med på å svare på problemstillingen vår, herunder hvordan anestesisykepleier kan behandle gassemboli. Samlet sett sier studiene det samme: Å alarmere kirurg og operasjonsteamet om mistanken om gassemboli er avgjørende for å få pauset eller avsluttet inngrepet, og hindre ytterligere absorpsjon av gass. Samtidig får en også flere hender til å hjelpe seg under en mulig akutsituasjon. En sikrer luftveiene og administrerer 100% oksygen. Sirkulasjonen opprettholdes ved hjelp av medikamenter og/eller væske. Leie bør endres. Doppler ultralyd

eller ekkokardiografisk undersøkelse kan brukes for å diagnostisere. Evakuere ut luft fra sirkulasjonen kan være livreddende behandling.

10.0 Diskusjon

I denne delen av oppgaven drøftes relevante resultater til problemstillingen som omhandler forebygging, identifisering og behandling av venøs gassemboli ved hysteroskopi.

Casene som er inkludert viser et bredt spekter av pasienter som gjennomgår elektive inngrep hvor gassemboli oppstår. Pasientene har ulik ASA klassifisering, men hovedandelen er friske pasienter uten betydelige underliggende sykdommer. Forskningen til Liu et al., (2017) viser høye tall knyttet til et så rutinemessig inngrep- og trolig er forekomsten av gassemboli underrapportert, og mørketallene store. Basert på forskningen som er lest oppleves det desto mer underlig at et jevnt fokus, prosedyre og standardisert behandling ikke per i dag selvfølgelig på norske sykehus. Det finnes andre sjeldne og fatale per-operative komplikasjoner som har klar handlingsberedskap, fordi en viktig del av jobben til en anestesisykepleier er å være i forkant av komplikasjoner. Det er ønskelig at denne oppgaven vil forberede anestesisykepleiere på denne ikke så sjeldne komplikasjonen.

10.1 Forebygging av gassemboli

10.1.1 Leiring som forbyggende tiltak

Ulike forbyggende tiltak er omtalt via de inkluderte studiene. Deriblant er leiring et tema som ofte adresseres, men praktiseres ulikt. Leiring av pasienten kan brukes som et forebyggende tiltak mot gassemboli. Flere av de inkluderte studiene oppgir at leiring bidrar til å redusere risikoen for gassemboli under hysteroskopi (Liu et al., 2017, s. 743; Singh et al., 2014, s. 469). I de inkluderte studiene ses det store variasjoner i hvordan pasientene leires i forkant av inngrepet. I 3 av studiene (Hong et al., 2020; Sabsovich et al., 2012; Singh et al., 2014) ligger pasienten i Trendelenburgs leie (med hodet lett nedover) ved start, for å hindre at en eventuell paradoksal luftemboli skal bli cerebral. Andre studier forteller at det er viktig å legge pasienten med hode lett *hevet* før operasjonen starter. Begrunnelsen for dette er at trykket i bekken-venene øker, og dermed øker motstanden som luften i livmoren treffer om en vene skades under hysteroskopi. Å leire pasientene med hodet eller overkroppen lett hevet kan dermed hindre passasjen inn i sirkulasjonen (Liu, et al., 2017, s. 743; Storm et al., 2017, s. 140-143).

Det er fysiologi og patofysiologi (sykdomslære) som ligger til grunn for de ulike stillingene som beskrives. Via granskningen som er foretatt i denne oppgaven, kan det fastslås at hvilken stilling som er best egnet for å forebygge gassemboli ved hysteroskopi *ikke* er forsket på. Men luftens bevegelse i kroppen påvirkes av pasientenes stilling. Venene består av et væskefylt miljø (blod), derfor vil det være hensiktsmessig å ha overkroppen hevet ved inngrepets start. Da vil mer væske distribueres i abdomen, og her vil trykket øke. Når trykket i abdomen øker, får gassemboliene større motstand, og dette kan hindre at gassemboliene entrer sirkulasjonen dersom vener skades (Liu et al., 2017, s. 743). Man kan også argumentere for å ha hodet tippet *nedover*. Da vil hodet ligge lavere enn overkroppen, og luften (som transporteres oppover) vil trolig ikke ta veien fra hjertet og opp til hodet like lett. Luften vil heller dra videre til det store kretsløpet. Dette kan hindre at en eventuell paradoksal gassemboli vandrer til hjernen og medfører hjerneslag (Ericson & Ericson, 2012, s. 243). Dersom venøs gassemboli mistenkes, er hensikten med å tippe hodet *ned* å hindre at emboliene blir paradoksale, og muligens cerebrale. Ved å benytte Durants manøver med hodet lett tiltet ned samt sideleie mot venstre, kan man fange luften i høyre atrie (fordi høyre atrie vil ligge høyere enn venstre atrie i denne stillingen). På denne måten kan gassembolien forhindres i å bli arterielle og cerebral (Storm et al., 2017, s. 143). Denne stillingen vil være nyttig dersom man mistenker VGE, noe som utdypes videre under diskusjon av behandling av gassemboli.

På den andre siden presenterer Liu et al., (2017) flere caser av gassembolier som kun ga lettere hemodynamisk forandring. I den studien ligger flertallet av pasientene i Lithotomy position (på ryggen med bena opp). Da utfallene i denne studien er gode kan det anses som et motargument for å leire pasientene med hode lett hevet, men det er ønskelig å problematisere at svært mange andre forbyggende tiltak ble iverksatt i Liu et al., (2017) sin undersøkelse. For eksempel: Pasientene var en homogen gruppe av friske kvinner som fikk vaginal tablett (Misoprostol) for å hindre sår dannelse i slimhinnen 2 timer før operasjonen oppstart. Det finnes ingen forskning som kan fortelle om denne vaginale tabletten bidrar til å forbygge VGE under hysteroskopi. Det ble i tillegg benyttet lavt trykk på instrumentet, slik at luften som kom inn i livmorhulen ikke oversteg venetrykket. De evakuerte ut all luft fra hysteroskopet før oppstart, og instrumentet ble ikke tatt ut av livmoren før operasjonen var ferdig. Så på den ene siden kan man si at det gikk bra å ligge flatt på ryggen, på den andre siden er det flere faktorer som spiller inn, og det kan ikke sies akkurat hvilket tiltak som gjorde at hendelsesforløpene ble så fredelige (s. 751-753).

Forskningen viser at det er uvisst hvilket leie som best forebygger venøs gassemboli under hysteroskopi. De inkluderte studiene viser at leiringen praktiseres ulikt, og dette oppleves forvirrende. Men etter gransking er det mest logisk at overkroppen skal være lett *hevet* når operasjonen starter som et forebyggende tiltak. Dette for å bruke venetrykket til å motarbeide at luftembolier entrer sirkulasjonen. Dersom tegn på venøs gassemboli oppstår, kan man med fordel tilte hode lett *nedover* for å forhindre at en allerede eksisterende venøs gassemboli blir paradoksal og reiser til hjernen. Ved større hemodynamiske forandringer kan man i tillegg utøve Durants manøver.

10.1.2 Unngå å tilføre luft i livmoren

Flere caser beskriver hvordan operatøren har innrømmet å ha sett luft i hysteroskopet eller å ha hatt oppstartsproblemer med utstyret i forkant av en VGE hendelse (Tabell 2, s. 27: C1.1, C6.2, C7.1, C7.3, C9.2). Det er viktig at luft evakueres fra hysteroskop-settet før oppstart, samt fjernes dersom det oppdages underveis. En mulig årsak til at dette har forekommet er at teamet ikke har forstått alvorlighetsgraden av VGE som komplikasjon (Singh et al., 2014, s. 469-470).

10.1.3 Adekvat monitorering og målingenes betydning for forebygging av VGE

I alle studiene er det benyttet monitorering som er etter kravene til «norsk standard for anestesi». Det innebærer blodtrykksmåling, EKG registrering og saturasjonsmåler (ALNSF, 2016, s. 4). Hvis pasienten er intubert, får man også opp ETCO₂ på anestesiapparatet. Monitorering er en helt essensiell bit av forebygging når det gjelder å detektere gassemboli. Noe videre behov for overvåkning er ikke nødvendig. Gjennom de inkluderte studiene er det fremtredende at fall i ETCO₂ er ett av de tidligste symptomene ved gassemboli (Tabell 2. s. 27: C2.1, C5.1, C5.2, C7.1, C7.2, C7.3, C8.1, C8.2, C8.3, C.10.1). Når pasientene er i narkose og har luftveiene sikret vil ETCO₂- målingen komme automatisk opp på anestesiapparatet. Da vil det være enkelt for anestesisykepleier å se endringer på EtCO₂- verdien. Men hvis pasienten er sedert under inngrepet, er pasienten selvpustende, og da vil EtCO₂ målingen ikke bli registrert. Anestesipersonalet må da være observant på andre tegn til obstruksjon i luftveiene, eksempelvis dyspné (tungpustethet), fall i oksygenmetning, eller at pasienten er våken nok til å kunne uttrykke tungpustethet (Liu et al., 2017, s. 751-753). På den andre siden kan dyspné være vanskelig å detektere hvis pasienten er i dyp sedasjon, fordi medikamentene som benyttes nedsetter respirasjonsfrekvensen og ofte gjøre den lavere enn

normalt. Om EtC02 ikke måles vil Sp02 være den rutinemessige målingen som forteller om oksygeneringsforholdene. Derfor kan et forebyggende tiltak være å kople til en kapnograf på oksygenmaske eller brillekateter. Kapnografen er liten i størrelse, og enkel å kople til maske og brillekateter. Den registrerer EtC02 fra luften pasienten puster ut, og er et enkelt forebyggende tiltak som anestesisykepleier kan gjøre for å få tidlig indikasjon på at noe obstruerer luftveiene, eksempelvis gassemboli. Hvis pasientenes EtC02 måles, kan et forebyggende tiltak være å skru *opp* alarm-grensen på EtC02. Det kan gjøres på anesthesiapparatet. Hvis alarm-grensen er noe høyere enn tidligere, vil det alarmere raskere på fall i ETC02 enn hvis den er satt på en lavere grense. Storm et al., (2017) har iverksatt dette som forebyggende tiltak i forkant av hysteroskopier etter hendelsene med gassemboli. (s. 749-756).

På den andre siden tolkes det ut ifra casestudiene at personalets evne til å lese hva målingene forteller dem varierer. Adekvat monitorering er på plass, så målingene har blitt sett. Tolkningen har sitt opphav i variasjoner som ses ved hvilke tiltak som ble iverksatt, samt *når* disse ble iverksatt. For eksempel Singh et al., (2014) sin case 1. Pasienten får plutselig PEA (hjertestans) og pasienten dør. Det forklares som at komplikasjonen oppdages ved PEA, og EtC02, Sp02 og BT var ikke målbart (s. 468-469). I dette tilfellet har sannsynligvis (basert på alle andre caser) parameterne falt og EKG avlesningen forandret seg før hjertestans oppstod. Men de har ikke bemerket det. I Sabovich (2012) sin første case faller Etc02 fra 6,3 kPa – 2,9 kPa og Sp02 faller fra 97%-85%. De mistenker VGE; pauser operasjonen til parameterne stabiliseres seg. Deretter fullføres operasjonen og pasienten vekkes uten sekveler (s. 481).

Dersom kunnskapen omkring hva slags symptomer gassemboli gir er dårlig, vil ikke anestesipersonalet forstå at endringene i målingene kan komme av gassemboli. Hvis anestesisykepleiere ikke har kunnskaper nok rundt en komplikasjon, vil det også være vanskelig å sette inn forebyggende tiltak. Eksempelvis stiller vi oss kritiske til at enkelte studier benytter lystgass i forbindelse med hysteroskopi (Singh et al., 2016, s. 469). Lystgass er kjent for å utvide luft-fylte hulrom og kan dermed øke størrelsen på venøse gassembolier (Næss & Strand, 2011, s. 163). Dette er lite hensiktsmessig. Dersom anestesisykepleieren ikke vet at lystgass kan øke risikoen for at en eventuell gassemboli blir større, kan hun/han heller ikke motargumentere dersom lystgass forespeiles som ønsket anestesimiddel.

10.1.4 Standardisert prosedyre som forebyggende tiltak

Et annet forbyggende tiltak som kommer frem, er standardisert prosedyre. En standardisert prosedyre etterlyses av flere (Singh et al, 2014, s. 469; Liu et al., 2017, s. 749-756). Det vil kunne øke kunnskapen om forebygging, identifisering og behandling, og kan være ett av de viktigste forebyggende tiltakene man kan implementere for å redusere risikoen for gassemboli. Hvis alle i operasjonsteamet er oppmerksomme rundt risikoen, vet hvordan de kan forebygge og behandle den, vil alle være mer forberedt. Og hvis tilstanden til pasienten blir kritisk, er gode forberedelser nøkkelen til adekvat handlekraft (Singh et al, 2014, s. 469).

10.2 Tidlige symptomer på gassemboli og hvordan identifisere disse

Mekanismene bak gassemboli er komplekse, og består av flere faktorer. Luft kan via rifter i slimhinnen eller via trykk bli absorbert av sirkulasjonen, og fraktes med venøs sirkulasjon til hjertet og lunger og gi skader. Hvis pasienten har en PFO eller gassembolien er stor nok, kan den shuntes over i arteriell sirkulasjon, føres til hjernen og gi hjerneslag (Liu et al., 2017, s. 750; Storm et al., 2017). Små volum med luft i det venøse systemet kan utarte seg asymptomatisk, men dette gjelder ikke det arterielle systemet. Her kan små mengder luft som eksempelvis entrer arteriell sirkulasjon via en shunt gi alvorlige organskader.

Komplikasjonen er fatal fordi den altså affiserer kroppens største organer, det gir rask ustabilitet og det kan være vanskelig å skille tegnene på gassemboli med andre tilstander som gir lignende symptomer (lungeemboli, lungeødem, anafylaksi, m.m).

Symptomdebut i alle casene har klare likhetstrekk. Det oppstår fall i EtCO₂ og/eller SpO₂ før puls og BT faller. Fall i EtCO₂ opplyses å være det første tegnet i de alle fleste studiene. I noen tilfeller blir hypoksien så uttalt at pasienten får hjertestans. Hvordan patofysiologien utspiller seg er ikke unikt for tilstanden. Andre diagnoser som eksempelvis slim- plugging og lungeemboli vil kunne gi et lignende symptom-bilde. Feilkilder vil også kunne forårsaket et plutselig fall i EtCO₂. Eksempelvis knekk på slangesett, løs CO₂ måler, full vannfelle, vann i slangen, eller lekkasje (Lunde & Ulfeldt, 2021, s. 171). Det kan ta tid før man retter oppmerksomheten mot den korrekte årsaken og iverksette hensiktsmessige tiltak. Det er helt klart at monitorering er viktig for å kunne identifisere tidlig, men det er usannsynlig at man forstår hva som forårsaker den hemodynamiske ustabiliteten om man ikke har kunnskap om

gassemboli, og symptomene det gir. Gjennom gransking av alle casene ses ulike tilnærminger til å stille diagnosen, og kontrastene er store. Fra Singh et al., (2014) sin case fortelles det om en ung frisk kvinne som uten forvarsel utvikler PEA og dør 45 minutter etter inngrepets start. Gassemboli blir ikke mistenkt før en tid etterpå. Så ikke anestesipersonalet varselstegnene tidlig nok? I casene til Amirghofran et al., (2016) og Guo et al., (2021) ble derimot gassemboli tidlig mistenkt som årsak til pasientens ustabilitet, og tiltak ble hurtig iverksatt.

Liu et al., (2017) sin studie går på en annen side inn for å se etter forekomsten av gassembolier. De rekrutterte kun hjerte- og lunge friske pasienter. Liu bekrefter hvor hyppig luftemboli oppstår, og hadde en plan for ethvert symptom som utviklet seg. Når symptomene på gassemboli startet (og ble identifisert ved hjelp av ultralyd) hadde de ikke behov for å iverksette tiltak for å opprettholde sirkulasjon eller respirasjon, fordi ved å kun pause operasjonen gikk symptomene over av seg selv. Her kunne vi foreslått at alle pasienter burde overvåkes med ekkokardiografi eller doppler ultralyd under inngrepet slik som pasientene i Liu et al (2017) sin studie gjorde, men det vil være utfordrende å forsvare med så mye usikkerhet omkring forekomsten av alvorlig gassemboli. Det vil i tillegg kreve ressurser i form av tid og penger på alle sykehus. Tiltaket ved å pause inngrepet, og se at boblene reduseres eller blir borte, samt at pasientens vitalia normaliserer seg er på den andre siden både enkelt og gjennomførbart. Så om man ikke har mulighet til å se med doppler eller ekko under hver hysteroskopi, da må man kjenne igjen varslene tidlig for å kunne heve stemmen, og be operasjonsteamet stoppe opp en stund. Gjennom forskningen er de første symptomene: Fall i EtCO₂ og saturasjon. Særlig tydelig i flere studier er ustabil blodtrykk og puls, og at EKG viser ST elevasjon og depresjon forenelig med redusert blodgjennomstrømning i hjertemuskulaturen. Et annet forebyggende hjelpemiddel er at anestesisykepleier kan stille inn alarmen på anesthesiapparatet slik at man varsles tidlig dersom EtCO₂ faller. Vi ser at alle studiene har hatt monitorering som er standardisert ved anestesi, og denne monitoreringen vil kunne plukke opp tidligere symptomer ved gassemboli, men for å se tegnene er det essensielt at anestesipersonalet ser etter dem, og vet hva de skal gjøre når de dukker opp.

Flere av studiene (Guo et al., 2021; Hong et al., 2020; Liu et al., 2017; Sabovich et al., 2012; Storm et al., 2017 og Verma et al., 2018) beskriver hvordan de bruker ultralydundersøkelse for å identifisere gassemboli og deretter kunne behandle det. På den ene siden er det fullt mulig å oppdage venøse gassembolier i hjertet ved å bruke diagnostiske verktøy, eksempelvis med TEE eller ekkokardiografi. På den andre siden er ressurskrevende diagnostikk som

krever opplært personell. Det kan også ta tid før man får inn maskinen, koplet opp og startet undersøkelsen i en stresset situasjon. I tillegg skal operasjonsteamet ha snudd pasienten i Durants manøver, noe som kan vanskeliggjøre ekko-undersøkelsen da pasienten ligger på siden og bryst-regionen naturlig nok blir noe ‘klemt sammen’, og gjør at overflaten man skal bruke proben på ikke blir optimal. Når man skal utføre en TEE skal proben føres ned i spiserøret til pasienten, dette kan medføre utfordringer når pasienten er intubert og ligger i sideleie. Da må anestesisykepleier mest sannsynlig kople på en fleksibel kopling mellom tuben og respiratorslangen slik at det ikke blir drag i tuben som kan medføre ufri luftvei. I tillegg må tuben sikres manuelt av anestesisykepleier kontinuerlig under undersøkelsen. Hvis pasienten i tillegg har en sonde nedlagt i spiserøret fra før, må denne trekkes ut for å gjøre plass til proben, og da må en være oppmerksom på at mageinnhold kan flyte opp når sonden ikke er der lenger. I tillegg skal respirasjon og sirkulasjon opprettholdes med eventuelle medikamenter mens undersøkelsen pågår. Dette krever med andre ord flere hender tilgjengelig, og en stor grad av oppmerksomhet og handlingskraft hos anestesisykepleier. En TEE eller ekkokardiografisk undersøkelse kan også ta opp verdifull tid. Dersom pasienten viser tegn på hemodynamisk ustabilitet kan man spør seg om nytteverdien av å benytte tiden på å diagnostisere, da det kan gå på bekostning av når behandlende tiltak iverksettes. Vi mener at dersom pasientens hemodynamiske og respiratoriske status er stabil nok til å kunne ‘vente’ på en TEE eller ekkokardiografisk undersøkelse, så kan dette gjennomføres, med forbehold om at det ikke går ut over pasientens behov for behandling. Hvis pasienten derimot er kritisk ustabil, mener vi at TEE og ekkokardiografi bør vente, da tiden undersøkelsen tar kan gi fatale konsekvenser på livsviktige funksjoner.

10.3 Behandling av gassemboli

Hvis symptomer på gassemboli oppstår, er det flere konkrete tiltak og behandling som anestesisykepleier skal iverksette. Ved mistanke om gassemboli skal kirurg informeres umiddelbart om mistanken, og operasjonen skal enten pauses eller avsluttes. Årsaken er å hindre videre strøm av luftbobler, da strømmen av væske som kan inneholde luft, er den utløsende agens. Anestesisykepleier skal tenke A-B-C-D som ved enhver akutt situasjon (Kolstadbråten & Bjørnstad, 2021, s. 341). En starter derfor ventilering umiddelbart med 100% oksygen, og sikrer luftveiene hvis dette ikke er gjort fra før; enten ved hjelp av kjevetak, ventilere med maske-bag, eller intubere pasienten. Høy fraksjon av oksygen vil

skylle ut nitrogenet fra oksygenet, derav kunne minimere gassembolien, og kan også hjelpe å eliminere dem (Storm et al., 2017, s. 143). Fordi gassemboli fører til alevolært dødrom, og nedsatt perfusjon og ventilasjon av lungevevet vil pasienten raskt bli hypoksisk, både fordi oksygeneringen blir nedsatt, men også fordi opphopningen av CO₂ i blodet vil fortrenge resterende oksygen (Illguth, 2014, s. 20). Som anestesisykepleier er dette viktig å være klar over, da metningen til pasienten initialt kan være normal.

Gassemboli vil også kunne skape sirkulatoriske komplikasjoner. Konsekvensene av å ikke sette inn tiltak ved tegn på ustabil hemodynamikk er i verste fall hjertestans. (Guo et al., 2021, s. 5) beskriver at når luft entrer den venøse sirkulasjonen vil en ofte se sirkulatorisk kollaps med grav hypotensjon og bradykardi. Det vil derfor være nødvendig å gi vasopressorer eller antikolinergika for å holde blodtrykk og puls oppe. Hvis gass derimot entrer venstre hjertehalvdel og går over til arteriell sirkulasjon (f. eks grunnet en shunt) vil det føre til en ekstrem aktivering av det sympatiske nervesystemet, og føre til høyt blodtrykk og takykardi (Guo et al., 2021, s. 5-6). Anestesisykepleier har derfor en viktig oppgave i å administrere legemidler og/eller væske for å opprettholde så normal sirkulasjon så mulig til hver enkelt pasient.

Å leire pasienten optimalt ved mistanke om gassemboli er også et behandlende tiltak. Det oppfattes at det er mye forvirring rundt riktig leie pasienten skal legges i. De ulike studiene har ulik fremgangsmåte når det gjelder leiring i denne situasjonen. Verma & Singh (2018) og Xu et al., (2019) beskriver at Trendelenburgs leie kan lede til negativt trykk i bekken-venene, som kan øke opptaket av gassembolier til sirkulasjonen (s. 104), men de nevner ikke hvordan leiet kan forhindre at gass akkumuleres i hjertet og kan føres videre til hjernen. På den andre siden har studiene til Sabosovich et al., (2012), Hong et al., (2020) og Xu et al., (2019) lagt pasientene sine i Trendelenburgs leie ved mistanke om emboli. Begrunnelsen er at dette vil hindre ytterligere absorpsjon av gass, og forhindre at en allerede eksisterende gassemboli blir arteriell. Sabosovich et al., (2012) og Liu et al (2017) lar pasientene ligge i flatt leie, uten videre begrunnelse for det. Dette er motstridende beskjeder, og gjør det utfordrende for helsepersonell å skille hva som er mest hensiktsmessig.

Etter nøye gransking, har vi kommet frem til at Durants manøver er det mest hensiktsmessige leiet ved gassemboli. Pasienten legges i venstre sideleie med høyre side opp, og hodet tippet lett nedover. Dette gjøres for å forhindre at ytterligere luftbobler akkumuleres i høyre ventrikkel og i verste fall blokkerer hjertets utløpstrakt, noe som kan føre til hjertestans

(Storm et al., 2017, s. 143). Det gjøres også for å forhindre at luftembolien blir paradoksal, dvs går over i arteriell sirkulasjon og føres til hjernen.

10.3.1 Ekkokardiografi

Flere av studiene benytter ekkokardiografi for å bekrefte mistanken om VGE. Det er en konkret måte å stille diagnosen. Samtidig høstes kunnskap om gass emboliens størrelse, mengde, og hvorvidt de er paradoksale (Moriber, 2018, s. 748). Situasjonen er mer alvorlig dersom boblene har entrer vestre side av hjertet da faren for iskemi på vitale organer som hjertet og hjerne er høy. Ved å benytte ekko kan man tryggere vurderer om man skal avvente for å se om boblene løsner av seg selv, eller om evakuering er mest forsvarlig. Men som tidligere diskutert krever ekkokardiografi opplæring. Få leger og sykepleiere kan utføre undersøkelsen, og gjøre korrekte vurderinger. I tillegg er det ikke sikkert at denne kompetansen er tilgjengelig til enhver tid alle plasser. Doppler er enklere å bruke, men man får mindre detaljert fremstilling. Det kan være et alternativ dersom ekko ikke lar seg gjøre. Uansett hva som velges er det av betydning at ikke behandlingen avventer bilde-diagnostikk, da tilstanden raskt kan forverre seg. Når man får et problem under operasjon skal man som anestesisykepleier formidle dette raskt til ansvarlig lege og ringe kollegaer i bakhånd for hjelp. Det blir fort samtidighetskonflikter dersom man skal håndtere A, B, og C problemer alene. Å foreslå for legen at kardiolog skal kontaktes for å utføre ekko, eventuelt benytte doppler, anses som hensiktsmessig for best mulig behandling *hvis* pasienten er stabil nok til dette. I mellomtiden må anestesisykepleieren behandle symptomer samt forebygge forverring.

10.3.2 Trykkammer, CVK, ECMO som behandling av gassemboli

Guo et al., (2021) er den eneste inkluderte studien som beskriver 2 pasient-caser hvor det brukes trykkammerbehandling postoperativt. I begge tilfeller er pasientene svært kritisk ustabile grunnet gassemboli, og blir behandlet på intensivavdeling. Pasientene (C2.1 og C2.2) får begge trykkammerbehandling, og det beskrives at tilstanden bedres i takt med hver behandling. Studien beskriver også at trykkammerbehandling er den mest fordelsaktige behandlingen for å minimere, men også fjerne gassbobler (s. 5). Men trykkammerbehandling gjøres kun på et fåtall sykehus i Norge. Det kan innebære avklaring som tar tid. Samtidig vil muligens transport utsette pasienten for en potensiell påkjenning. Det er flere caser der de

løste/forbedret problemet med enklere midler som evakuering av luft via CVK. CVK er mange anestesipersonell kjent med å etablere. Kompetanse til å utføre denne prosedyren på en trygg måte vil trolig finnes på avdelingen der pasienten befinner seg. Ved å trekke ut blod fra et sentralt venekateter kan man evakuere luft og evt stille diagnosen dersom det ikke er sikkert enda. Det anses som den enkleste måten å fjerne luft og dermed forbedre det totale bilde. Om pasienten krever intensiv behandling viser casene at ECMO også har blitt benyttet for å rense blodet for luft. Resultatene er også her for få til å generalisere noen anbefaling, men i noen tilfeller har pasienter blitt skrevet ut uten sekvele. Dersom man har en preget pasient med sekvele kan trykkammerbehandling potensielt være en like god behandling.

Det finnes til syvende og sist for lite forskning for å kunne si med sikkerhet hvilken behandling som er den beste. Resultatene indikerer at ECMO benyttes hyppigere (Tabell 2, s.27; C1.1, C2.3, C7.1, C7.3) enn hyperbarisk trykkammerbehandling (C2.1, C2.2) og CVK (C1.1, C6.2, C10.1). CVK benyttes alene i case C10.1, hvor pasienten skrives ut etter 1 måned i sin normale tilstand. I case C1.1 evakueres luft først ved å benytte CVK, deretter får pasienten ECMO behandling. Hun skrives ut i sin habituelle tilstand. Den andre pasienten som mottok ECMO har behov for rehabilitering og 2 av pasientene dør. Begge som mottar hyperbarisk trykkammerbehandling skrives ut i sin habituelle tilstand. Vi undrer oss over om ECMO generelt benyttes oftere? Kanskje dette er fordi det er tilgjengelig på flere sykehus enn hyperbarisk trykkammerbehandling, og er mer kjent for mange leger. Det blir gjennom oppgaven tydelig hvor nyttig rapportering av slike hendelser er for videre forskning og økt kunnskap. Vi savner informasjon om hvorfor de velger å behandle på den ene eller den andre måten. Om case-studiene i høyere grad fulgte samme mal ville all hensiktsmessig informasjon blitt adressert. En kvantitativ undersøkelse hadde vært nyttig, men det kan anses som uetisk å påføre mennesker, eller dyr, alvorlig gassembolier for å undersøke hvilken behandling som har best utfall. I Norge har vi trykk-vakt 24 timer i døgnet på Haukeland universitetssykehus (Haukeland Universitetssykehus, 2019) og Ullevål sykehus i Oslo (Nordby, 2018). Det vil si at det er spesialisert personale tilgjengelig døgnet rundt som kan ta imot pasienter som har behov for trykkammerbehandling, enten planlagt eller akutt. Det er viktig at anestesipersonalet vet om dette tilbudet, og håper videre at ansvarlig lege konferer med dem i alle tilfeller av alvorlig gassemboli, for å sikre at det beste alternativet benyttes.

Vi anbefaler at hvert sykehus opparbeider en prosedyre med bakgrunn i tilgjengelige behandlinger, og beslutter hvilken behandling som skal gis først på det aktuelle stedet. Eksempelvis dersom sykehuset har trykkammer tilgjengelig kan det være det første og beste alternativet med bakgrunn i at det er minst invasivt og har vist seg å gi gode resultater hos pasienter med gassemboli.

11.0 Konklusjon

Hvordan kan anestesisykepleier forebygge, identifisere og behandle gassemboli ved hysteroskopi?

Anestesisykepleier kan forebygge risikoen for gassemboli ved å benytte monitorering om er standard for anestesi. Dersom pasienten er sedert er det hensiktsmessig å koble på kapnografi på oksygen maske/brillekateter for å fortsatt få EtCO₂ måling. Pasienten leires med overkroppen lett hevet ved inngrepets start. Anestesisykepleier må være oppmerksom på varseltegnene som gassemboli gir, og forberedt på å handle hensiktsmessig. God kommunikasjon internt i teamet for felles innsats og mål om trygg kirurgi er essensielt.

Forebygge:

- Prosedyre for felles forståelse for hva som skal gjøres dersom VGE mistenkes.
- Adekvat monitorering
- EtCO₂ måler enten på anesthesiapparatet eller kapnograf
- Sette opp alarmgrensen på ETCO₂ på apparatet
- Leire pasienten med lett hevet hodeende ved kirurgistart.
- Være forberedt på gassemboli som komplikasjon
- God kommunikasjon internt i teamet

Identifisere:

- Fall i EtCO₂ og metning. Mulig cyanose.
- Øke luftveistrykk på anesthesiapparatet kan forekomme
- Fluktuerende blodtrykk og puls
- EKG forandringer kan forekomme- ST elevasjon/depresjon som viser iskemi, samt arytmier

Behandle:

1. Alarmere kirurg, anestesilege og team umiddelbart ved mistanke om gassemboli. Pause eller avslutte inngrep.
2. Administrere 100% oksygen.
3. Opprettholde sirkulasjon med medikamenter og væsker
4. Durants manøver
5. Ekkokardiografi/Doppler ultralyd for å diagnostisere.
6. Vurdere innleggelse av sentralt venekateter for å evakuere ut luft
7. Være forberedt på hjertestans, og informere resten av teamet om dette.
8. Transport til intensiv for videre overvåkning, eventuelt videre avansert monitorering, ECMO behandling, undersøkelser som CT, MR, mm.
9. Vurder trykkammerbehandling. Kontakte trykkvakt.

12.0 Implikasjon for videre forskning

Fra de siste ti-årene finnes det lite forskning omkring venøs gassemboli ved hysteroskopi. Det er også en mangel på retningslinjer som er kunnskapsbaserte. Vi håper at denne studien i tillegg til å tette et kunnskapshull, kan bidra til et godt grunnlag til en prosedyre for hvordan anestesisykepleier kan forebygge, identifisere og behandle gassemboli, til de sykehusene som ikke har en slik prosedyre. Det kan bidra til økt trygghet innad i operasjonsteamet, og gjøre anestesisykepleier mer forberedt hvis denne komplikasjonen skulle oppstå.

Anbefalingene som fremkommer, selv i ny forskning, baseres i høy grad på eldre materiale. Kun én studie tar for seg prevalens; Liu, et al., (2017) gir god innsikt, men den utføres kun på lunge- og hjertefriske pasienter, i gruppen ASA-1 og -2. Dette representerer ikke mangfoldet av pasienten som gjennomgår hysteroskopi. Er det for eksempel større fare dersom pasientene er hjerte- og karsyke fra før? Studien vår viser at behovet for videre kvantitativ forskning som undersøker forekomst, symptomer og behandling ved gassemboli vil være nyttig.

Vi mistenker at anestesisykepleierenes kunnskap om venøs gassemboli er svært variert, men for å finne ut hva som praktiseres ved mistanke om gassemboli på operasjonsavdelingen, hadde også en kvalitativ undersøkelse vært interessant. Videre er verdien av case-studier stor. Hvis nye hendelser med gassemboli ved hysteroskopi oppstår, burde dette rapporteres for å kunne generere ny kunnskap.

13.0 Litteraturliste

- ALNSF. (2016). *Norsk standard for anestesi*. Norsk anesthesiologisk forening. Den norske legeförening. <https://www.nsf.no/sites/default/files/inline-images/f99njXla94iCUrYGJrm8qOM6nRwJscUypCJQM9IEb1KJd752LN.pdf>
- Amirghofran, A. A., Nick, N., Amiri, M. & Hemmati, R. (2016). Use of Cardiopulmonary Bypass for Management of Massive Air Embolism During Hysteroscopic Metroplasty. *The journal of extra-corporeal technology*, 48(4), 198-200. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27994261>
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5153307/>
- Aveyard, H. (2019). *Doing a literature review in health and social care : a practical guide* (4th ed. utg.). Open University Press/ McGraw- Hill Education.
- Bekkhus, E. & Halstensen, T.-D. (2021). Væskebehandling og syre-base-balanse. I A.-C. L. Leonardsen (Red.), *Anestesisykepleie* (3 utg. utg., s. 109-119). Cappelen Damm Akademisk.
- Brull, S. J. & Prielipp, R. C. (2017). Vascular air embolism: A silent hazard to patient safety. *J Crit Care*, 42, 255-263. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2017.08.010>
- Contrera, M. A., Patterson, M. & Cushing, R. M. (2018). Anesthesia for Cardiac Surgery. I J. J. Nagelhout & S. Elisha (Red.), *Nurse Anesthesia* (6th. utg., s. 479-523). Elsevier.
- Ericson, E. & Ericson, T. (2012). *Medicinska sjukdomar : patofysiologi, omvårdnad, behandling* (4.uppl. utg.). Studentlitteratur.
- Finjarn, T. J. & Forwald, A. (2021). Preoperativ vurdering. I A.-C. L. Leonardsen (Red.), *Anestesisykepleie* (3 utg. utg., s. 246-255). Cappelen Damm Akademisk.
- Forsberg, C. & Wengström, Y. (2016). *Att göra systematiska litteraturstudier : värdering, analys och presentation av omvårdnadsforskning / Christina Forsberg och Yvonne Wengström* (Bd. 4). Natur Kultur Akademisk.
- Groenman, F. A., Peters, L. W., Rademaker, B. M. & Bakkum, E. A. (2008). Embolism of air and gas in hysteroscopic procedures: pathophysiology and implication for daily practice. *J Minim Invasive Gynecol*, 15(2), 241-247. <https://doi.org/10.1016/j.jmig.2007.10.010>
- Guo, J.-L., Wang, H.-B., Wang, H., Le, Y., He, J., Zheng, X.-Q., Zhang, Z.-H. & Duan, G.-R. (2021). Transesophageal echocardiography detection of air embolism during

- endoscopic surgery and validity of hyperbaric oxygen therapy: Case report. *Medicine*, 100(23), e26304-e26304. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000026304>
- Hagen, G., Huitfeldt, A., & Vandvik, P.O. (2019). *Patent Foramen Ovale lukking, platehemming eller antikoagulasjon for oppfølging av kryptogent hjerneslag* (978-82-8082-993-1). Folkehelseinstituttet. <https://www.fhi.no/publ/2019/patent-foramen-ovale-lukking-platehemming-eller-antikoagulasjon-for-oppfolg/>
- Hatling, D., Høgset, A., Guttormsen, A. B. & Müller, B. (2019). Iatrogenic cerebral gas embolism-A systematic review of case reports. *Acta Anaesthesiol Scand*, 63(2), 154-160. <https://doi.org/10.1111/aas.13260>
- Helsebiblioteket. (2016a). *Kildevalg*. Helsebiblioteket. <https://www.helsebiblioteket.no/kunnskapsbasert-praksis/litteratursok/kildevalg>
- Helsebiblioteket. (2016b). *PICO*. Helsebiblioteket. <https://www.helsebiblioteket.no/kunnskapsbasert-praksis/sporsmalsformulering/pico>
- Helsebiblioteket. (2016c, 3 juni). *Systematisk oversikt*. Helsebiblioteket.no. <https://www.helsebiblioteket.no/kunnskapsbasert-praksis/kritisk-vurdering/systematisk-oversikt>
- Helsedirektoratet. (2016). *Gassemboli ved hysteroskopisk kirurgi* (IS-0586). (Læringsnotat fra Meldeordningen, Issue. https://www.helsedirektoratet.no/laeringsnotat/gassemboli-ved-hysteroskopisk-kirurgi/Gassemboli%20ved%20hysteroskopisk%20kirurgi.pdf/_attachment/inline/e0723e6c-5bf9-459b-bff0-e8c8eead262c:af30f247b188fff44634263a6ec646848e6bbb43/Gassemboli%20ved%20hysteroskopisk%20kirurgi.pdf
- Hong, B., Lee, K. H., Yoo, H. J., Lee, J., Yun, S., Ahn, K. T. & Chung, W. (2020). Unexpected development of intraoperative paradoxical air embolism during hysteroscopic myomectomy. *Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 40(6), 885-886. <https://doi.org/10.1080/01443615.2019.1636777>
- Hyperbaric Oxygen Therapy*. (2022). John Hopkins Medicine. <https://www.hopkinsmedicine.org/health/treatment-tests-and-therapies/hyperbaric-oxygen-therapy>
- Illguth, E., Nordum, F., Grude, O., & Skoglund, D. (2014). Kapnografi: Mer enn bekreftelse på korrekt tubeplassering. *Ambulanseforum* (2), 16-23. <https://ambulanseforum.no/app/uploads/2014/10/Kapnografi-Ambulanseforum.pdf>

- Institute, J. B. (2020). *Critical Appraisal Tools*. The University of Adelaide.
<https://jbi.global/critical-appraisal-tools>
- Johansen, I. H., Blinkenberg, J., Hansen-A, C., & Moen, K (2021). *AHLR- avansert hjerte-lunge-redning*. Legevakt håndboken.
https://lvh.no/naar_det_haster/hjertestans/ahlr_avansert_hjerte-lunge-redning/ahlr_-_avansert_hjerte-lunge-redning
- Kåss, E., & Hem, E. (2020, 10 august 2020). *Sekvele*. Store medisinske leksikon.
<https://sml.snl.no/sekvele>
- Legemiddelhåndbok, N. (2016, 03.01.2019). *Misoprostol*.
<https://www.legemiddelhandboka.no/L15.1.4/Misoprostol>
- Leibowitz, D., Benshalom, N., Kaganov, Y., Rott, D., Hurwitz, A. & Hamani, Y. (2010). The incidence and haemodynamic significance of gas emboli during operative hysteroscopy: a prospective echocardiographic study. *Eur J Echocardiogr*, 11(5), 429-431. <https://doi.org/10.1093/ejehocard/jep232>
- Lekens, A. L. B. (2021). Anestesisykepleie ved laparoskopiske inngrep. I A.-C. L. Leonardsen (Red.), *Anestesisykepleie* (3 utg. utg., s. 368-373). Cappelen Damm Akademisk.
- Leonardsen, A.-C. L., Ødegården, T. & Haugen, A. S. (2021). Forskning og fagutvikling. I A.-C. L. Leonardsen (Red.), *Anestesisykepleie* (3 utg. utg., s. 55-63). Cappelen Damm Akademisk.
- Liu, S. Q., Zhao, S. Z., Li, Z. W., Lv, S. P., Liu, Y. Q. & Li, Y. (2017). Monitoring of Gas Emboli During Hysteroscopic Surgery: A Prospective Study. *J Ultrasound Med*, 36(4), 749-756. <https://doi.org/10.7863/ultra.16.03051>
- Lunde, M. E. & Ulfeldt, A. M. (2021). Overvåkning under anestesi. I A.-C. L. Leonardsen (Red.), *Anestesisykepleie* (3 utg. utg., s. 166-186). Cappelen Damm Akademisk.
- Malterud, K. (2017). *Kvalitative forskningsmetoder for medisin og helsefag* (4. utg. utg.). Universitetsforl.
- Mirski, Marek A., Lele, Abhijit V., Fitzsimmons, L., Toung, Thomas J. K. & Warltier, David C. (2007). Diagnosis and Treatment of Vascular Air Embolism. *Anesthesiology*, 106(1), 164-177. <https://doi.org/10.1097/00000542-200701000-00026>
- Moriber, N. A. (2018). Anesthesia for Laparoscopic Surgery. I J. J. Nagelhout & S. Elisha (Red.), *Nurse Anesthesia* (6th. utg., s. 743-752). Elsevier.

- Nagelhout, J. J., Plaus, K. L. & Nagelhout, J. J. (2014). *Handbook of anesthesia* (5th ed. utg.). Elsevier/Saunders.
- NSF, A. (2016). *Grunnlagsdokument for anestesisykepleiere*. Norsk sykepleierforbund. <https://www.nsf.no/sites/default/files/inline-images/zQCAUnQvcUEpG7XzVJXOgvrSk28s29K0m2gG4EZxhW7s5zspvF.pdf>
- Næss, T. & Strand, T. (2011). Farmakologi- forståelse og klinisk utøvelse. I I. L. Hovind (Red.), *Anestesisykepleie* (2 utg., s. 151-193).
- Raknes, M. T., Bodin, A & Leonardsen, A-C. (2017). Gassemboli- en alvorlig komplikasjon. *Sykepleien forskning*. <https://doi.org/10.4220/Sykepleiens.2017.62661>
- Ranalli, L. J. & Taylor, A. G. (2018). Neuroanatomy, Neurophysiology, and Neuroanesthesia. I J. J. Nagelhout & S. Elisha (Red.), *Nurse Anesthesia* (6th. utg., s. 645-681). Elsevier.
- Ratner, R. T., Tsaltas, J. & Vollenhoven, B. (2019). Hysteroscopy and the risk of gas embolism: A review. *Journal of Endometriosis and Pelvic Pain Disorders*, 12(1), 51-55. <https://doi.org/10.1177/2284026519872407>
- Sabsovich, I., Abel, M., Lee, C. J., Spinelli, A. D. & Abramowicz, A. E. (2012). Air embolism during operative hysteroscopy: TEE-guided resuscitation. *Journal of Clinical Anesthesia*, 24(6), 480-486. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclinane.2012.01.002>
- Singh, R., Sharma, R., Jain, A., Sinha, S. & Samra, T. (2014). Prevention of air embolism during hysteroscopy. *Anaesthesia, pain & intensive care*, 18(4), 469-470.
- Skuleberg, A. K., Mathisen, L.C., & Vaagbø, G. (2016, 5 juli). *Behandling av gassembolier*. Tidsskriftet den norske legeförening. <https://tidsskriftet.no/2016/07/kommentar-og-debatt/behandling-av-gassembolier>
- Stokland, O. & Bendz, B. (2015). *Kardiovaskulær intensivmedisin* (3. utg. utg.). Cappelen Damm akademisk.
- Storm, B. S., Andreasen, S., Hovland, A. & Nielsen, E. W. (2017). Gas Embolism During Hysteroscopic Surgery?: Three Cases and a Literature Review. *A&A Practice*, 9(5), 140-143. <https://doi.org/10.1213/xa.0000000000000549>
- Strømme, H. (2020, 08.09.2020). *RAYYAN brukerveiledning*. Universitetet i Oslo, bibliotek for medisin og realfag. <https://www.ub.uio.no/skrive-publisere/for-forskere/systematiske-kunnskapsopsummeringer/rayyan-veiledning.pdf>
- UlrichsWeb™. (2022). Ulrichsweb™ Global Serials Analysis System. <http://ulrichsweb.serialsolutions.com/>

- Verma, A. & Singh, M. P. (2018). Venous gas embolism in operative hysteroscopy: A devastating complication in a relatively simple surgery. *Journal of anaesthesiology, clinical pharmacology*, 34(1), 103-106. https://doi.org/10.4103/joacp.JOACP_235_15
- Vilos, G. A., Hutson, J. R., Singh, I. S., Giannakopoulos, F., Rafea, B. A. & Vilos, A. G. (2020). Venous Gas Embolism during Hysteroscopic Endometrial Ablation: Report of 5 Cases and Review of the Literature. *J Minim Invasive Gynecol*, 27(3), 748-754. <https://doi.org/10.1016/j.jmig.2019.05.003>
- Xu, R., Xu, X. & Cao, Y. (2019). Successful Resuscitation From Sudden Cardiac Arrest Caused by Gas Embolism During Hysteroscopy. *Journal of Anesthesia and Perioperative Medicine (JAPM)*, 6(1), 35-39. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.24015/JAPM.2019.0005>

VEDLEGG I

Søketabeller

Figur 1. Søkestrategien vår i databasen Medline/Embase, via Ovid. 03. 09-21

Embase <1980 to 2021 Week 35>		
Ovid MEDLINE(R) ALL <1946 to September 03, 2021>		
1	((gas or air) adj3 emboli*).mp.	16841
2	(hysteroscop* or ute* endosco* or myometctom*).mp.	24372
3	1 and 2215	
4	limit 3 to (arabic or danish or english or norwegian or swedish)	175
5	limit 4 to yr="2011 -Current"	65
6	remove duplicates from 5	47
7	from 6 keep 1-47	47

Figur 2. Søkestrategien vår i databasen Cochrane Library. 06-09-21.

Search Name: Cochrane Search Manager		
Date Run: 06/09/2021 09:45:52		
Comment:		
ID	Search Hits	
#1	((gas or air) NEAR/3 emboli*)	254
#2	hysteroscop*	1738
#3	#1 AND #2 with Publication Year from 2011 to 2021, in Trials	6

Figur 3. Søkestrategien vår i databasen Cinahl, 06.09-21.

S5	((hysteroscop* OR endoscop* OR ute* OR myomectom*) AND (S1 AND S2))	Limiters - Published Date: 20110101-20211231 Narrow by Language: - english Search modes - Boolean/Phrase	Interface - EBSCOhost Research Databases Search Screen - Advanced Search Database - CINAHL	58
S4	((hysteroscop* OR endoscop* OR ute* OR myomectom*) AND (S1 AND S2))	Limiters - Published Date: 20110101-20211231 Search modes - Boolean/Phrase	Interface - EBSCOhost Research Databases Search Screen - Advanced Search Database - CINAHL	58
S3	((hysteroscop* OR endoscop* OR ute* OR myomectom*) AND (S1 AND S2))	Search modes - Boolean/Phrase	Interface - EBSCOhost Research Databases Search Screen - Advanced Search Database - CINAHL	100
S2	(hysteroscop* OR endoscop* OR ute* OR myomectom*)	Search modes - Boolean/Phrase	Interface - EBSCOhost Research Databases Search Screen - Advanced Search Database - CINAHL	104,986
S1	((gas or air) N2 embol*)	Search modes - Boolean/Phrase	Interface - EBSCOhost Research Databases Search Screen - Advanced Search Database - CINAHL	1,516

Figur 4. Søkestrategien vår i Databasen SveMed+ 06.09-21.

Nr	Søksträng	Antal treffar	Tid
1	gas OR air embolism	208	2021-09-06 12:24:17
2	Hysteroscop* OR ute* OR endosco* OR myomectom*	2074	2021-09-06 12:24:40
3	#1 AND #2	7	2021-09-06 12:24:53

Vedlegg II

Kritisk sjekkliste for casestudier

Spørsmål CASP	Amirghofran et al.,2016	Hong et al., 2020	Guo et al.,2021	Sabovich et al., 2012	Storm et al.,2017	Vilos et al.,2020	Xu et al., 2019	Verma et al., 2018	Singh et al., 2016
1. Were patient's demographic characteristics clearly described?	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
2. Was the patient's history clearly described and presented as a timeline?	Ja	Nei	Ja	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
3. Was the current clinical condition of the patient on presentation clearly described?	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
4. Were diagnostic tests or assessment methods and the results clearly described?	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	U
5. Was the intervention(s) or treatment procedure(s) clearly described?	Ja	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
6. Was the post-intervention clinical condition clearly described?	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
7. Were adverse events (harms) or unanticipated events identified and described?	Ja	U	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
8. Does the case report provide takeaway lessons?	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Totalt	16/16	11/16	16/16	15/16	16/16	16/16	16/16	16/16	15/16
Fagfelleurdert		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

U = Uklart 1 poeng. Ja= 2 poeng. Nei= 0 poeng

Vedlegg III

Kritisk sjekkliste for kvantitativ studie

Spørsmål JBI Critical appraisal checklist for analytical cross-sectional studies	Liu et al., 2017
1. Were the criteria for inclusion in the sample clearly defined?	Ja
2. Were the study subjects and the setting described in detail?	Ja
3. Was the exposure measured in a valid and reliable way?	Ja
4. Were objective, standard criteria used for measurement of the condition?	Ja
5. Were confounding factors identified?	Ja
6. Were strategies to deal with confounding factors stated?	Ja
7. Were the outcomes measured in a valid and reliable way?	Ja
8. Was appropriate statistical analysis used?	Ja
SUM	16/16
Fagfelleverdert	✓

U = Uklart 1 poeng. Ja= 2 poeng. Nei= 0 poeng

VEDLEGG IV

Skjema benyttet for å kritisk vurdere casestudier

JBI Critical Appraisal Checklist for case reports

Reviewer_____ Date_____

Author_____ Year_____ Record Number_____

	Yes	No	Unclear	Not applicable
1. Were patient's demographic characteristics clearly described?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Was the patient's history clearly described and presented as a timeline?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Was the current clinical condition of the patient on presentation clearly described?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Were diagnostic tests or assessment methods and the results clearly described?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Was the intervention(s) or treatment procedure(s) clearly described?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Was the post-intervention clinical condition clearly described?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Were adverse events (harms) or unanticipated events identified and described?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Does the case report provide takeaway lessons?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Overall appraisal: Include Exclude Seek further info

Comments (Including reason for exclusion)

Explanation of case reports critical appraisal

Case Reports Critical Appraisal Tool

Answers: Yes, No, Unclear or Not/Applicable

1. Were patient's demographic characteristics clearly described?

Does the case report clearly describe patient's age, sex, race, medical history, diagnosis, prognosis, previous treatments, past and current diagnostic test results, and medications? The setting and context may also be described.

2. Was the patient's history clearly described and presented as a timeline?

A good case report will clearly describe the history of the patient, their medical, family and psychosocial history including relevant genetic information, as well as relevant past interventions and their outcomes. (CARE Checklist 2013)

3. Was the current clinical condition of the patient on presentation clearly described?

The current clinical condition of the patient should be described in detail including the uniqueness of the condition/disease, symptoms, frequency and severity. The case report should also be able to present whether differential diagnoses was considered.

4. Were diagnostic tests or methods and the results clearly described?

A reader of the case report should be provided sufficient information to understand how the patient was assessed. It is important that all appropriate tests are ordered to confirm a diagnosis and therefore the case report should provide a clear description of various diagnostic tests used (whether a gold standard or alternative diagnostic tests). Photographs or illustrations of diagnostic procedures, radiographs, or treatment procedures are usually presented when appropriate to convey a clear message to readers.

5. Was the intervention(s) or treatment procedure(s) clearly described?

It is important to clearly describe treatment or intervention procedures as other clinicians will be reading the paper and therefore may enable clear understanding of the treatment protocol. The report should describe the treatment/intervention protocol in detail; for e.g. in pharmacological management of dental anxiety - the type of drug, route of administration, drug dosage and frequency, and any side effects.

6. Was the post-intervention clinical condition clearly described?

A good case report should clearly describe the clinical condition post-intervention in terms of the presence or lack thereof symptoms. The outcomes of

management/treatment when presented as images or figures would help in conveying the information to the reader/clinician.

7. Were adverse events (harms) or unanticipated events identified and described?

With any treatment/intervention/drug, there are bound to be some adverse events and in some cases, they may be severe. It is important that adverse events are clearly documented and described, particularly when a new or unique condition is being treated or when a new drug or treatment is used. In addition, unanticipated events, if any that may yield new or useful information should be identified and clearly described.

VEDLEGG V

Skjema for å kritisk vurdere kvantitativ primærstudie

JBI Critical Appraisal Checklist for analytical cross-sectional studies

Reviewer _____ Date _____

Author _____ Year _____ Record Number _____

	Yes	No	Unclear	Not applicable
1. Were the criteria for inclusion in the sample clearly defined?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Were the study subjects and the setting described in detail?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Was the exposure measured in a valid and reliable way?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Were objective, standard criteria used for measurement of the condition?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Were confounding factors identified?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Were strategies to deal with confounding factors stated?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Were the outcomes measured in a valid and reliable way?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Was appropriate statistical analysis used?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Overall appraisal: Include Exclude Seek further info

Comments (Including reason for exclusion)

Explanation of analytical cross sectional studies critical appraisal

How to cite: Moola S, Munn Z, Tufanaru C, Aromataris E, Sears K, Sfetcu R, Currie M, Qureshi R, Mattis P, Lisy K, Mu P-F. Chapter 7: Systematic reviews of etiology and risk . In: Aromataris E, Munn Z (Editors). *JBI Manual for Evidence Synthesis*. JBI, 2020.

Available from <https://synthesismanual.jbi.global>

Analytical cross sectional studies Critical Appraisal Tool

Answers: Yes, No, Unclear or Not/Applicable

1. Were the criteria for inclusion in the sample clearly defined?

The authors should provide clear inclusion and exclusion criteria that they developed prior to recruitment of the study participants. The inclusion/exclusion criteria should be specified (e.g., risk, stage of disease progression) with sufficient detail and all the necessary information critical to the study.

2. Were the study subjects and the setting described in detail?

The study sample should be described in sufficient detail so that other researchers can determine if it is comparable to the population of interest to them. The authors should provide a clear description of the population from which the study participants were selected or recruited, including demographics, location, and time period.

3. Was the exposure measured in a valid and reliable way?

The study should clearly describe the method of measurement of exposure. Assessing validity requires that a 'gold standard' is available to which the measure can be compared. The validity of exposure measurement usually relates to whether a current measure is appropriate or whether a measure of past exposure is needed.

Reliability refers to the processes included in an epidemiological study to check repeatability of measurements of the exposures. These usually include intra-observer reliability and inter-observer reliability.

4. Were objective, standard criteria used for measurement of the condition?

It is useful to determine if patients were included in the study based on either a specified diagnosis or definition. This is more likely to decrease the risk of bias. Characteristics are another useful approach to matching groups, and studies that did not use specified diagnostic methods or definitions should provide evidence on matching by key characteristics

5. Were confounding factors identified?

Confounding has occurred where the estimated intervention exposure effect is biased by the presence of some difference between the comparison groups (apart from the exposure investigated/of interest). Typical confounders include baseline characteristics, prognostic factors, or concomitant exposures (e.g. smoking). A confounder is a difference between the comparison groups and it influences the direction of the study results. A high quality study at the level of cohort design will identify the potential confounders and measure them (where possible). This is difficult for studies where behavioral, attitudinal or lifestyle factors may impact on the results.

6. Were strategies to deal with confounding factors stated?

Strategies to deal with effects of confounding factors may be dealt within the study design or in data analysis. By matching or stratifying sampling of participants, effects of confounding factors can be adjusted for. When dealing with adjustment in data analysis, assess the statistics used in the study. Most will be some form of multivariate regression analysis to account for the confounding factors measured.

7. Were the outcomes measured in a valid and reliable way?

Read the methods section of the paper. If for e.g. lung cancer is assessed based on existing definitions or diagnostic criteria, then the answer to this question is likely to be yes. If lung cancer is assessed using observer reported, or self-reported scales, the risk of over- or under-reporting is increased, and objectivity is compromised. Importantly, determine if the measurement tools used were validated instruments as this has a significant impact on outcome assessment validity.

Having established the objectivity of the outcome measurement (e.g. lung cancer) instrument, it's important to establish how the measurement was conducted. Were those involved in collecting data trained or educated in the use of the instrument/s? (e.g. radiographers). If there was more than one data collector, were they similar in terms of level of education, clinical or research experience, or level of responsibility in the piece of research being appraised?

8. Was appropriate statistical analysis used?

As with any consideration of statistical analysis, consideration should be given to whether there was a more appropriate alternate statistical method that could have been used. The methods section should be detailed enough for reviewers to identify which analytical techniques were used (in particular, regression or stratification) and how specific confounders were measured.

For studies utilizing regression analysis, it is useful to identify if the study identified which variables were included and how they related to the outcome. If stratification was the analytical approach used, were the strata of analysis defined by the specified variables? Additionally, it is also important to assess the appropriateness of the analytical strategy in terms of the assumptions associated with the approach as differing methods of analysis are based on differing assumptions about the data and how it will respond.

VEDLEGG VI

Ansvarsområder

Når det gjelder utarbeidelsen av oppgaven startet prosjektet ved Isabelles erfaring fra anestesipraksis. Etter å ha diskutert venøs gassemboli under et hysteroskopisk inngrep oppdaget hun et kunnskapshull. Malene synes ideen var spennende og undersøkte kunnskapen omkring temaet der hun var plassert i praksis. Her manglet det også prosedyre. Våren 2021 var det ikke mulig å skrive prosjektbeskrivelse sammen, derfor skrev Isabelle denne alene. Malene skrev prosjektbeskrivelsen om et annet tema. Vi jobbet videre med prosjektbeskrivelsen høsten 2021, og dannet grunnlaget for vår masteroppgave. For det meste har vi sittet sammen og jobbet systematisk med litteraturstudien. Hele søkeprosessen gjorde vi side om side. Utarbeidelse av selve teksten har vi for det meste gjort sammen, eller arbeidet med dette i et felles google.dox dokument. Periodevis har vi fordelt mindre oppgaver oss imellom, men kommunikasjonen omkring hva som er gjort har alltid vært god. Vi opplever likt eierskap til masteroppgaven og har hatt et gjennomgående godt samarbeid.