



LUNDS UNIVERSITET  
Medicinska fakulteten

Förebyggande metoder av atelektaser under anestesi

En systematisk litteraturstudie

Preventative methods of atelectasis during anesthesia

A systematic literature review

Författare: Lena Stankoska  
Thim Pannér

Handledare: Helena Rosén

Magisteruppsats

Våren 2019

Lunds universitet  
Medicinska fakulteten  
Programnämnden för omvårdnad, radiografi samt reproduktiv, perinatal och sexuell hälsa  
Box 157, 221 00 LUND

Lunds universitet  
Medicinska fakulteten  
Programnämnden för omvårdnad, radiografi samt reproduktiv, perinatal och sexuell hälsa  
Box 157, 221 00 LUND

## Förebyggande metoder av atelektaser under anestesi

### En systematisk litteraturstudie

## Preventative methods of atelectasis during anesthesia

### A systematic literature review

Författare: Lena Stankoska  
Thim Pannér

Handledare: Helena Rosén

Magisteruppsats

Våren 2019

## Abstrakt

**Bakgrund:** Ungefär 90% av patienterna som genomgår anestesi utvecklar atelektaser. Atelektaser kan i sin tur ge upphov till inflammatoriska processer som postoperativt kan leda till lungkomplikationer. **Syfte:** Syftet var att beskriva vilka av metoderna preoxygenering, PEEP, CPAP, lungrekrytering och låga tidalvolymmer som är mest effektiva för att minska förekomsten av atelektaser hos vuxna som genomgår anestesi. **Metod:** En systematisk litteraturstudie med en deskriptiv design baserad på 12 vetenskapliga kvantitativa artiklar genomfördes. **Resultat:** Tre huvudkategorier identifierades och bestod av: *Effekten av preoxygenering, Effekten av CPAP och Effekten av PEEP, lungrekrytering och låga tidalvolymmer.* **Konklusion:** Kombinationen av låga

tidalvolym med adekvat PEEP och lungrekrytering i relation till patient och kirurgiskt ingrepp, kan vara det mest fördelaktiga tillvägagångssättet som kan tillämpas intraoperativt. Det behövs fler studier för att stärka det vetenskapliga underlaget för effekterna av CPAP och preoxygenering.

## Nyckelord

Atektaser, anestesi, positive end-expiratory pressure, continuous positive airway pressure, tidalvolym, lungrekrytering, preoxygenering

# Innehållsförteckning

Introduktion.....	1
Problemområde .....	1
Lista med förkortningar över termer som används i arbetet .....	2
Bakgrund .....	3
<i>Perspektiv och utgångspunkter</i> .....	3
<i>Uppkomsten av atelektaser</i> .....	4
<i>Preoxygenering</i> .....	5
<i>Positive end-expiratory pressure</i> .....	6
<i>Continuous positive airway pressure</i> .....	7
<i>Lungrekrytering</i> .....	7
<i>Låga tidalvolymmer &amp; driving pressure</i> .....	7
Syfte .....	8
Metod.....	8
Urval.....	9
Datainsamling .....	9
Analys av data .....	10
Forskningsetiska avvägningar .....	11
Resultat .....	12
Effekten av preoxygenering .....	12
Effekten av CPAP .....	12
Effekten av PEEP, lungrekrytering och låga tidalvolymmer.....	13
<i>PEEP och lungrekrytering</i> .....	15
<i>PEEP och låga tidalvolymmer</i> .....	16
<i>Individualiserad PEEP och "Open-lung approach"</i> .....	17
Diskussion .....	19
Metoddiskussion .....	19
Resultatdiskussion .....	21
Konklusion och implikation.....	26
Referenser .....	27
<i>Bilaga 1 (2)</i> .....	32
<i>Bilaga 2 (2)</i> .....	35

# Introduktion

## Problemområde

Anestesi, oavsett form, orsakar en sänkning av funktionell residualkapacitet [FRC] (Hedenstierna & Edmark, 2015). Det leder till atelektaser, vilka kan bildas hos 90% av patienterna. Atelektaser kan ge upphov till inflammatoriska processer som postoperativt kan leda till lungkomplikationer. För redan svaga patientgrupper kan det leda till förlängd vårdtid och i vissa fall ökad morbiditet (Hedenstierna & Edmark, 2015; Hedenstierna & Åkesson, 2016). En av kärnkompetenserna för sjuksköterskan är säker vård (Riksföreningen för anestesi och intensivvård, 2012).

Grundprinciperna är att ingen patient ska komma till skada och att vårdarbetet ska utföras med patientens säkerhet i fokus.

Det finns etablerade metoder som rekommenderas för att förebygga atelektaser. Det finns däremot olika åsikter om hur metoderna bör tillämpas (Hedenstierna & Åkesson, 2016). En metod som rekommenderas är att minska syrgashalten, fraction of inspired oxygen [ $F_iO_2$ ] vid preoxygeneringen, då en hög tillförsel av  $F_iO_2$  resulterar i utveckling av atelektaser. Omvänt rekommenderas en hög  $F_iO_2$  för att förhindra hypoxi hos patienten. Andra kända metoder är lungrekrytering, positive end-expiratory pressure [PEEP] och continuous positive airway pressure [CPAP]. Samtliga metoder har sina för- och nackdelar och kan tillämpas kombinerat beroende på individuella faktorer, såsom övervikt (Hedenstierna & Edmark, 2015). Det saknas kliniska riktlinjer för vilken metod som är bäst att använda för att förebygga atelektaser. Genom att systematiskt sammanställa den forskning som finns kan det skapas en bild av vilken evidens som ligger till grund för respektive metod. Den kunskapen är betydelsefull för anestesijuksköterskans arbete med säker vård.

Lista med förkortningar över termer som används i arbetet

Term	Definition
Acute respiratory distress syndrome [ARDS]	Ett allvarligt tillstånd av skada på lungorna vilket ger bland annat lungödem. Kräver oftast respiratorvård.
Body mass index [BMI]	Kroppsmasseindex som anger olika viktklasser beräknat på relationen mellan längd och vikt.
Closing capacity [CC]	Begrepp för den lungvolym när de små luftvägsgrenarna faller samman vid en utandning.
Continuous positive airway pressure [CPAP]	Innebär att patienten andas mot ett visst motstånd så att trycket i luftvägarna är positivt under hela andningscykeln vilket håller luftvägarna öppna.
Dynamisk compliance [C <sub>dyn</sub> ]	Representerar lungans eftergivlighet under aktiv andning. Kan påverkas av luftvägsmotstånd i exempelvis bröstkorgsväggen.
Forced expiratory volume in 1 second [FEV <sub>1</sub> ]	Ett mått på den volym luft som andas ut under en sekund.
Forced vital capacity [FVC]	Spirometritest av vitalkapaciteten. Alltså den totala volymen luft som andas ut i en utandning.
Fraction of inspired oxygen [F <sub>i</sub> O <sub>2</sub> ]	Anger mängden syrgas som finns i inandningsluften.
Funktionell residualkapacitet [FRC]	Den volym luft som är kvar i lungorna efter en normal utandning.
PaO <sub>2</sub> /F <sub>i</sub> O <sub>2</sub> -förhållandet	Kvoten mellan partialtrycket av syrgas i arteriellt blod och inandad syrgasfraktion. Mätvärdet kan ge en indikation på förhållandet mellan ventilation och perfusion (shuntning).
Positive end-expiratory pressure [PEEP]	Kan ställas in på respiratorn för att ge ett positivt tryck i slutet av utandningen för att hålla alveolerna öppna.
Predicted bodyweight [PBW]	Idealvikt. I resultatet är tidalvolymen givna i ml/kg utefter idealvikt.
Zero positive end expiratory pressure [ZEEP]	Att ingen PEEP används.

# Bakgrund

## *Perspektiv och utgångspunkter*

Evidensbaserad vård beskrivs som både en process och ett förhållningssätt. Som underlag för vårdbeslut angående diagnostiska metoder, behandlingar och omvårdnadsåtgärder innebär det att ha intentionen att använda bästa tillgängliga kunskap (Johansson & Wallin, 2013). För att uppnå evidensbaserad vård är det en förutsättning att personal inom vård och omsorg inkluderar forskningsresultat i sina beslutsprocesser (a.a.). Vidare är säker vård en av sjuksköterskans kärnkompetenser (Öhrn, 2013). Säker vård innebär att tillgänglig evidensbaserad kunskap används och att vårdprogram och föreskrifter följs. Eftersom den medicinska utvecklingen går framåt, behöver det förebyggande patientsäkerhetsarbetet fortskrida (a.a.).

Omvårdnadsteoretikern Callista Roy formulerade Roy Adaption Model (RAM) på 1960-talet. Adaptionmodellen utgår från att omvårdnadsmålet med hjälp av omvårdnadsprocessen ska bidra till hälsa och livskvalitet hos patienten genom att främja adaption (Wiklund Gustin & Lindwall, 2012). Roys fyra adaptiva funktioner omfattar fysiologiska funktioner, självuppfattning, rollfunktion, relation och samhörighet. Samtliga utgör en grund i människans förmåga att anpassa sig till olika stimuli och omständigheter. Fokala stimuli är ett begrepp inom teorin som inbegriper sådant som har en direkt inre eller yttre inverkan på personen, exempelvis en inflammation (a.a.). En person som genomgår kirurgi och anestesi behöver hjälp att upprätthålla sin fysiologiska funktion som enligt Roy definieras som fysiologisk integritet. De fysiologiska funktionerna är syre, nutrition, elimination, aktivitet, vila och skydd. När en person har hälsa upprätthålls fysiologisk balans och integritet. Reaktionen på fysiologiska förändringar i kroppen leder till en förändring som patienten behöver anpassa sig till, vilket leder till ohälsa. En nyttillkommen sjukdom eller tillstånd kan således minska den fysiska förmågan och i sig påverka de andra delarna hos personens kroppsuppfattning. Om den yttre eller inre miljön inte är tillräcklig är omvårdnad nödvändig. Genom att således påverka bland annat fokala stimuli kan sjuksköterskan stödja patientens livsprocess för att främja hälsa och adaption (a.a.).

Patienten kan utsättas för flera sådana fokala stimuli under anestesi. Ett utmärkande område för anestesisjuksköterskan är hantering och ansvar av patientens respiration. Respirationen är ett

känsligt och en av människans mest fundamentala funktioner. Det ligger därför en stor vikt i att det sker på ett skonsamt och säkert sätt med optimalt resultat. Målet är att patienten efter en anestesi inte ska drabbas av komplikationer som kan medföra ohälsa och lidande. Därför krävs det att anestesisyjuksköterskans arbete har riktlinjer byggda på evidens för att det ska ske så patientsäkert som möjligt.

### *Uppkomsten av atelektaser*

Begreppet för den lungvolym när de små luftvägsgrenarna faller samman vid en utandning kallas för closing capacity [CC]. Denna volym är oftast större än funktionell residualkapacitet [FRC] vid ålder över 40 år. Normalt har det ingen större betydelse men under narkos sker en ökning av CC och minskning av FRC vilket medför att vissa lungavsnitt stängs under andningsfasen (Drageset & Steinar Haugen, 2013). Vid låg FRC blir det elastiska trycket i lungorna lågt, både hos friska och sjuka (Hedenstierna & Edmark, 2015; Jonson & Wollmer, 2011). Tendensen till luftvägsslutning ökar därför av allt som leder till lågt FRC. Det kan ske vid naturlig sömn men sker i mycket högre utsträckning under anestesi. Luftvägsslutning är därför vanligt under anestesi men det kan förvärras av flera olika faktorer. Exempelvis är äldre personer mer utsatta än yngre på grund av större volym av CC i förhållande till FRC (Drageset & Steinar Haugen, 2013; Jonson & Wollmer, 2011). Övervikt är en annan vanlig riskfaktor eftersom det ökar trycket över buken. Samma effekt uppstår vid laparoskopisk kirurgi där gas i buken får diafragma att pressas uppåt i varierande grad. Andra medförande faktorer är förstorat hjärta, lungstas, pneumothorax, trendelenburgläge och postoperativa smärtor. Luftvägsslutningen leder till att venöst blod shuntas genom lungorna och är den vanligaste orsaken till hypoxi. Shuntning innebär att en viss mängd blod passerar lungan som inte är ventilerad (Drageset & Steinar Haugen, 2013). Luftvägar och alveoler som varit slutna en kort tid kan med några djupa andetag öppnas igen. Har slutningen varat en längre tid leder det till att lungvävnaden faller ihop helt. Då bildas ett lufttomt område, en atelektas, som är svår att behandla och är en viktig orsak till försämrad ventilation. Faktorerna som dessutom bidrar till att luftvägsslutningen tilltar kan följaktligen leda till att utbredningen av atelektaser blir större vilket medför att risken för postoperativa lungkomplikationer ökar. Postoperativa lungkomplikationer kan uppträda hos 5-10% av alla patienterna som genomgår icke-thoraxkirurgi och hos 22% av högriskpatienterna (Kelkar, 2015). Även bland mindre operationer kan incidensen vara 1-2%. De vanligaste



komplikationerna är postoperativ hypoxi samt lunginflammation och den viktigaste orsaken är atelektaser (a.a.).

De lägre lungvolymerna under anestesi medför alltså att alveolerna lättare faller samman (Hedenstierna & Åkesson, 2016). Flera olika fysiologiska mekanismer har bevisats gynna bildningen av atelektaser under anestesi såsom kollaps av de små luftvägsgrenarna, kompression av lungstruktur, absorption av intraalveolär gas och en försämrad produktion av surfaktant (Güldner et al., 2015). Atelektaser uppträder hos cirka 90% av patienterna och kan finnas kvar flera dagar postoperativt (Berg & Hagen, 2013; Hedenstierna & Edmark, 2015; Hedenstierna & Åkesson, 2016). Utbredda atelektaser utgör således en risk för patienten att försämra sin syresättning under spontanandning postoperativt. Atelektaser leder därutöver ofta till sekretstagnation med bakterieansamling och lunginflammation som följd (Berg & Hagen, 2013; Hedenstierna & Edmark, 2015; Hedenstierna & Åkesson, 2016; Jonson & Wollmer, 2011). För särskilt äldre, överviktiga eller patienter som genomgår kirurgi som ger en yttre belastning på lungornas funktion, kan det därför leda till förlängd vårdtid och i vissa fall ökad morbiditet. Olika metoder finns beskrivna för att förebygga och behandla atelektaser. Bland annat genom att blåsa upp patientens lungor med en lungrekrytering och att använda ett positivt tryck i luftvägarna under anestesi kan atelektaser förebyggas och förhindras (Hedenstierna & Edmark, 2015). En metod som fungerar genom att mekanisk ventilera atelektatiska områden i en cyklisk process genom att öppna och stänga olika lungenheter (genom exempelvis tidal lungrekrytering). Nackdelen är dock att de ofta har som konsekvens att inflammatoriska cytokiner frisätts som i sin tur orsakar atelektotrauma. Samtidigt kan höga tidalvolym, högt PEEP och överexpansion av lungorna leda till ruptur i alveolkapillära membran, så kallad barotrauma och volutrauma, vilket också leder till ackumulering av neutrofiler och frisättning av inflammatoriska cytokiner. En process som inberäknar interleukin, tumörnekrosfaktor och är mer känd som ventilator-induced lung injury (Tusman, Böhm, Warner, & Sprung, 2012).

### *Preoxygenering*

Preoxygenering är en metod för att öka säkerheten före inledning av generell anestesi (Espe & Hovind, 2013). Syftet är att skapa en syreresserv hos patienten och därmed förlänga apnétiden om det uppstår problem med luftvägarna. Den vanliga metoden innebär att patienten andas 100

procent syrgas i 3–5 minuter. Tillförsel av 100 procent syrgas under en längre period kan ge atelektaser (Aune, 2013; Berg & Hagen, 2013; Espe & Hovind, 2013). Orsaken till det är att den höga syrgashalten som tillförs medför en brist på kvävgas som normalt befinner sig i alveolerna. Syrgasen absorberas sedan snabbt in i blodbanan vilket gör att alveolen kollapsar. Det diskuteras om hur preoxygeneringen bör utföras för att ge bästa möjliga säkerhet om luftvägshanteringen blir problematisk enligt Espe och Hovind (2013). Ett exempel är vid övervikt. Överviktiga har mindre syrereserv på grund av minskad FRC och därmed kortare apnétid vilket utgör en betydligt större risk att utveckla atelektaser (Aune, 2013). Därför menar Aune (2013) att ett mindre  $F_iO_2$  än 100 procent till överviktiga inte rekommenderas eftersom det också ökar risken för hypoxi om det blir svårt med luftvägarna. Hög  $F_iO_2$  ökar absorptionen av gas vilket snabbar på atelektasbildning och shuntning (Hedenstierna & Edmark, 2015). Risken för atelektaser är beroende av syrgashalten som tillförs. Enligt Hedenstierna och Åkesson (2016) har atelektasutvecklingen visat sig minska vid preoxygenering med 80 procent syrgas istället för 100 procent. Däremot minskar samtidigt marginalen till hypoxemi.

### *Positive end-expiratory pressure*

En lungfrisk patient som spontanandas har oftast bra ventilerade lungavsnitt och ett jämnt intrapulmonellt tryck ( $\pm 2$  cmH<sub>2</sub>O) (Forsmo, 2013). Vid övertrycksventilation ligger tryckvariationen oftast betydligt högre än så (omkring 20–30 cmH<sub>2</sub>O). Överensstämmelsen mellan ventilation och cirkulation i lungorna blir alltså sämre vilket leder till ökat alveolärt dead space (a.a.). Alveolärt dead space är ett begrepp som innebär att lungorna ventileras men saknar genomblödning. Således sker inget gasutbyte i de delarna av lungorna (Drageset & Steinar Haugen, 2013). Med hjälp av PEEP kan luftvägstrycket förhindras från att sjunka för mycket under expirationsfasen och då ge bättre syrgaskoncentration i blodet (Forsmo, 2013). PEEP förebygger atelektaser genom att behålla en större volym gas i alveolerna så att de inte faller samman.

Under anestesi förebyggs nya atelektaser med ett PEEP på 5–8 cmH<sub>2</sub>O (Espe & Hovind, 2013; Hedenstierna & Åkesson, 2016). Däremot kan högre nivåer behövas vid uttalad atelektasbenägenhet (Hedenstierna & Åkesson, 2016). Samtidigt kan PEEP och övertrycksventilation enligt Forsmo (2013) påverka cirkulationen negativt eftersom det venösa

återflödet kan hindras av övertrycket vilket orsakar blodtrycksfall. Dessutom har PEEP inte något långvarigt skydd med risk att atelektaser återkommer enligt Hedenstierna och Åkesson (2016).

### *Continuous positive airway pressure*

CPAP innebär att patienten andas mot ett visst motstånd så att trycket i luftvägarna är positivt under hela andningscykeln (Hedenstierna & Åkesson, 2016). Det leder till att gasutbytet i alveolerna förbättras och luftvägarna vidgas. Aune (2013) skriver att preoxygenering med CPAP på 10 cmH<sub>2</sub>O under induktion av anestesi hos överviktiga förhindrar atelektasbildning, förbättrar FRC och förlänger apnétiden. Med CPAP under själva preoxygeneringen inför nedsövning, alltså spontanandning med motstånd i utandning, är ett bra sätt att förebygga uppkomsten av atelektaser (Hedenstierna & Edmark, 2015). Problemet med CPAP under induktion är att masken måste sluta tätt samt att det kan uppstå obehag hos patienten som måste andas i mottryck. Det kan också innebära att luft pressas ner i magen med risk för aspiration.

### *Lungrekrytering*

För att öppna upp atelektaser under övertrycksventilering rekommenderas det att genomföra en så kallad lungrekrytering, som är en manöver där ett tryck på cirka 40 cmH<sub>2</sub>O ges under ungefär 15 sekunder (Espe & Hovind, 2013; Hedenstierna & Åkesson, 2016). Efter en lungrekrytering bör fortsatt ventilering ske med låg F<sub>i</sub>O<sub>2</sub> annars finns en risk att atelektaserna återkommer (Hedenstierna & Edmark, 2015).

### *Låga tidalvolym & driving pressure*

Ventilation med låga tidalvolym är en förebyggande strategi för att förebygga lungkomplikationer såsom atelektas under anestesi och kan kompletteras med de ovannämnda (Yang et al., 2016). Målet är att använda mycket lägre nivåer av tidalvolym än vad som brukar användas i samband med mekanisk ventilation. Fokus är lagd på att undvika zero positive end expiratory pressure [ZEEP]. Gränsvärdet för tidalvolym baseras på predicted body weight [PBW] för patienter utan acute respiratory distress syndrome [ARDS] och är 6–8 ml/kg och kroppsvikt. Studier visar att lägre volymer uppvisar positiva resultat i att förebygga atelektaser (Pelosi & Ball, 2018; Yang et al., 2016). Konceptet syftar till att minska den statiska stressen i

lungorna, som är nära relaterad till mean airway pressure, förutsatt att den kollapsade lungvävnaden är skyddad mot skada från mekanisk ventilation (Yang et al., 2016). Pelosi och Ball (2018) rekommenderar att variabeln drivning pressure används för att optimera tidalvolymen i samband med mekanisk ventilation hos patienter med eller utan ARDS. Drivning pressure är skillnaden mellan transpulmonaltrycket vid slutinspirationen och vid slutexpirationen, både under kontrollerad eller assisterad ventilation. Variabeln har föreslagits som en ytterligare och mer användbar parameter för att optimera den mekaniska ventilationen under anestesi (a.a.).

Beskrivningen av samtliga metoder visar på att det finns etablerade förutsättningar för förebyggandet av atelektaser. Men det finns likaså nackdelar och vissa oklarheter kring hur fördelaktigt metoderna kan användas både enskilt eller i kombination, för att förebygga atelektaser. Mot vad som redogjorts i bakgrunden och i enlighet med patientsäkerhetslagen (SFS 2010:659) är det viktigt att anestesijuksköterskan i sin profession och dagliga arbete med respirationsfysiologi, håller sig aktuell utifrån forskning i syfte att förebygga komplikationer. Det finns en tvetydighet kring effekterna, riskerna och hur de olika ventilationsmetoderna används för att förebygga atelektaser. Därför görs en ansats i att försöka sammanställa metoderna då det är betydelsefullt för både patienten och verksamheten att anestesijuksköterskan i sin profession dels kan bidra till en kontinuerlig alstring av evidens och dels till integrering av befintlig evidens i det dagliga arbetet.

## **Syfte**

Syftet var att beskriva vilka av metoderna preoxygenering, PEEP, CPAP, lungrekrytering och låga tidalvolymmer som är mest effektiva för att minska förekomsten av atelektaser hos vuxna som genomgår anestesi.

## **Metod**

En systematisk litteraturstudie med deskriptiv design låg till grund som datainsamlingsmetod enligt Statens beredning för medicinsk och social utvärdering (SBU, 2017). Metoden möjliggjorde skapandet av en bred bild över ett specifikt ämnesområde genom att den inkluderar

samtliga artiklar inom området med kvantitativ studiedesign. För god forskningskvalitet skedde granskningen av artiklarna utifrån reliabilitet och validitet enligt kvantitativ metod. Resultaten sammanställdes sedan inom det valda ämnesområdet.

## Urval

Urvalet av vetenskapliga artiklar bestod främst av randomiserade kontrollerade studier (RCT) och en observationsstudie. Inklusionskriterierna var artiklar som publicerats i vetenskapliga tidskrifter som ej var äldre än 10 år och vars abstrakt fanns på engelska samt att artiklarna återfanns i full text. Artiklarna har därutöver valts enligt bestämda sökkriterier avgränsade enligt PICO-modellen (se Datainsamling). Studier som handlade om traumapatienter, patienter kategoriserade som lungsjuka, överviktiga och studier som inberäknade pediatrik exkluderades.

## Datainsamling

För att strukturera och avgränsa inför sökningen av vetenskapliga artiklar till arbetet, användes PICO-modellen som står för Population, Intervention, Comparison och Outcome (SBU, 2017). I arbetet blev PICO följande:

P - Vuxna patienter både kvinnor och män som genomgår anestesi

I - Intervention av metoderna CPAP, PEEP, preoxygenering, lungrekrytering, låga tidalvolym

C - Att ingen av metoderna används alternativt metoderna i jämförelse med varandra

O - Utfall av hur effektivt metoderna minskar mängden atelektaser

Datainsamlingen påbörjades i databaserna PubMed och CINAHL vilka är databaser innehållande vetenskapliga forskningsstudier inom omvårdnad och medicin (Forsberg & Wengström, 2016). Med hjälp av PICO-modellen framkom nyckelord som *“atelectasis”*, *“continuous positive airway pressure”*, *“positive end expiratory pressure”*, *“preoxygenation”*, *“tidal volume”*, *“anaesthesia”* samt *“lungrecruitment”*. I databasen PubMed identifierades sökorden som relevanta MeSH-termer. MeSH-termer saknades däremot för *“preoxygenation”* likaså för *“lungrecruitment”*. Fritextsökning av lungrekrytering visade resultat där begreppet kunde beskrivas som *“recruitment maneuver”* eller *“vital capacity maneuver”*, således inkluderades de sökorden för att öka bredden. Sökordet *“preoxygenation”* visade sig vara begränsat som brukligt begrepp. Några synonymer för ordet identifierades inte heller. Vidare utfördes blocksökning av

valda sökord och termer med de booleska operatorerna “AND” därefter respektive metod med tillägget “OR” för att få med alla tillgängliga studerade metoder. Söktermerna “*Lung injury [mesh]*”, “*Wounds and injuries [mesh]*” samt sökorden “*obesity*” och “*trauma*” användes med booleska “NOT” för att avgränsa. Det gav däremot ingen skillnad i träffarna. I databasen CINAHL söktes motsvarande termer i form av “Subject headings”. Vid de initiala sökningarna användes tidskriteriet för publicering 2014-2019 som begränsning men resultatet var därigenom reducerat. De fortsatta sökningarna utökades därför till 2009-2019. Sökningar i fritext i samtliga databaser visade sig ge några ytterligare relevanta träffar. En fritextsökning i databasen Elsevier gav några träffar på bland annat nypublicerade studier som inte blivit kategoriserade i bestämda söktermer. Elsevier erbjuder inte möjligheten till lika raffinerade sökningar varav flertal sökord fick användas för att avgränsa träffarna. Detaljerade tabeller för respektive sökschema och databas redovisas i *Bilaga 1*.

Den första gallringen av artiklar bedömdes utifrån relevanta rubriker i sökresultatet. För att begränsa antalet sökträffar ytterligare, sorterades därefter de artiklar bort som inte uppfyllde kriterierna. Artiklar vars titel matchade de fastställda inklusionskriterierna, granskades sedermera på nytt genom att abstrakt också lästes igenom för att fastställa om de valda artiklarna var relevanta för frågeställningen samt uppfyllde inklusionskriterierna (SBU, 2017). Totalt 25 abstrakt som ansågs relevanta för litteraturstudien sammanställdes i en abstraktmatris. Det sista steget handlade om att läsa igenom valda artiklar i fulltext för att avgöra om de var lämpliga för studien (Forsberg & Wengström, 2016).

## **Analys av data**

Efter urvalsprocessen genomgick artiklarna som återstod en kvalitetsgranskning bestående av flera olika steg. Under det första steget fördelade och läste författarna artiklarna var för sig. Artiklarna numrerades för ökad läsbarhet. Granskningen av artiklar försiggick enligt SBU:s mall för kvalitetsgranskning av randomiserade studier och mall för kvalitetsgranskning av observationsstudier (SBU, 2014). SBU:s mallar användes som verktyg för att gradera artiklarnas kvalitet genom bedömning av artiklarnas syfte, bakgrundslitteratur, urval, utfall, intervention, resultat, bortfall och slutsats med hjälp av svarsalternativen “Oklart”, “Ej tillämpligt”, “Inget svar” och “Ej beskrivet”. En likvärdig bedömning mellan författarna säkrades genom att samtliga

fördes kontinuerligt kring graderingen med hjälp av citat från artiklarna fram tills att konsensus uppnåddes. I steg två bearbetade författarna tillsammans igenom artiklarna för att gradera den helomfattande kvaliteten utifrån de olika svarsalternativen. Graderingen åstadkoms genom beräkning av andelen procent "Ja" och "Nej". För att gradera kvaliteten som hög, medelhög eller låg, fick svaren bestå av ett specifikt antal procent "Ja" eller "Inget svar", där gränserna skulle vara; hög 75–100%, medelhög 50–74% och låg under 49%. Om antalet "Inget svar" översteg 10% värderades artikeln ner från hög till medelhög nivå (SBU, 2017). I respektive sökschema och databas (*Bilaga 1*) redovisas antal relevanta abstrakt samt antal inkluderade i urval 1 och 2 efter relevansbedömningen. Antalet representerar inga dubletter. Av totalt 15 artiklar som inkluderades i urval 1 graderades ingen som låg kvalitet. Tre stycken exkluderades däremot på grund av att det fanns diskrepanser i jämförelse med de andra studierna. De 12 kvarstående vetenskapliga studierna som granskats och valdes för att ingå i litteraturstudien presenteras i *Bilaga 2*. För den här litteraturstudien kommer det att göras en narrativ sammanvägning av resultatet utan evidensgradering där resultatet presenteras under relevanta kategorier eller deskriptivt i tabeller eller diagram (SBU, 2017). Efter att de 12 artiklarna granskats och analyserats, lyftes innehåll avsett för denna litteraturstudien ut. Därefter utkristalliserades ett antal olika kategorier och underkategorier som sedan blev rubriker i resultatet. Rubrikerna betitlar metodernas effekter på förebyggandet av atelektaser.

## **Forskningsetiska avvägningar**

Riktlinjerna för god medicinsk forskning enligt Vetenskapsrådet (2017) betonar vikten av att det inte förekommer fabricering eller plagiat av data, hypoteser eller metoder utan angivande av källa eller förvrängning av forskningsprocessen. Eftersom detta är en litteraturstudie ställdes inga särskilda etiska överväganden. Däremot bör etiska överväganden göras för en litteraturstudie beträffande urval och presentation av resultat (Forsberg & Wengström, 2016). Det är även av vikt att välja studier som har fått tillstånd av etiska kommittéer eller där noga etiska överväganden gjorts. Artiklar som saknat godkännande av etisk kommitté samt beskrivning av forskningsetiskt övervägande har därför inte inkluderats. Dessutom säkerställdes att urvalet samt presentationen av resultatet är etiskt förankrat. Kraven har grundats utifrån principerna för god forskningssed (Vetenskapsrådet, 2017).

## Resultat

Totalt deltog 1495 patienter i de inkluderade studierna. Det totala bortfallet var 26. Två av studierna var gjorda i Mellanöstern och de övriga var utförda i Asien, Europa och USA. I dataanalysen framkom tre huvudkategorier; Effekten av preoxygenering, Effekten av CPAP samt Effekten av PEEP, lungrekrytering och låga tidalvolymmer, med olika underkategorier som överlappar varandra.

**Tabell 5. Kategorier och underkategorier efter analys av den evidens som granskats.**

Kategorier	Underkategorier
Effekten av preoxygenering	“Washout maneuver”
Effekten av CPAP	
Effekten av PEEP, lungrekrytering och låga tidalvolymmer	PEEP och lungrekrytering PEEP och låga tidalvolymmer Individualiserad PEEP och “Open-lung approach”

### Effekten av preoxygenering

Under datainsamlingen identifierades en relevant studie som berörde preoxygenering. I denna studien av Östberg, Auner, Enlung, Zetterström och Edmark (2017) studerades hypotesen om mängden syrgastillförsel återställdes direkt efter preoxygeneringen skulle minska atelektasformationen och förbättra syresättningen postoperativt. Deltagarna bestod av 24 ortopediska patienter som randomiserades till två grupper där båda grupperna ventilerades med ett PEEP på 6-8 cmH<sub>2</sub>O beroende på PBW. Interventionsgruppen fick därefter en “washout maneuver” som innebar att ett högt färskgasflöde gavs med låg syrgashalt direkt efter intubation tills endtidal koldioxid sjönk 25%, vilket tog ungefär två minuter. Resultatet visade ingen skillnad avseende utbredningen av atelektaser mellan grupperna.

### Effekten av CPAP

Continuous positive airway pressure var också en metod som visade sig vara sparsamt analyserat i funktionen som avses för denna litteraturstudien. Lumb, Greenhill, Simpson och Stewart (2010)



visade emellertid i sitt resultat att den postoperativa syresättningen inte förbättrades av en kombination med lungrekrytering och upprätthållandet av ett positivt luftvägstryck (CPAP) fram till extubation. Deltagarna i studien var 44 vuxna patienter som genomgick elektiv kirurgi innefattande trachealintubation. De randomiserades för att antingen få en lungrekrytering, som innebär att ett tryck på 40 cmH<sub>2</sub>O ges i 15 sekunder, 30 min före anestes avslut följt av 10 cmH<sub>2</sub>O PEEP och därefter 10 cmH<sub>2</sub>O CPAP efter återkomst av spontanandning fram till extubation. Den andra gruppen fick ingen lungrekrytering men 5 cmH<sub>2</sub>O PEEP och ingen CPAP.

### Effekten av PEEP, lungrekrytering och låga tidalvolymmer

Nio av de 12 inkluderade artiklarna fokuserar på användandet av PEEP, lungrekrytering och låga tidalvolymmer som förebyggande metoder intraoperativt antingen var för sig eller kombinerat i syfte att förebygga atelektaser. Studierna sammanfattas som en översikt i *Tabell 6*.

**Tabell 6. Översikt av studierna i kategorin**

Författare	Syfte	Metod	Slutsats
Spadaro et al. (2016)	Studera effekterna av olika nivåer av PEEP. 52 patienter, ASA I-II; laparoskopisk och laparotomi kirurgi. BMI medelvärde 25. Ålder 56-78.	Tre olika nivåer av PEEP: noll (ZEEP), 5 cmH <sub>2</sub> O eller 10 cmH <sub>2</sub> O.	- Shuntning var liknande i båda grupperna. Vid laparotomi minskade emellertid en PEEP med 5 cmH <sub>2</sub> O signifikant shuntning jmf med ZEEP. - Vid laparoskopisk kirurgi sågs en signifikant minskning av shunt endast vid en PEEP på 10 cmH <sub>2</sub> O. - Överlag kunde stigande nivåer av PEEP förbättra lungfunktionen i båda grupperna.
Östberg et al. (2018)	Undersöka om enbart PEEP skulle vara tillräcklig för att begränsa atelektasbildning under icke-bukkirurgisk operation. 24 friska patienter, ålder 40-75 år, ASA I-II och BMI under 30.	Tre olika nivåer av PEEP på 7 eller 9 cmH <sub>2</sub> O (efter BMI) eller noll PEEP (ZEEP)	Under icke-abdominal kirurgi var PEEP tillräcklig för att minimera atelektaser i friska lungor och därigenom upprätthålla syresättningen.

Pereira et al. (2018)	Undersöka om individuellt titrerad PEEP under anestesi kan förbättra lungfunktionen under och efter operation. 40 pat. laparoskopisk eller öppen bukkirurgi. ASA I-II och ålder 26-74. BMI medelvärde 29,5.	Två nivåer av PEEP: 4 cmH <sub>2</sub> O eller få elektrisk impedanstomografi-styrd PEEP (given efter en lungrekrytering) samt tidalvolym på 6-8 ml/kg idealvikt.	Efter applicering av impedans-tomografistyrdd PEEP, resulterade denna strategi i mindre antal postoperativa atelektaser och lägre intraoperativt driving pressure.
Pi et al. (2015)	Kartlägga optimal strategi för mekanisk ventilation hos patienter. 63 patienter. BMI under 35. Elektiv öppen bukkirurgi. Exkl. patienter med svåra systemsjukdomar. Ålder >60 (medelålder 67).	Tre olika nivåer av tidalvolym: 9 ml/kg (PBW) och ZEEP; 7 ml/kg med 8 PEEP eller 7 ml/kg med 8 PEEP samt lungrekrytering.	Låg tidalvolym med PEEP och rekrytering visade sig ha fördelar vid upprätthållandet av lungans compliance och påskyndar återhämtningen av lungfunktionen redan den första postoperativa dagen.
Ferrando et al. (2017)	Jämföra effekten av driving pressure avseende lungrekrytering med låga tidalvolym med eller utan individualiserad PEEP. 36 patienter. Lungfriska, vuxna (medelålder 61) och ASA klass I-III. Elektivt öppen bukkirurgi. BMI medelvärde 25.	Initialt samma tidalvolym 6 ml/kg och PEEP på 5 cmH <sub>2</sub> O. Därefter erhöjll alla lungrekrytering. Sedan antingen fortsätta med samma PEEP nivå eller få en individualiserad "open lung" PEEP.	Lungrekrytering som appliceras under ventilation med låg tidalvolym förbättrar driving pressure och lungans effektivitet endast när den appliceras genom open-lung strategin med individualiserad PEEP.
Choi et al. (2017)	Undersöka effekten av lungrekrytering avseende perioperativa lungkomplikationer. 51 deltagare, ålder 60-80 år. BMI under 30 samt lungfriska. RARP (trendelenburg och bukinsufflering).	Samtliga fick PEEP på 5 och tidalvolym på 6-8 ml/kg PBW men därefter få PEEP med eller utan lungrekrytering.	Applicerandet av lungrekrytering till PEEP jämfört med enbart PEEP reducerade signifikant perioperativa lungkomplikationer hos äldre patienter som genomgår RARP.
Hemmes et al. (2014)	Undersöka om en hög nivå av PEEP med lungrekrytering skyddar mot postoperativa lungkomplikationer hos patienter som erhåller mekanisk ventilation med låga tidalvolym. 900 patienter. ASA klass I-V. Ålder 54-74. Öppen bukkirurgi. Inga med svår lungsjukdom.	Två olika nivåer av PEEP 12 cmH <sub>2</sub> O med lungrekrytering eller PEEP <2 cmH <sub>2</sub> O utan lungrekrytering.	Resultatet kunde inte påvisa någon signifikant skillnad mellan de två grupperna. Däremot jämfört med patienter i den lägre PEEP-gruppen utvecklade de i den högre PEEP-gruppen intraoperativ hypotension och behövde mer vasoaktiva läkemedel.

Treschan et al. (2012)	Jämföra postoperativ lungfunktion hos patienter ventilerade med höga eller låga tidalvolym. Övre bukkirurgi, 101 patienter. ASA klass I-II. Medelvikt 79 kg. Ålder 51-87.	Samtliga fick PEEP 5 cmH <sub>2</sub> O men ventilerades med tidalvolym på 12 ml/kg eller 6 ml/kg (PBW).	Resultatet påvisade ingen signifikant förbättrad postoperativ lungfunktion i gruppen med låg tidalvolym jämfört med höga gruppen.
Asida & Badawy (2015)	Undersöka om låga tidalvolym under mekanisk ventilation kan begränsa postoperativ lungskada. 104 patienter. Urologisk kirurgi i lateral position. ASA klass I-II. Ålder 18-65. Normal lungfunktion. BMI under 30.	Två nivåer av PEEP: 10 cmH <sub>2</sub> O med lungrekrytering och tidalvolym på 5-7 ml/kg eller ZEEP utan lungrekrytering med 10-12 ml/kg i tidalvolym.	Låga tidalvolym med 10 cmH <sub>2</sub> O PEEP och lungrekrytering visade på signifikant förbättring av lungfunktionen under det första postoperativa dygnet.
Haliloglu et al. (2018)	Jämföra effekterna av låg tidalvolym och 8 PEEP med hög tidalvolym och noll-PEEP (ZEEP) på postoperativ lungfunktion och syresättningsförmåga. RARP. 44 patienter. ASA I-II. Medelålder 61. Lungfriska. BMI under 40.	Två nivåer av PEEP: 8 cmH <sub>2</sub> O och 6 ml/kg tidalvolym eller ZEEP och 10 ml/kg tidalvolym.	Den postoperativa lungfunktionen var bättre hos patienter som ventilerades med en tidalvolym på 6 ml/kg och 8 cmH <sub>2</sub> O PEEP än hos patienter som ventilerades med en tidalvolym på 10 ml/kg och ZEEP.

### *PEEP och lungrekrytering*

I en stor multicenterstudie randomiserades 900 patienter som genomgick öppen bukkirurgi till att antingen få hög PEEP på 12 cmH<sub>2</sub>O med lungrekrytering eller låg PEEP  $\leq 2$  cmH<sub>2</sub>O utan lungrekrytering (Hemmes, Gama de Abreu, Pelosi & Schultz, 2014). Samtliga patienter fick tidalvolym på 8 ml/kg. Syftet var att undersöka om en hög nivå av PEEP med lungrekrytering skulle förebygga postoperativa lungkomplikationer under generell anestesi med låga tidalvolym. Resultatet kunde inte påvisa någon signifikant skillnad mellan de två grupperna. Det vill säga att hög nivå av PEEP i kombination med lungrekrytering inte reducerar förekomsten av postoperativa komplikationer inkluderat atelektaser. Högre PEEP gav dock bättre dynamisk compliance vilket föreslår ökad alveolär rekrytering. Det var däremot signifikant vanligare med hemodynamisk instabilitet i den höga PEEP gruppen. Enligt Hemmes et al. (2014) kan det vara så att högre PEEP i kombination med lungrekrytering ger en hyperinflation i "icke ventilerade lungor" vilket gör att den skyddande funktionen därför uteblir. Jämförelsevis i en annan studie av Choi et al. (2017) genomgick 51 äldre patienter elektiv robotassisterad

laparoskopisk radikal prostatektomi som innefattade trendelenburgläge och bukinsufflering. Deltagarna randomiserades efter induktion av anestesi till att antingen få PEEP utan lungrekrytering (kontrollgruppen) eller med lungrekrytering. Samtliga patienter fick således PEEP på 5 samt tidalvolym på 6-8 ml/kg (PBW). Resultaten påvisade en signifikant högre utsträckning av atelektaser postoperativt i gruppen som inte fick lungrekrytering. I båda grupperna observerades däremot en likställd tendens till sjunkande syresättning och påverkad compliance efter själva bukinsuffleringen.

### *PEEP och låga tidalvolym*

I en studie av Haliloglu, Bilgili, Ozdemir, Umuroglu och Bakan (2017) randomiserades 44 patienter som genomgick robotassisterad prostatektomi, vilket innebar trendelenburgläge, till att antingen få en låg tidalvolym med PEEP eller en hög tidalvolym utan PEEP. Patienterna i första gruppen ventilerades med en tidalvolym på 6 ml/kg och 8 cmH<sub>2</sub>O i PEEP. Patienterna i den andra gruppen fick en tidalvolym på 10 ml/kg och ingen PEEP. Lungrekrytering användes inte alls. Det intraoperativa och postoperativa arteriella partialtrycket av syrgas och den arteriella syrgasmättnaden var signifikant högre i gruppen som fick PEEP. Det var även vanligare med atelektaser i gruppen som fick hög tidalvolym och ingen PEEP. Likväl var lungfunktionen avseende FVC och FEV1 signifikant sämre i den gruppen postoperativt. Vidare sågs däremot en motsatt effekt i en liknande studie av Treschan et al. (2012) som jämförde hög och låg tidalvolym med något lägre PEEP. I studien randomiserades 101 patienter som skulle genomgå elektiv bukkirurgi till att antingen ventileras med en hög tidalvolym på 12 ml/kg (PBW) eller en låg tidalvolym på 6 ml/kg. PEEP var inställt på 5 cmH<sub>2</sub>O i båda grupperna och andningsfrekvensen justerades till normokapnia. En lungrekrytering genomfördes innan extubation. Resultatet påvisade ingen signifikant förbättrad postoperativ lungfunktion i gruppen med låg tidalvolym jämfört med höga gruppen. Det fanns heller ingen signifikant skillnad i FVC eller FEV1 mellan grupperna de första fem postoperativa dagarna. Fler antal patienter i låga gruppen hade atelektaser men det fanns inte någon signifikant skillnad i svårighetsgraden av atelektaser mellan grupperna. Luftvägstrycket och luftvägsmotståndet var däremot signifikant högre i gruppen med hög tidalvolym. PaO<sub>2</sub>/F<sub>i</sub>O<sub>2</sub>-förhållandet var också högre i gruppen som fick hög tidalvolym.

Jämförelsevis undersökte Asida och Badawy (2015) i en prospektiv klinisk studie innefattande 104 patienter som skulle genomgå elektiv urologisk kirurgi i en lateralt liggande position, en liknande föresats men med en högre PEEP. Där fördelades patienterna jämnt till att ventileras mekaniskt med låga tidalvolymmer på 5-7 ml/kg (PBW) med PEEP på 10 inklusive lungrekrytering eller höga tidalvolymmer på 10-12 ml/kg utan PEEP och ingen lungrekrytering. Lungfunktionen mättes vid 4 tillfällen utspritt intra- och postoperativt. Författarna kunde påvisa en signifikant skillnad i förbättringen av lungfunktionen för samtliga uppmätta parametrar (FVC och FEV1) för gruppen med låg tidalvolym, upp till 24 timmar postoperativt. Gruppen med höga tidalvolymmer och utan PEEP hade dessutom fler fall av atelektaser. Även denna studien visade att  $\text{PaO}_2/\text{F}_i\text{O}_2$  förhållandet var högt i den höga gruppen. Den något högre nivån av PEEP var inte associerad med någon allvarligare hemodynamisk instabilitet (Asida & Badawy, 2015). I relation till övriga resultat i kategorin, utförde Pi et al. (2015) en studie där 63 patienter som skulle genomgå icke-laparoskopisk bukkirurgi randomiserades i tre grupper. Första gruppen fick en tidalvolym på 9 ml/kg (PBW) men ingen PEEP, andra gruppen fick tidalvolym på 7 ml/kg med 8 i PEEP och tredje gruppen fick en tidalvolym på 7 ml/kg med 8 i PEEP och en lungrekrytering. Intraoperativt mättes  $\text{PaO}_2/\text{F}_i\text{O}_2$ -förhållandet, compliance samt FVC och FEV1. Tredje gruppen som fick låga tidalvolymmer, PEEP samt lungrekrytering visades ha signifikanta fördelar med att upprätthålla compliance och påskynda återhämtningen under det första postoperativa dygnet.  $\text{PaO}_2/\text{F}_i\text{O}_2$  förhållandet samt compliance var bättre i grupperna som fick de lägre tidalvolymerna. Även denna studien visade att luftvägstrycket var högre i gruppen som fick hög tidalvolym och ingen PEEP.

### *Individualiserad PEEP och "Open-lung approach"*

Ett par av studierna har betraktat konceptet av att anpassa metoderna utifrån patientens tillstånd i syfte att förebygga atelektaser men samtidigt optimera lungfunktionen postoperativt. Östberg et al. (2018) inriktade sin studie på individualiseringen av PEEP för att undersöka hur atelektaser kan minimeras samtidigt som respirationen förblir effektiv. I studien randomiserades 24 patienter som undergick icke-bukkirurgi med generell anestesi till att få mekanisk ventilation med PEEP på 7 eller 9 cmH<sub>2</sub>O, justerad efter BMI eller ingen PEEP. Ingen lungrekrytering användes. Författarna konstaterade att PEEP kan verka tillräckligt för att minimera bildningen av atelektaser i friska lungor och därigenom upprätthålla adekvat syresättning vid icke-bukkirurgi

(a.a.). Resultatet påvisade att PEEP dessutom hade en signifikant bättre inverkan avseende syresättningen ( $\text{PaO}_2/\text{F}_i\text{O}_2$  förhållandet) och dynamisk compliance under anestesi. Det fanns också en positiv korrelation mellan patienternas hemodynamik och PEEP-nivån om den ställdes in utefter patientens BMI.

Följaktligen i en annan studie av Pereira et al. (2018) studerades 40 patienter där 20 genomgick laparoskopisk kirurgi och 20 öppen bukkirurgi. Deltagarna randomiserades till att antingen få PEEP på 4  $\text{cmH}_2\text{O}$  eller få elektrisk impedanstomografi-styrd PEEP. Det var således ett mätverktyg som applicerades efter en lungrekrytering och riktades mot att minimera lungkollaps och hyperdistension vilket innebar att PEEP-nivån ställdes in mot de variablerna. Utöver det fick patienterna tidalvolym på 6-8  $\text{ml/kg}$  (PBW). Patienterna blev senare extuberade utan att vald PEEP eller  $\text{F}_i\text{O}_2$  ändrades under anestesi och därefter utfördes en datortomografi av lungorna. Studien påvisade att individualiserad PEEP signifikant kunde minska bildningen av postoperativ atelektas samtidigt som intraoperativ syresättning och driving pressure förbättrades men att behoven av PEEP varierade mycket mellan patienterna. Det fanns ett samband med BMI, där lägre BMI krävde lägre nivå av PEEP och vice versa (a.a.). Det var också en signifikant bättre skillnad av  $\text{PaO}_2/\text{F}_i\text{O}_2$  förhållandet i gruppen som fick individualiserad PEEP. Studien visade därutöver att det inte fanns någon skillnad på mängden atelektaser mellan laparoskopisk eller öppen bukkirurgi. Däremot bland patienterna som genomgick laparotomi och fick PEEP på 4 var nivån av lungkollaps något mer ihållande. Observationsstudien av Spadaro et al. (2016) ger stöd till det föregående resultatet. De 52 patienterna som skulle genomgå laparotomi eller laparoskopisk kirurgi blev slumpmässigt utvalda till att få tre olika nivåer av PEEP; ZEEP, 5  $\text{cmH}_2\text{O}$  och 10  $\text{cmH}_2\text{O}$ . Pulmonell shunt samt ventilation/perfusion mismatch räknades ut med hjälp av mätningar av syrgastrick och syrgasmättnad. För gruppen som genomgick laparotomi med ett PEEP på 5  $\text{cmH}_2\text{O}$ , minskade shuntningen signifikativt jämfört gruppen med ZEEP. Däremot vid laparoskopisk kirurgi, erhöles en signifikant minskning av shunt endast om PEEP var 10  $\text{cmH}_2\text{O}$ . Även om laparoskopisk kirurgi var förknippad med en lägre compliance kunde högre nivåer av PEEP förbättra lungfunktionen i båda grupperna (a.a.).

Fortsättningsvis efterforskade Ferrando et al. (2017) ett individinriktat tillvägagångssätt i sin studie där 36 patienter som skulle genomgå elektivt öppen bukkirurgi deltog. Samtliga patienter

fick initialt en tidalvolym på 6 ml/kg och PEEP på 5 cmH<sub>2</sub>O. Därefter erhöjll alla en lungrekrytering för att 30 minuter efter randomiseras till att antingen fortsätta med samma PEEP eller få en individualiserad “open lung” PEEP. Tillvägagångssättet uttryckt som “Open-lung approach” [OLA] innebär att en lungrekrytering genomförs, därefter ställs en individanpassad PEEP in. Författarna definierar det senare som den maximala nivå av dynamisk compliance som inte leder till en farlig PEEP med hjälp av volumetrisk kapnografi vilket mäter nivån av alveolärt deadspace. PEEP ställdes in efter motsvarande uppmätt C<sub>dyn</sub>. Resultatet av studien visade att individualiserad PEEP och OLA gav signifikant bättre respiratoriska funktioner gällande compliance och PaO<sub>2</sub>/F<sub>i</sub>O<sub>2</sub>-förhållande samt lägre luftvägstryck och minskat alveolärt deadspace. I gruppen som fick ett PEEP på 5 visade det sig att för de flesta av patienterna var det en otillräcklig nivå av PEEP för att hålla lungorna stabila (a.a.).

## Diskussion

### Metoddiskussion

En systematisk litteraturstudie med kvantitativ ansats låg till grund som metod för uppsatsen. Metoden utgör ett verktyg för att sammanställa relevant kunskap och utgör därmed ett sätt för att omsätta teori praktiskt intraoperativt. Den kvantitativa ansatsen möjliggör en syntes och undersökning av effektiviteten av metoder som minskar uppkomsten av atelektaser. Resultatet består av studier med deduktiv ansats vars ändamål är att utvärdera lämpligheten av metoderna ifråga. Nackdelen med en litteraturstudie som metod är bland annat risken för confirmation bias, det vill säga, att data redan tolkats av forskare, vilket kan leda till att viktig information har gått förlorad i publicerade studier jämfört med insamlad rådata från en fältstudie som inte tolkats i förväg (Forsberg & Wengström, 2016). Fördelen med en litteraturstudie är dock att metoden möjliggör en kartläggning av flera forskningsstudiers resultat inom ett specifikt ämne och kan därmed ge en samlad översikt över kunskapsläget. Genom att arbeta metodiskt och klargöra samtliga genomförda steg minskas risken för bias. Forsbergs och Wengströms (2016) rekommendationer för hur en litteraturstudie utformas har legat till grund för att få till stånd en god reliabilitet. Förutsättningen är dock att det finns ett teoretiskt kunnande och en erfarenhet hos författarna för att kunna åstadkomma en sådant förfarande. En svaghet med ett dylikt

tillvägagångssätt, trots att avsikten är att vara systematisk i arbetssättet, är att författarna kan sakna tillräcklig bred erfarenhet för att producera och genomföra en studie av detta slaget.

Urvalet av vetenskapliga artiklar präglades av och hade en utgångspunkt i tydliga inklusions- och exklusionskriterier, vilket har bidragit till att litteratursökningen blev systematisk. Därtill ökades validiteten genom tillämpning av PICO-modellen (Forsberg & Wengström, 2016). För att få en tillräckligt stor datainsamling fastställdes att de inkluderade studierna fick som mest vara tio år gamla. En nackdel med kriteriet är att det finns risk för att användbar information kan ha exkluderats. Enligt Forsberg och Wengström (2016) ska det eftersträvas så lång det går att aktuell forskning används för att stärka studiens validitet. Därtill var de vetenskapliga artiklarna som inkluderades skrivna på engelska, vilket är en nackdel. Ett sådant kriterium kan leda till att andra studier skrivna på ett annat språk som svarar till litteraturstudiens syfte kan ha exkluderats. Enligt SBU (2017) är majoriteten av vetenskapliga artiklar inom hälso- och sjukvård publicerade på engelska, tyska, kinesiska eller italienska. Eftersom engelska är ett internationellt språk blev engelskan ett givet inklusionskriterie. För att översätta ord som inte redan var kända, har även ordböcker använts vid fåtal tillfällen i syfte att öka validiteten och minska risken för feltolkningar. Författarna kan ändå ha begränsade språkkunskaper och därmed ha haft svårt att tolka artiklarna som alla var publicerade på engelska, vilket i sin tur innebär en risk för bias. Ett annat kriterium för litteraturstudien var att samtliga vetenskapliga artiklar blivit peer-reviewed, det vill säga att artiklarna blivit bedömda av oberoende experter inom området för att öka validiteten.

För att göra sökningarna mer specifika, användes blocksökning med ämnesord för att underlätta litteratursökningen. För att bredda sökresultatet kombinerades sökningarna med fritextord. En styrka är att databaserna visade återkommande resultat med hjälp av samma ämnesord. Med hjälp av fritextsökning kunde också nyare studier identifieras. För att öka validiteten ytterligare ska samtliga studier som uppfyller urvalskriteriet kvalitetsgranskas kritiskt enligt SBU (2017), vilket har fullföljts med tillgängliga bedömningsmallar för kvantitativa studier. Samtliga artiklar var kvantitativa samt 11 av 12 var randomiserade kontrollerade studier. Forsberg och Wengström (2016) menar att randomiserade kontrollerade studier är de som svarar bäst mot att finna de mest effektiva behandlingsåtgärderna. Nästan samtliga inkluderade artiklar bedömdes vara av hög



kvalité. En nackdel med att begränsa sig till tre databaser är att det kan medföra att resultatet blir mer begränsat än om fler databaser hade använts. Utav de artiklar som valdes ut till resultatet hittades fem av artiklarna i PubMed, sex i Elsevier och en i CINAHL.

Denna litteraturstudien hade som utgångspunkt att inte begränsa populationen mer än till exkluderingen av barn, trauma, övervikt och akuta lungsjukdomar. Samtliga artiklar var någorlunda likartade vad gäller urval av ASA klass, det vill säga främst ASA I-II. I de fall som patienter med ASA III eller högre inkluderades, analyserades vilken typ av sjukdom de patienterna hade och således om patienter med lungsjukdomar förelåg, togs det i beaktande i resultatet alternativt exkluderades artikeln helt och hållet. Av de inkluderade studierna så var det endast fyra som inkluderade patienter med ASA klass III och IV. I granskningen bedömdes däremot att antalet deltagare i den kategorin var genomgående få, vilket anses som en styrka och därmed något som får bedömas ha haft en liten inverkan på resultatet. Samma bedömning gjordes för övervikt och BMI. BMI var ofta ett kriterium i artiklarna eller så var medelvikten angivet. Studier som undersökte ventilationsmetoderna i relation till övervikt alternativt inkluderade patienter med högt BMI exkluderades för att inte orsaka för stora skillnader i resultatet. Denna litteraturstudien inriktade sig på vuxna patienter. Åldern på deltagarna i de inkluderade studierna varierade sammantaget mellan 18-87 år. Medelåldern på deltagarna i studierna var däremot omkring 50-60 år vilket är värt att ta i beaktande till resultatet.

## **Resultatdiskussion**

Den här litteraturstudien har som ändamål att beskriva olika preventiva metoder som en anestesijuksköterska kan tillämpa för att förebygga eller minimera bildandet av atelektaser intraoperativt hos vuxna patienter och därmed upprätthålla den fysiologiska integriteten. Utgångspunkten för litteratursökningen hade en bred ansats med hänsyn till vilken typ av kirurgi och anestesiform patienterna genomgick i relation till bestämda metoder. Tre kategorier, närmare bestämt, metoder med olika underkategorier identifierades: 1) Preoxygenering; 2) CPAP och 3) PEEP, låga tidalvolym eller lungrekrytering. Underkategorierna som är presenterade i resultatdelen åskådliggör hur vissa metoder är sammanflätade och bör användas i kombination med varandra av anestesijuksköterskan. De vetenskapliga artiklarna som använts i den här litteraturstudien kan däremot inte uppvisa ett enhetligt svar över vilka metoder som är mest

optimala i att förebygga atelektaser. Därtill har de valda artiklarna enbart haft inriktning på tre typer av kirurgi, det vill säga bukkirurgi, ortopedi och urologi. Några andra typer av kirurgi kunde inte identifieras och resultatet bör därför överföras med försiktighet.

De valda artiklarna fokuserade på att undersöka metoderna PEEP, CPAP, preoxygenering, låga tidalvolym, och lungrekrytering i förhållande till förebyggandet av atelektaser intraoperativt. Nästan samtliga metoder utom preoxygenering är lika mycket parametrar som inställningar på en respirator som en anestesijuksköterska ska kunna modifiera eller optimera till en sövd patient. Därmed är det praktiska mervärdet av studien av stor betydelse och avgörande till varför problemområdet initialt valts. Författarna i föreliggande studie är medvetna om att det finns andra sätt att förebygga och behandla postoperativa atelektaser, förslagsvis med mobilisering och andningsgymnastik (Fagerberg & Herges Odenstedt, 2016). Men avsikten var att specifikt undersöka hur en anestesijuksköterska kan bidra till att minska utbredningen av atelektaser redan under operationen eftersom det bara krävs en mindre justering av inställningarna på respiratorn, vilket skulle kunna resultera i att allvarliga postoperativa komplikationer förebyggs.

Studierna har använt olika mätmetoder för att utvärdera utbredningen av atelektaser.

Mätmetoderna som tillämpats har varierat från röntgen, spirometri, dynamisk compliance till att studera  $\text{PaO}_2/\text{F}_i\text{O}_2$ -förhållandet. Användningen av dessa parametrar har varit enhetliga mellan studierna och det anses vara en styrka i denna litteraturstudien. En svaghet däremot är att det hela blir något mer komplicerat att förhålla sig till. Exempelvis kan  $\text{PaO}_2/\text{F}_i\text{O}_2$ -förhållandet påverkas av vilken tidalvolym som ges. En högre tidalvolym kan ge ett bättre  $\text{PaO}_2/\text{F}_i\text{O}_2$ -förhållande och behöver nödvändigtvis inte tyda på en liten mängd atelektaser (Asida & Badawy, 2015; Treschan et al., 2012). Artikelförfattarna har också förklarat att shuntning kan uppstå av exempelvis vätskebrist, kraftiga blodtrycksfall eller blödningar, vilket kan ge missvisande resultat. Under granskningen av artiklarna har författarna i denna litteraturstudie därför analyserat vilka hänsynstaganden studierna haft för att förebygga bias genom att beakta samtliga faktorer. Bland annat har studierna beskrivit beaktanden och åtgärder avseende påverkan på hemodynamik samt vätskebalans. Sammantaget fanns mycket små variationer i detta på sådant sätt att resultatet ändå anses tillförlitligt.

Det som kan fastställas för kategorierna preoxygenering och CPAP, var för sig eller i kombination med PEEP, är att det saknas tillräckliga och tydliga belägg för att en tillämpning av dessa kan förebygga atelektaser (Lumb et al., 2010; Östberg et al., 2017). Orsaken var att preoxygenering inte verkade vara ett vedertaget begrepp. Likaså var CPAP inte undersökt i sammanhanget kring förebyggandet av atelektaser under anestesi. Av de anledningarna kan det påstås att i relation till det ambitiösa syftet i denna litteraturstudien, har en rättvis jämförelse inte kunnat genomföras. Mer forskning behövs för att djupare undersöka det vetenskapliga stödet för de metoderna.

För den sista identifierade kategorin, ”PEEP, lungrekrytering och låga tidalvolymmer”, uppvisas mångtydiga resultat över vilken kombination som är mest effektiv av de berörda metoderna. Ett flertal studier har kunnat påvisa goda resultat med tillämpning av lungrekrytering i kombination med PEEP, med eller utan låga tidalvolymmer (Asida & Badawy, 2015; Choi et al., 2017; Ferrando et al., 2017; Pi et al., 2015). Andra studier lyfter fram att det är tillräckligt med tillämpningen av enbart en högre PEEP för att minimera bildandet av atelektaser (Pereira et al., 2018; Spadaro et al., 2016; Östberg et al., 2018). Emellertid är det värt att notera att i studien av Hemmes et al. (2014) som innefattade totalt 900 deltagare, varav det inkluderades 11 patienter med ASA klass IV, påvisades ingen effekt med användandet av höga nivåer av PEEP jämfört med låga i förebyggandet av atelektaser. Samma studie kunde dock påvisa att höga PEEP resulterade i högre grad av hypotension och därmed till en ökad användning av vasoaktiva läkemedel. D’Antini et al. (2018) ger motiveringen att för höga och för låga PEEP-nivåer kan orsaka en hyper- respektive hypoinflation i lungorna vilket bidrar till att den optimala förebyggande nivån uteblir.

Nackdelen med att inkludera en stor studie innebär att den kan vara avgörande för hela resultatet. En sådan studie bör dessutom vara av hög kvalitet. Studien av Hemmes et al. (2014) var välgjord och kvalitetsgranskades av författarna i denna litteraturstudie till en hög nivå. Enligt SBU (2017) har alla enskilda resultat dock inte samma tyngd i sammanvägningen och den relativa tyngden i varje resultat beror på antalet individer i studien. Samtidigt kan stora studier som påvisar en statistiskt signifikant men inte kliniskt relevant effekt få anses ha ett mindre värde (a.a.). Relevansen med att inkludera den studien var endast aktuell för att ge en fingervisning kring hur

effekten faller ut vid en låg respektive hög PEEP. För de övriga artiklarna så kan det få antalet deltagare i de enskilda studierna innebära en svaghet. Men eftersom artiklarna sammanlagt givit resultat som hänvisar i samma riktning anses det som en styrka.

Gällande metoden lungrekrytering anses det vara av mer relevans att diskutera metodens övergripande betydelse. Resultatet antyder att en adekvat nivå av PEEP bör vara tillräckligt vilket innebär att lungrekrytering endast bör ges när det finns en tydlig indikation. Uppfattningen är därför att individualiseringen är något att sträva efter och i bedömningen ta hänsyn till det som påverkar patienten och agera därefter. Ett sådant belägg kan ses i resultatet av Choi et al. (2017) där lungrekrytering hade en signifikant bättre effekt hos gruppen som genomgick laparoskopisk kirurgi eftersom det i det fallet innebär en yttre påfrestning på patienten.

I sin helhet ger resultatet en indikation på att det kan finnas en fördel för anestesijuksköterskan att i alla fall tillämpa PEEP med låga tidalvolymmer för att förebygga bildandet av atelektaser (Haliloglu et al., 2018; Treschan et al., 2012). Fördelarna tyder mycket på att adekvat PEEP och låga tidalvolymmer bör kombineras. Enskild användning hjälper möjligtvis inte. Något som varit framträdande och som kan ge en antydning om att det är vad anestesijuksköterskan bör eftersträva är individualiseringen av PEEP. Ändamålet är alltså att bedöma den individuella patientens egenskaper, till exempel ålder och vikt, inklusive vilka yttre faktorer patienten kommer att exponeras för, alltså typ av kirurgi och läge, som underlag i sitt beslut över inställningar på respiratorn. Några standardiserade PEEP nivåer som är mest effektiva i förebyggandet av atelektaser är alltså svårt att framföra. Studierna av Ferrando et al. (2017), Pereira et al. (2018), Spadaro et al. (2016) och Östberg et al. (2018) pekar iallafall på att de optimala PEEP-nivåerna kan variera mycket beroende på individen, men bör ställas in något högre än generellt för att effektivt förebygga atelektaser. I vilken omfattning open-lung approach samt impedans-tomografistyrd PEEP kommer utvecklas i framtiden förekommer inte, men resultatet av det har visat sig vara positivt på många punkter och av den anledningen värdefullt att studera vidare. Gällande lungrekrytering har det visat sig effektivt i vissa situationer och lämpligen bör den genomföras endast när indikation finns.

Det sammanställda resultatet indikerar att det kan finnas flera olika sätt för en anestesijuksköterska att förebygga atelektaser intraoperativt genom att justera inställningarna på respiratorn. Det finns dock inte tillräckligt vetenskapligt stöd för att framställa ett standardiserat tillvägagångssätt av de undersökta metoderna. Studierna som haft den individualiserade inriktningen har däremot visat tydligast resultat. En individualiserad strategi kan innebära att patientens fysiologiska grundtillstånd, likaså typ av kirurgi, bör avgöra vilka gränsvärden av PEEP och tidalvolym som anestesijuksköterskan kan välja att ställa in på respiratorn. Med en insikt om detta kan anestesijuksköterskan säkerställa den sövda patientens fysiologiska integritet som innefattar en stabil respiration och cirkulation. Enligt Callista Roys adaptationsmodell är målet att bevara patientens fysiologiska integritet vilket anestesijuksköterskan kan göra genom att bistå med omvårdningsinterventioner eller göra det bästa möjliga av omständigheterna och som vårdare hjälpa med att anpassa identiteten till en ny situation (Wiklund Gustin & Lindwall, 2012). På så vis har anestesijuksköterskan en viktig roll där hans eller hennes omvårdningskunskaper utgår ifrån vetenskap med beprövad erfarenhet. Syftet med evidensbaserad vård är också att minimera riskerna där patienten får vård som är onödig eller till och med skadlig (Johansson & Wallin, 2013). Vad som därmed kan förväras av denna litteraturstudie är dels kännedom om metodernas effekt på att minimera risken för skada genom att förebygga postoperativa komplikationer samt dels att öka medvetenheten om riskerna om metoderna används felaktigt. Det är viktigt att tänka på att tillämpningen av evidensbaserad vård kan vara svår i komplexa omvårdnadssituationer (a.a.). Det gäller då att ta hänsyn till bästa tillgängliga vetenskapliga bevis och i första hand gäller systematiska översikter. Många gånger presenteras resultat för den genomsnittliga populationen, vilket innebär att det möjligen inte fungerar på alla personer. Det gäller därför att använda resultaten på ett insiktsfullt sätt. Det är också av den anledningen viktigt att verksamheten är öppen för att implementera nya forskningsresultat som ger vedertagna kliniska riktlinjer samt att arbetet ger möjlighet till ett i detta fall individanpassat omvårdnadsarbete. I anestesijuksköterskans arbete med säker vård innefattas uppgiften av att kontinuerligt utvärdera den sövda patientens tillstånd med en ständig beredskap på att situationen kan fordra en plötslig justering av parametrarna i fråga och alltid involvera ansvarig anesthesiolog i tillfällen av osäkerhet. Till hjälp i samband med beslut av åtgärder ska lagar och författningar dessutom beaktas. Här föreligger främst Patientsäkerhetslagen (SFS 2010:659) som innebär att hälso- och sjukvårdspersonalen ska utföra

sitt arbete i överensstämmelse med vetenskap och beprövad erfarenhet samt att den som tillhör hälso- och sjukvårdspersonalen bär själv ansvaret för hur han eller hon fullgör sina arbetsuppgifter.

## **Konklusion och implikation**

Den här litteraturstudien indikerar att det finns flera olika sätt att förebygga atelektaser intraoperativt. Resultatet visade att låga tidalvolymmer och PEEP kan vara de mest effektiva metoderna för att minska förekomsten av atelektaser. Resultatet antyder också på att lungrekrytering endast verkar vara nödvändigt om tydlig indikation finns. Det finns däremot inget standardiserat förfarande vid valet av tidalvolymmer eller PEEP-nivå. En individualiserad inriktning av metoderna verkar vara det viktigaste tillvägagångssättet. Inga skillnader kunde identifieras avseende tillämpningen av CPAP och preoxygenering. Mer forskning behövs för att djupare undersöka det vetenskapliga stödet för de metoderna. Det är viktigt att anestesijuksköterskor är medvetna om att kombinationen av låga tidalvolymmer med adekvat PEEP och lungrekrytering i relation till patient och kirurgiskt ingrepp, kan vara den mest fördelaktiga strategin som kan tillämpas intraoperativt. Då verkar en fysiologisk balans kunna uppnås.

## Referenser

Asida, S. M., & Badawy, M. S. (2015). Effect of low tidal volume during general anesthesia for urological procedures on lung functions. *Egyptian Journal of Anaesthesia*, 31, 127-134.

Aune, G-E. (2013). Överviktiga patienter. I I. Hovind (Red.), *Anestesiologisk omvårdnad* (s. 413-434). Lund: Studentlitteratur.

Berg, T., & Hagen, O. (2013). Förebygga och behandla anestesiorelaterade komplikationer. I I. Hovind (Red.), *Anestesiologisk omvårdnad* (s. 283-309). Lund: Studentlitteratur.

Choi, E-S., Oh, A-Y., In, C-B., Ryu, J-H., Jeon, Y-T., & Kim, G. (2017). Effects of recruitment manoeuvre on perioperative pulmonary complications in patients undergoing robotic assisted radical prostatectomy: A randomised single-blinded trial. *PLoS ONE*, 12(9), e0183311.

D'Antini, D., Huhle, R., Herrmann, J., Sulemanji, D. S., Oto, J., Raimondo, P., ... Cinella, G. (2018). Respiratory system mechanics during low versus high positive end-expiratory pressure in open abdominal surgery: A substudy of PROVHILO randomized controlled trial. *Critical Care and Resuscitation*, 126(1), 143-149.

Drageset, S., & Steinar Haugen, A. (2013). Uppläggning av operationspatienten. I I. Hovind (Red.), *Anestesiologisk omvårdnad* (s. 265-274). Lund: Studentlitteratur.

Espe, K., & Hovind, I. L. (2013). Säkra fria luftvägar. I I. Hovind (Red.), *Anestesiologisk omvårdnad* (s. 225-246). Lund: Studentlitteratur.

Fagerberg, A., & Herges Odenstedt, H. (2016). Postoperativ vård. I S. Lindahl, O. Winsö & J. Åkesson (Red.), *Anestesi*. (3. [omarb.] uppl. s. 338-348). Stockholm: Liber.

Ferrando, C., Suarez-Sipmann, F., Tusman, G., León, I., Romero, E., Gracia, E., ... Belda, F. J. (2017). Open lung approach versus standard protective strategies: Effects on driving pressure

and ventilatory efficiency during anesthesia - A pilot, randomized controlled trial. *PLoS ONE*, 12(5), e0177399.

Forsberg, C., & Wengström, Y. (2016). *Att göra systematiska litteraturstudier: Värdering analys och presentation av omvårdnadsforskning*. Stockholm: Natur Kultur Akademisk.

Forsmo, A. (2013). Anestesiapparatur och ventilationsmetoder. I I. Hovind (Red.), *Anestesiologisk omvårdnad* (s. 249-263). Lund: Studentlitteratur.

Güldner, A., Kiss, T., Serpa Neto, A., Hemmes, S. N., Cane, J., Spieth, P. M., ... Gama de Abreu, M. (2015). Intraoperative protective mechanical ventilation for prevention of postoperative pulmonary complications: a comprehensive review of the role of tidal volume, positive end-expiratory pressure, and lung recruitment maneuvers. *Anesthesiology*, 123(3), 692-713.

Haliloglu, M., Bilgili, B., Ozdemir, M., Umuroglu, T., & Bakan, N. (2017). Low Tidal Volume Positive End-Expiratory Pressure versus High Tidal Volume Zero-Positive End-Expiratory Pressure and Postoperative Pulmonary Functions in Robot-Assisted Laparoscopic Radical Prostatectomy. *Medical principles and practice: international journal of the Kuwait University, Health Science Centre*, 26(6), 573-578.

Hedenstierna, G., & Edmark, L. (2015). Effects of anesthesia on the respiratory system. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*, 29(2015), 273-284.

Hedenstierna, G., & Åkesson, J. (2016). Fysiologi. I S. Lindahl, O. Winsö & J. Åkesson (Red.), *Anestesi*. (3. [omarb.] uppl. s. 27-70). Stockholm: Liber.

Hemmes, S. N. T., Gama de Abreu, M., Pelosi, P., & Schultz, M. J. (2014). High versus low positive end-expiratory pressure during general anaesthesia for open abdominal surgery (PROVHILO trial): a multicentre randomised controlled trial. *The Lancet*, 384, 495-503.



Johansson, E., & Wallin, L. (2013). Evidensbaserad vård. I A-K. Edberg, A. Ehrenberg, F. Friberg, L. Wallin, H. Wijk & J. Öhlen (Red.), *Omvårdnad på avancerad nivå - kärnkompetenser inom sjuksköterskans specialistområden* (s. 103-139). Lund: Studentlitteratur.

Jonson, B., & Wollmer, P. (2011). *Klinisk fysiologi med nuklearmedicin och klinisk neurofysiologi*. Stockholm: Liber.

Kelkar, K. V. (2015). Post-operative pulmonary complications after non-cardiothoracic surgery. *Indian Journal of Anaesthesia*, 59(9), 599-605.

Lumb, A. B., Greenhill, S. J., Simpson, M. P., & Stewart, J. (2010). Lung recruitment and positive airway pressure before extubation does not improve oxygenation in the post-anaesthesia care unit: a randomized clinical trial. *British Journal of Anaesthesia*, 104(5), 643-7.

*Patientsäkerhetslag* (2010:659). Hämtad från riksdagens webbplats:  
[https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/patientsakerhetslag-2010659\\_sfs-2010-659](https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/patientsakerhetslag-2010659_sfs-2010-659).

Pelosi, P., & Ball, L. (2018). Should we titrate ventilation based on driving pressure? Maybe not in the way we would expect. *Annals of Translational Medicine*, 6(19), 389.

Pereira, S. M., Tucci, M. R., Morais, C. C. A., Simões, C. M., Toneletto, B. F. F., Pompeo, M. S., ... Amato, M. B. P. (2018). Individual Positive End-expiratory Pressure Settings Optimize Intraoperative Mechanical Ventilation and Reduce Postoperative Atelectasis. *Anesthesiology*, 129(6), 1070-81.

Pi, X., Cui, Y., Wang, C., Guo, L., Sun, B., Shi, J., ... Li, E. (2015). Low tidal volume with PEEP and recruitment expedite the recovery of pulmonary function. *International journal of clinical and experimental pathology*, 8(11), 14305-14314.

Riksföreningen för anestesi och intensivvård. (2012). *Kompetensbeskrivning: Legitimerad sjuksköterska med specialistsjuksköterskeexamen med inriktning mot anestesijukvård.*

Hämtad från <https://www.swenurse.se/Sa-tycker-vi/publikationer/Kompetensbeskrivningar-och-riktlinjer/Specialistsjukskoterska-inom-anestesisjukvard/>

Spadaro, S., Karbing, D. S., Mauri, T., Marangoni, E., Mojoli, F., Valpiani, G., ...Volta, A. (2016). Effect of positive end-expiratory pressure on pulmonary shunt and dynamic compliance during abdominal surgery. *British Journal of Anaesthesia*, 116(6), 855-61.

Statens beredning för medicinsk och social utvärdering. (2017). *Utvärdering av metoder i hälso- och sjukvården och insatser i socialtjänsten (SBU:s handbok)*. Stockholm: Statens beredning för medicinsk och social utvärdering. Hämtad från <https://www.sbu.se/globalassets/ebm/metodbok/sbushandbok.pdf>

Statens beredning för medicinsk och social utvärdering. (2014). *Mall för kvalitetsgranskning av observationsstudier*. Stockholm: Statens beredning för medicinsk och social utvärdering. Hämtad från [https://www.sbu.se/globalassets/ebm/metodbok/mall\\_observationsstudier.pdf](https://www.sbu.se/globalassets/ebm/metodbok/mall_observationsstudier.pdf)

Statens beredning för medicinsk och social utvärdering. (2014). *Mall för kvalitetsgranskning av randomiserade studier*. Stockholm: Statens beredning för medicinsk och social utvärdering. Hämtad från [https://www.sbu.se/globalassets/ebm/metodbok/mall\\_randomiserade\\_studier.pdf](https://www.sbu.se/globalassets/ebm/metodbok/mall_randomiserade_studier.pdf)

Treschan, T. A., Kaisers, W., Schaefer, M. S., Bastin, B., Schmalz, U., Wania, V., ... Beiderlinden, M. (2012). Ventilation with low tidal volumes during upper abdominal surgery does not improve postoperative lung function. *British Journal of Anaesthesia*, 109(2), 263-71.

Tusman, G., Böhm, S. H., Warner, D. O., & Sprung, J. (2012) Atelectasis and perioperative pulmonary complications in high-risk patients. *Current Opinion in Anesthesiology*, 25(1), 1-10.

Vetenskapsrådet. (2017). *God forskningssed*. Stockholm: Vetenskapsrådet. Hämtad från <https://www.vr.se/analys-och-uppdrag/vi-analyserar-och-utvarderar/alla-publikationer/publikationer/2017-08-29-god-forskningssed.html>

Wiklund Gustin, L., & Lindwall, L. (2012). *Omvårdnadsteorier i klinisk praxis*. Stockholm: Natur & Kultur.

Yang, D., Grant, M. C., Stone, A., Wu, C. L., & Wick, E. C. (2016) A Meta-analysis of Intraoperative Ventilation Strategies to Prevent Pulmonary Complications: Is Low Tidal Volume Alone Sufficient to Protect Healthy Lungs? *Annals of Surgery*, 263(5), 881-7

Öhrn, A. (2013). Säker vård. I A-K. Edberg, A. Ehrenberg, F. Friberg, L. Wallin, H. Wijk & J. Öhlen (Red.), *Omvårdnad på avancerad nivå - kärnkompetenser inom sjuksköterskans specialistområden* (s. 181-211). Lund: Studentlitteratur.

Östberg, E., Auner, U., Enlund, M., Zetterström, H., & Edmark, L. (2017). Minimizing atelectasis formation during general anaesthesia - oxygen washout is a non-essential supplement to PEEP. *Upsala Journal of Medical Sciences*, 122(2), 92-98.

Östberg, E., Thorisson, A., Enlund, M., Zetterström, H., Hedenstierna, G., & Edmark, L. (2018). Positive End-expiratory Pressure Alone Minimizes Atelectasis Formation in Nonabdominal Surgery. *Anesthesiology*, 128(6), 1117-24.

Tabell 1. Sökning i PubMed

Datum: 2019-03-06

Sök Nr #	Sökord	Antal träffar	Begränsningar	Antal relevanta abstract	Urval 1	Urval 2
#1	"Continuous Positive Airway Pressure"[Mesh]	6,258				
#2	"Positive-Pressure Respiration"[Mesh]	24,439				
#3	"Tidal Volume" [Mesh]	9,470				
#4	Preoxygenation (fritext)	739				
#5	Lung recruitment (fritext)	117,229				
#6	Vital capacity maneuver (fritext)	989				
#7	"Pulmonary atelectasis" [Mesh]	6, 571				
#8	#1 OR #2 OR #3 OR #4 OR #5 OR #6	149,500				
#9	#7 AND #1 OR #2 OR #3 OR #4 OR #5 OR #6	597				
#10	"Lung Injury"[Mesh] OR "Wounds and Injuries"[Mesh]	890,713				
#11	#7 AND #1 OR #2 OR #3 OR #4 OR #5 OR #6 NOT #10	509				
#12	#7 AND #1 OR #2 OR #3 OR #4 OR #5 OR #6 NOT #10	23	5 years Adult 19+			
#13	#7 AND #1 OR #2 OR #3 OR #4 OR #5 OR #6	28	5 years Adult 19+	4	2	2
#14	Recruitment maneuver (fritext)	1001				
#15	#1 OR #2 OR #3 OR #4 OR #6 OR #14	33,968				

#16	#7 AND #1 OR #2 OR #3 OR #4 OR #6 OR #14	564				
#17	#7 AND #1 OR #2 OR #3 OR #4 OR #6 OR #14	28	5 years Adult 19+			
#18	#7 AND #1 OR #2 OR #3 OR #4 OR #6 OR #14	215	Adult 19+			
#19	#7 AND #1 OR #2 OR #3 OR #4 OR #6 OR #14	51	Adult 19+ 2010-2019	3	0	
#20	anaesthesia AND atelectasis AND positive end-expiratory pressure OR continuous positive airway pressure OR preoxygenation OR recruitment maneuver OR tidal volume OR vital capacity maneuver (fritext)	310	5 years Adult 19+	5	3	3

## Tabell 2. Sökning i CINAHL

Datum: 2019-03-06

Sök Nr #	Sökord	Antal träffar	Begränsningar	Antal relevanta abstract	Urval 1	Urval 2
#1	MM atelectasis prevention AND MH Positive Pressure Ventilation OR MH Positive End-Expiratory Pressure OR MH preoxygenation OR MH Vital capacity maneuver OR MH recruitment maneuver	34	Full Text; Abstract Available; Published Date: 20130101- 20190131; English Language; Human; Randomized Controlled Trials; Age Groups: Adult: 19+	1	1	0
#2	MM atelectasis prevention AND MH Positive Pressure Ventilation	44	Date: 20090101-	2	1	1

	OR MH Positive End-Expiratory Pressure OR MH preoxygenation OR MH Vital capacity maneuver OR MH recruitment maneuver NOT MH Obesity NOT MH Trauma		20190131; English Language; Human; Randomized Controlled Trials; Age Groups: Adult: 19+			
--	---	--	---	--	--	--

### Tabell 3. Sökning i Elsevier

Datum: 2019-03-07

Sök Nr #	Sökord	Antal träffar	Begränsningar	Antal relevanta abstract	Urval 1	Urval 2
#1	('atelectasis prevention' AND 'positive end expiratory pressure' OR cpap OR 'lung recruitment maneuver' OR 'tidal volume' OR preoxygenation) NOT obesity NOT 'pediatric' NOT 'critically ill patient' NOT 'lung disease' NOT 'respiratory failure' NOT hypoxia NOT 'sleep disordered breathing' NOT infant NOT 'pleural drainage' NOT 'cancer therapy' NOT 'high flow oxygen therapy' NOT 'respiratory distress syndrome' NOT 'one lung ventilation' NOT animal NOT 'intensive care unit'	532	Date: 2009-2019; Engelska; Human; Randomized Controlled Trials; Age Groups: adult	11	8	6

Tabell 4. Artikelmatris

Nr	Författare, (år), titel. Tidsskrift	Syfte	Design	Urval	Resultat	Gradering kvalitét Hög/Medel/Låg
1	Spadaro, S. et al. (2016). <i>Effect of positive end-expiratory pressure on pulmonary shunt and dynamic compliance during abdominal surgery.</i> British journal of anesthesia	Syftet med denna studie var att utvärdera effekterna av olika nivåer av PEEP under laparotomi och laparotomi samt för att undersöka om högre nivåer av PEEP skulle användas under laparoskopisk kirurgi	Prospektiv observation sstudie	52 patienter som ska opereras antingen laparoskopiskt eller laparotomi ASA klass I-III	Shuntningen var liknande i båda grupperna. Vid laparotomi minskade emellertid en PEEP med 5 cmH <sub>2</sub> O signifikant shunt jämfört med ZEEP (12 vs 6%, P = 0,001), med ytterligare PEEP ingen ytterligare effekt. Vid laparoskopisk kirurgi erhöles en signifikant minskning av shunt (13 vs 6%, P = 0,001) endast vid en PEEP på 10 cmH <sub>2</sub> O. Även om laparoskopisk kirurgi var förknippad med en lägre pulmonell överensstämmelse kunde stigande nivåer av PEEP förbättra det i båda grupperna.	Hög
2	Östberg, E. et al. (2017). <i>Minimizing atelectasis formation during general anaesthesia-oxygen washout is a non-essential supplement to PEEP.</i> Uppsala journal of medical sciences.	Syftet var att undersöka om en omedelbar återställning till en låg syrehalt i alveolerna efter preoxygenering skulle förhindra bildning av atelektas och förbättra syreförmågan under den efterföljande anestesi.	Prospektiv RCT	24 vuxna ålder 40-75, BMI under 35, ASA klass I-II	Atelektasområdena, uttryckta som procentandelar av det totala lungområdet, var 2,0 (1,5-2,7) (median [interkvartilområde]) och 1,8 (1,4-3,3) i interventions- och kontrollgrupperna. Skillnaden var icke-signifikant, och även syresättningen var liknande i de två grupperna. Jämfört med syresättning före narkosstart förbättrades syresättningen vid operationens slut i interventionsgruppen, genomsnittlig (SD) EVA från 7,6% (6,6%) till 3,9% (2,9%) (P = 0,19) och konserverades i kontrollgruppen, genomsnittlig (SD) EVA från 5,0% (5,3%) till 5,6% (7,1%) (P = .59).	Hög
3	Lumb, A.B. et al. (2010). <i>Lung recruitment and positive airway pressure before extubation does not improve oxygenation in the post-anaesthesia care unit: a randomized clinical trial.</i> British journal of anesthesia	Syfte att ta reda på om kombinationen av lungrekrytering, PEEP och CPAP kan minska atelektas och förbättra postop syresättning efter extubation.	RCT	Totalt 44 vuxna patienter som ska genomgå planerad kirurgi. ASA I-III	22 patienter rekryterades till varje grupp. Det fanns inga signifikanta skillnader mellan grupperna före randomisering. Det fanns ingen signifikant skillnad i förändringen i (a-a) DO (2) mellan grupperna (P = 0,82).	Medelhög

Nr	Författare, (år), titel. Tidsskrift	Syfte	Design	Urval	Resultat	Gradering kvalitet Hög/Medel/Låg
4	Östberg, E. et al. (2018). <i>Positive End-expiratory Pressure Alone Minimizes Atelectasis Formation in Nonabdominal Surgery: A Randomized Controlled Trial.</i> Anesthesiology	Syfte att ta reda på om enbart PEEP skulle vara tillräcklig för att begränsa atelektasbildning under icke-bukkirurgi operation.	RCT	24 friska patienter, ålder 40-75 år, ASA I-II och BMI under 30	Vid operationens slut var median (intervall) atelektasarean, uttryckt i procent av det totala lungområdet, 1,8 (0,3 till 9,9) i PEEP-gruppen och 4,6 (1,0 till 10,2) i noll PEEP-gruppen. Skillnaden i medianer var 2,8% (95% CI, 1,7 till 5,7%, P = 0,002). Oxygenering och koldioxideliminering upprätthölls i PEEP-gruppen, men båda försämrades i noll PEEP-gruppen.	Hög
5	Pereira, S.M. et al. (2018). <i>Individual Positive End-expiratory Pressure Settings Optimize Intraoperative Mechanical Ventilation and Reduce Postoperative Atelectasis.</i> Anesthesiology	En låg fast PEEP kanske inte passar alla patienter. Syftet var att ta reda på om en individuellt titrerad PEEP under anesthesi kan förbättra lungfunktionen under och efter operation.	RCT	Totalt 40 patienter som ska genomgå laparoskopisk eller öppen bukkirurgi. ASA I-II och ålder 18+	Resultatet av EIT varierade markant över individer (median, 12 cmH <sub>2</sub> O, intervall, 6 till 16 cmH <sub>2</sub> O, 95% CI, 10-14). Jämfört med PEEP på 4 cmH <sub>2</sub> O, hade patienter som randomiserades till den elektriska impedans-tomografistyra strategin mindre postoperativa atelektaser (6,2 ± 4,1 vs 10,8 ± 7,1% av lungvävnadsmassan, P = 0,017) och lägre intraoperativt driving pressure (medelvärden under kirurgi av 8,0 ± 1,7 vs 11,6 ± 3,8 cmH <sub>2</sub> O; P < 0,001). Den elektriska impedanstomografistyra PEEP-armen hade högre intraoperativ oxygenering (435 ± 62 vs 266 ± 76 mmHg för laparoskopisk grupp, P < 0,001), samtidigt som man uppvisade ekvivalent hemodynamik (medelvärde arteriellt tryck under operationen 80 ± 14 vs 78 ± 15 mmHg; P = 0,821).	Hög
6	Pi, X. et al. (2015). <i>Low tidal volume with PEEP and recruitment expedite the recovery of pulmonary function.</i> International journal of clinical and experimental pathology.	Syftet var att ta reda på en optimal strategi för mekanisk ventilation hos patienter som genomgår öppen bukkirurgi.	RCT	63 patienter BMI under 35 elektiv öppen bukkirurgi	Det fanns inga signifikanta skillnader i intraoperativt PaO <sub>2</sub> /F <sub>i</sub> O <sub>2</sub> -förhållande bland de tre grupperna (P = 0,31). Lungcompliance hos de tre grupperna visade olika förändringar över tiden (grupp-effekt över tid P = 0,0006). Det fanns inga signifikanta skillnader i FEV1 eller FVC bland de tre grupperna (P = 0,32 respektive 0,09), men båda mätningarna visade olika förändringar över tid (grupp-effekt över tiden P < 0,001). På den första postoperativa dagen hade den "låga volym med hög PEEP och rekryterings"-gruppen signifikant högre FEV1 än de andra två grupperna (medel ± SD): 1,52 ± 0,37 versus 0,95 ± 0,38 (P < 0,001) och 1,52 ± 0,37 jämfört med 0,95 ± 0,34 (P < 0,001). Låg tidalvolym med PEEP och rekrytering visade sig ha fördelar vid upprätthållandet av lungcompliance och påskyndade återhämtningen av lungfunktionen redan	Medelhög



Nr	Författare, (år), titel. Tidsskrift	Syfte	Design	Urval	Resultat	Gradering kvalitét Hög/Medel/Låg
					den första postoperativa dagen hos patienter som genomgått icke-laparoskopisk bukoperation.	
7	Ferrando, C. et al. (2017). <i>Open lung approach versus standard protective strategies: Effects on driving pressure and ventilatory efficiency during anesthesia - A pilot, randomized controlled trial.</i> PLoS One.	Syftet var att jämföra effekten på driving pressure genom att lägga till en lungrekrytering vid låg tidalvolym, med eller utan en individualiserad justering av PEEP efter lungrekrytering, hos patienter utan känd tidigare lungsjukdom under anestesi.	RCT	36 patienter, lungfriska, vuxna och ASA klass I-III	OL-PEEP nivån vid $8 \pm 2$ cmH <sub>2</sub> O. Alla patienter inkluderades i den slutliga analysen. Jämfört med pre-RM, resulterade OLA i en ökning med 22% och en 28% minskning av driving pressure jämfört med pre-RM. Parametrarna förbättrades inte i RM-5 gruppen. Utvecklingen av driving pressure var väsentligt olika mellan OLA och RM-5-grupperna ( $p = 0,002$ ). VD <sub>alv</sub> / VT <sub>alv</sub> var signifikant lägre i OLA-gruppen efter RM ( $p = 0,035$ ).	<b>Medelhög</b>
8	Choi, E.S. et al. (2017). <i>Effects of recruitment manoeuvre on perioperative pulmonary complications in patients undergoing robotic assisted radical prostatectomy: A randomised single-blinded trial.</i> PLoS One	Syftet var att bestämma effekten av lungrekrytering avseende perioperativa lungkomplikationer hos äldre patienter som genomgår RARP. (pga insufflering)	Prospektiv RCT	60 deltagare, ålder 60-80 år. BMI under 30 samt lungfriska	Det totala antalet patienter som utvecklade intraoperativ desaturering eller postoperativ atelektas var signifikant högre i grupp C jämfört med grupp R (43,3% mot 17,8%, $P = 0,034$ ). Intraoperativ andningsmekanik, perioperativ blodgasanalys och test av lungfunktion visade inga skillnader mellan grupperna. Att tillsätta lungrekrytering till PEEP jämfört med enbart PEEP reducerade signifikant perioperativa lungkomplikationer hos äldre patienter som genomgår RARP.	<b>Hög</b>
9	Hemmes et al. (2014). <i>High versus low positive end-expiratory pressure during general anaesthesia for open abdominal surgery (PROVHILO trial): a multicentre randomised controlled trial.</i> The Lancet	Syftet var att undersöka om en hög grad av PEEP med lungrekrytering skyddar mot postoperativa lungkomplikationer hos patienter med risk för komplikationer som erhåller mekanisk ventilation med låga tidalvolym under allmän narkos i samband med öppen bukkirurgi.	RCT	900 ASA I-IV	Postoperativa lungkomplikationer rapporterades hos 174 (40%) av 445 patienter i den högre PEEP-gruppen jämfört med 172 (39%) av 449 patienter i den lägre PEEP-gruppen (relativ risk $1 \cdot 01$ ; 95% CI $0 \cdot 86$ - $1 \cdot 20$ ; $p = 0 \cdot 86$ ). Jämfört med patienter i den lägre PEEP-gruppen utvecklade de i den högre PEEP-gruppen intraoperativ hypotension och behövde mer vasoaktiva läkemedel.	<b>Hög</b>

Nr	Författare, (år), titel. Tidsskrift	Syfte	Design	Urval	Resultat	Gradering kvalitét Hög/Medel/Låg
10	Treschan et al. (2012). <i>Ventilation with low tidal volumes during upper abdominal surgery does not improve postoperative lung function.</i> British journal of Anaesthesia	Syftet var att jämföra postoperativ lungfunktion hos patienter som genomgått övre bukkirurgi, mekaniskt ventilerade med höga eller låga tidalvolymmer.	RCT	101, ASA I-II	Den genomsnittliga (sd) -värdet av TWA: er av FVC och FEV (1) var lika i båda grupperna.	<b>Hög</b>
Nr	Författare, (år), titel. Tidsskrift	Syfte	Design	Urval	Resultat	Gradering kvalitét Hög/Medel/Låg
11	Asida & Badawy (2015). <i>Effect of low tidal volume during general anesthesia for urological procedures on lung functions,</i> Egyptian Journal of Anesthesia	Att se om låga tidalvolymmer under mekanisk ventilation, kan begränsa postoperativ lungskada.	RCT	104 pat ASA I-II	I jämförelse med konventionell mekanisk ventilation resulterade den lungskyddande strategin dvs låga tidalvolymmer med 5-10 cmH <sub>2</sub> O PEEP och RM, en förbättring av lungfunktionen under det första postoperativa dygnet. Den övergripande postoperativa uppföljningen visade ingen signifikant skillnad mellan de två grupperna.	<b>Medelhög</b>
Nr	Författare, (år), titel. Tidsskrift	Syfte	Design	Urval	Resultat	Gradering kvalitét Hög/Medel/Låg
12	Haliloglu et al. (2018). <i>Low Tidal Volume Positive End-Expiratory Pressure versus High Tidal Volume Zero-Positive End-Expiratory Pressure and Postoperative Pulmonary Functions in Robot-Assisted Laparoscopic Radical Prostatectomy.</i> Medical Principles and Practices	Syftet var att jämföra effekterna av låg tidalvolym (VT) och måttligt PEEP med högt VT och noll-PEEP (ZEEP) på postoperativ lungfunktion och syreförmåga hos patienter som genomgår RARP	RCT	44 ASA I-II	Den postoperativa lungfunktionen var mindre försämrade hos patienter som ventilerades med en VT på 6 ml / kg och 8 cmH <sub>2</sub> O PEEP än hos patienter som ventilerades med en VT på 10 ml / kg och ZEEP.	<b>Medelhög</b>