

Linda Kourunen

**HENGITYSILMAN ULOSTULEVAN HIILIDIOKSIDIPITOISUUDEN  
MÄÄRÄ JA MERKITYS KAHDEN ERILAISEN  
LAPAROSKOOPPISEN TOIMENPITEEN YHTEYDESSÄ**

# TIIVISTELMÄ

Linda Kourunen: Hengitysilman ulostulevan hiilidioksidipitoisuuden määrä ja merkitys kahden erilaisen laparoskooppisen toimenpiteen yhteydessä

Syventävien opintojen kirjallinen työ

Tampereen yliopisto

Lääketieteen lisensiaatin tutkinto-ohjelma

Toukokuu 2021

---

Laparoskooppiset eli vatsaontelon alueen täyhystyskirurgiset leikkaukset yleistyvät jatkuvasti. Laparoskopiasa on havaittu useita etuja avoleikkaukseen verrattuna. Työskentelytila luodaan laparoskopiasa täyttämällä vatsaontelo hiilidioksidilla. Leikkauksen aikainen vatsaontelon kohonnut paine (intra-abdominal pressure, IAP) ja täyttökaasuna käytettävä hiilidioksidi aiheuttavat potilaan fysiologiassa merkittäviä muutoksia. Hiilidioksidi imeytyy vatsaontelosta verenkiertoon ja aiheuttaa hyperkapniaa ja asidoosia, jos tilannetta ei korjata. Asidoosi on hyvin haitallista elimistölle, ja sen syntymistä pyritään leikkauksen aikana välttämään.

Tässä tutkimuksessa verrataan kahden erilaisen laparoskooppisen leikkausryhmän potilaiden hengitysilman ulostulevan hiilidioksidipitoisuuden määrää, ja sen merkitystä potilaille. Vertailut leikkaukset ovat lisämunuaisen poisto eli adrenalektomia, ja osittainen paksusuolen poisto eli hemikolektomia. Laparoskopia on ollut käytössä lisämunuaisen ja paksusuolen kirurgiassa jo pitkään, ja nykyään laparoskooppinen adrenalektomia ja hemikolektomia ovat yleisiä täyhystyksellisiä leikkauksia. Tutkimus toteutettiin retrospektiivisenä kohorttitutkimuksena. Tutkimuspotilaat ovat TAYS Keskussairaalassa vuonna 2017 leikattuja. Potilailta kerättiin eri potilastietojärjestelmistä analysoitaviksi demografisia, intraoperatiivisia, ja postoperatiivisia tietoja.

Tutkimuksessa adrenalektomiapotilailla havaitaan korkeampia uloshengitysilman hiilidioksiditasoja kuin hemikolektomiapotilailla ( $p < 0,001$ ). Korkeat hiilidioksiditasot ovat myös pitkäkestoisempia adrenalektomiapotilailla ( $p < 0,001$ ). Postoperatiiviset ongelmat ovat hemikolektomiapotilailla keskimäärin yleisempiä kuin adrenalektomiapotilailla. Ylä-GI-oireet, ummetus ja ripuli, sekä yleistilan heikentyminen ovat merkitsevästi yleisempiä hemikolektomiapotilailla. Mitkään postoperatiiviset ongelmat eivät ole merkitsevästi yleisempiä adrenalektomiapotilailla kuin hemikolektomiapotilailla.

Adrenalektomiapotilailla on intraoperatiivisesti epäedullisemmat hiilidioksidipitoisuudet, mutta postoperatiivisia ongelmia havaitaan hemikolektomiapotilailla enemmän. Tutkimuksessa korkeat hiilidioksidipitoisuudet ja niiden pitkä kesto eivät lisää potilaan postoperatiivisia ongelmia. Eroa postoperatiivisten ongelmien esiintyvyydessä ei selitä vain hiilidioksidipitoisuuksien ero, sillä vertailut leikkaukset ovat haastavuudeltaan erilaisia. Hemikolektomia on laajempi leikkaus, mikä näkyy potilaan toimenpiteen jälkeisessä voinnissa ja toipumisessa. Lisätutkimukset hiilidioksidipitoisuuden merkityksestä laparoskooppisesti leikattujen potilaiden voinnille ovat tarpeen

Avainsanat: laparoskopia, adrenalektomia, hemikolektomia, pneumoperitoneum, hiilidioksiditasot, postoperatiiviset ongelmat.

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

# SISÄLLYS

<b>1 Johdanto</b> .....	1
1.1 Laparoskooppisten leikkausten edut ja rajoitteet.....	2
1.2 Hiilidioksiditäyteinen pneumoperitoneum ja sen ongelmat.....	3
1.3 Tutkimuksen tavoitteet.....	6
<b>2 Tutkimusmenetelmät</b> .....	7
2.1 Aineisto.....	7
2.2 Tilastolliset menetelmät.....	7
<b>3 Tulokset</b> .....	9
3.1 Potilasmateriaalin demografisia muuttujia.....	9
3.2 Toimenpiteen vaikutus uloshengitysilman hiilidioksiditasoon ja sen kestoon.....	12
3.3 Postoperatiiviset ongelmat.....	14
<b>4 Pohdinta</b> .....	17
<b>5 Lähteet</b> .....	22

# 1 JOHDANTO

Laparoskooppisessa eli vatsaontelon tähytyskirurgisessa leikkauksessa potilaan vatsaonteloon viedään pienten leikkaushaavojen kautta leikkausinstrumentit, ja tarvittava optiikka leikkausalueen näkyvyyden saavuttamiseksi. Leikkausnäkyvyyden kannalta tärkeää on myös vatsaontelon täyttö hiilidioksidilla. Laparoskopian esitteli ensimmäisen kerran saksalainen Kelling vuonna 1901. Aluksi käyttö oli vähäistä, mutta 1960–1970-luvulla tekniikan kehittyessä laparoskopia otettiin käyttöön pienissä gynekologisissa terapeuttisissa ja diagnostisissa toimenpiteissä. Videoavusteisen tekniikan myötä operatiivinen laparoskopia alkoi yleistyä 1980-luvulla. (1) Laparoskopia muuttui laajemmin diagnostisesta toimenpiteestä operatiiviseksi hoidon menetelmäksi (2), ja nykyään laparoskooppiset- eli vatsaontelon alueen tähytyskirurgiset leikkaukset yleistyvät jatkuvasti erilaisten benignien sairauksien sekä syöpätautien hoidossa (3). Merkittävät parannukset laparoskopian instrumenteissa, kuvantamisessa, käytettävissä tekniikoissa sekä kirurgisessa koulutuksessa ovat mahdollistaneet laparoskopian hyödyntämisen useilla erikoisaloilla (3). Teknologian nopea kehitys on mahdollistanut yhä haastavampien toimenpiteiden suorittamisen laparoskooppisesti (1). Nykyisin käytössä on esimerkiksi leikkausrobotteja mahdollistamassa yhä vaativampaa laparoskooppista kirurgiaa, ja uusia laparoskooppisia leikkaustekniikoita kehitetään jatkuvasti.

Lisämunuaisen poisto eli adrenalektomia ja osittainen paksusuolen poisto eli hemikolektomia ovat esimerkkejä tavallisimmista laparoskooppisista leikkauksista. Laparoskooppinen adrenalektomia esiteltiin toimenpiteenä vuonna 1992 (4), ja on siitä lähtien ollut runsaasti käytössä lisämunuaiskirurgiassa. Ensimmäinen laparoskooppinen koolonresektio suoritettiin samoihin aikoihin, vuonna 1991 (5). Nykyisin laparoskooppinen adrenalektomia ja hemikolektomia ovat laajalti käytössä näiden alueiden kirurgisessa hoidossa.

## 1.1 Laparoskooppisten leikkausten edut ja rajoitteet

Laparoskopiassa on tutkimuksissa havaittu useita etuja avoleikkaukseen verrattuna. Kirurginen trauma ja verenvuoto ovat vähäisempiä, sillä potilaalle tehdään vain pienet leikkaushaavat, joiden kautta toimenpide tapahtuu. Potilailla esiintyy vähemmän postoperatiivista kipua ja kipulääkkeiden tarvetta, toipuminen on nopeampaa ja sairaalassaoloaika lyhyempi. Leikkaushaavainfektioita esiintyy vähemmän ja laparoskopialla saavutetaan paremmat kosmeettiset lopputulokset. Laparoskooppisen leikkauksen jälkeen on havaittu nopeampi suoliston toiminnan palautuminen, ja varhaisempi siirtyminen takaisin suun kautta otettavaan ravintoon. (3,6–13) Toisaalta vatsan avoleikkauksen eli laparotomian pitkäaikaistulokset ja esimerkiksi kokonaiskuolleisuus eivät juurikaan eroa tähytämällä tehdyistä leikkauksista (8,11,12,14,15). Haavainfektioita lukuun ottamatta postoperatiivisia komplikaatioita on havaittu koolonresektiossa yhtä paljon laparoskooppisissa- ja avoleikkauksissa (11). Myös adrenalectomiassa postoperatiivisten komplikaatioiden esiintyvyydessä ei ole havaittu eroa eri leikkaustekniikoiden välillä (13).

Laparoskopialla on myös rajoitteita. Vatsaonteloa hiilidioksidilla täytettäessä vatsaontelon paineen kohoaminen nostaa myös kallonsisäistä painetta, ja laparoskooppisen leikkauksen käyttöä tulee tarkoin harkita potilaille, joilla on kohonnut kallonsisäinen paine tai pään trauma (16). Tiettyjen kardiovaskulaaristen ongelmien ja keuhkosairauksien kohdalla potilaan homeostaasin ylläpito intra- ja postoperatiivisesti vaatii erityistä huomiota (17,18). Vatsaontelon hiilidioksiditäyttö nostaa vatsaontelon painetta ja huonontaa laskimopaluuta. Tämän merkitys korostuu etenkin hypovolemiassa, sydänvikaisilla tai merkittävässä keuhkovaltimopaineen nousussa. Runsas vatsaontelon kiinnikkeisyys voi olla leikkauksen aikana laparoskopiassa suurempi ongelma (12). Kiinnikkeet voivat estää tilan ja näkyvyyden saamisen vatsaonteloon, ja estää koko laparoskooppisen leikkauksen. Leikkausajat ovat laparoskopiassa edelleen avoleikkauksia pidempiä, mutta erot ovat tasoittuneet lähivuosina (3,8,10–12).

Syöpäkirurgiassa laparoskopian käyttö on herättänyt aikaisemmin huolta muun muassa rajoittuneen näkyvyyden, ja rakenteiden palpaatiomahdollisuuden puuttumisen vuoksi. Laparoskopian käyttökelpoisuutta riittävään syövän levinneisyyden arvioon, tuumorin tarkkaan resekointiin ja imusolmukkeiden keräämiseen on kritisoitu. (8,15) Laparoskopian

on kuitenkin todettu olevan turvallinen ja hyvin soveltuva leikkaustekniikka myös syöpäkirurgiaan, ja onkologiset lopputulokset ovat yhtä hyviä kuin avoleikkauksissa (3). Positiiviset leikkausmarginaalit ovat yhtä yleisiä molemmissa leikkaustekniikoissa (12). Suolistosyöpää leikattaessa ei leikkaustekniikoiden välillä ole pitkällä aikavälillä havaittu eroa kokonaiskuolleisuudessa, syöpäkuolleisuudessa, tai syövän uusiutumisessa leikkausalueella (15,19).

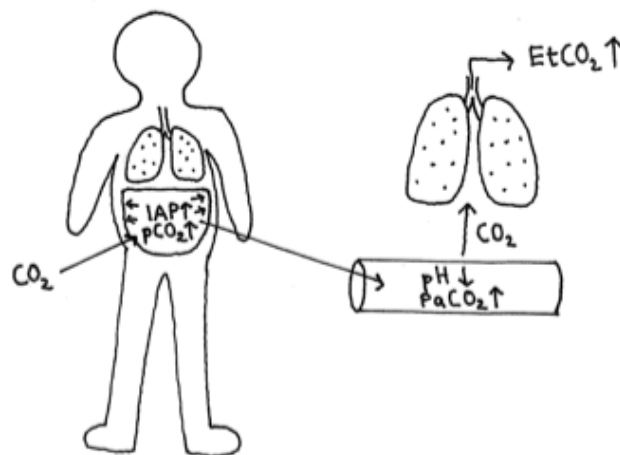
Leikkausrobotia voidaan hyödyntää apuna sekä adrenalektomiassa että hemikolektomiassa. Leikkausrobotia käytettäessä on molemmissa leikkauksissa perinteiseen laparoskopiaan verrattuna havaittu esimerkiksi vähäisempää verenvuotoa, mutta lyhyen aikavälin kirurgisessa lopputuloksessa ei ole havaittu eroa (20,21). Leikkausrobottien laajempaa käyttöä rajoittavat korkeat käyttökustannukset, robotin korkea hinta ja runsas harjoittelun tarve.

## **1.2 Hiilidioksiditäytteinen pneumoperitoneum ja sen ongelmat**

Laparoskopiassa hyvä näkyvyys ja riittävä työskentelytila leikkausalueella ovat tärkeitä leikkauksen onnistumisen kannalta. Tähän vaikuttavat monet potilaaseen liittyvät tekijät, kuten potilaan koko, suolen sisältö ja lihastonus. Lisäksi toimenpiteen aikana esimerkiksi potilaan leikkausasento, anestesian syvyys ja ventilaattorin asetukset vaikuttavat merkittävästi. (22) Käytettävät leikkausasennot ovat usein hyvin epäfysiologisia, mistä voi koitua ongelmia. Toimenpidealueen hyvän näkyvyyden takaamiseksi esimerkiksi alavatsan leikkauksissa käytetään jyrkkää Trendelenburgin asentoa (9).

Laparoskooppisessa toimenpiteessä leikkausalueen näkyvyyden parantamiseksi vatsaontelo täytetään kaasulla eli luodaan pneumoperitoneum, joka voi aiheuttaa potilaalle haittoja. Laparoskopiassa vatsaontelo täytetään kaasulla tavallisesti 10-15 mmHg paineeseen (intra-abdominal pressure, IAP) saakka (9). Täyttökaasuna käytetään hiilidioksidia, joka on käyttökelpoisiin mutta ei riskitön vaihtoehto. Käyttökelpoisen täyttökaasun hiilidioksidista tekee sen erinomainen liukoisuus, kemiallinen stabiliteetti, nopea eliminaatio ja edullisuus (18,23). Kohonnut vatsaontelon paine (IAP) ja täyttökaasuna käytetty hiilidioksidi aiheuttavat merkittäviä muutoksia potilaan verenkierrassa, kaasujenvaihdossa ja hengitysmekaniikassa (9,18,24).

Diffuusiokapasiteetiltaan suuri hiilidioksidi liukenee imeytymispinta-alaltaan laajasta, paineeltaan kohonneesta vatsaontelosta verenkiertoon nostaan valtimoveren hiilidioksidiosapainetta ( $\text{PaCO}_2$ ), ja aiheuttaa hyperkapniaa (9,22,25). Koholla oleva valtimoveren hiilidioksidiosapaine nostaa uloshengityksen hiilidioksidin ( $\text{EtCO}_2$ ) tasoa (25). Valtimoveren hiilidioksidiosapaineen nousu johtaa respiratoriseen asidoosiin, jos hiilidioksidimäärän kasvua ei vastaavasti kompensoida sen poistamisen tehostamisella keuhkotuuletuksen lisäämisellä (9,18,22,25). Asidoosi aiheuttaa nopeasti häiriöitä elimistön valkuaisaineiden rakenteessa ja muuttaa entsyymien toimintaa, mikä vaikuttaa koko elimistöön. Kliinisesti havaittavia vaikutuksia ovat muun muassa hyperventilaatio, sydämen rytmihäiriöt ja pumppaustoiminnan pettäminen sekä hermoston häiriöt. (26) Hiilidioksiditason normalisoimiseksi ja asidoosin estämiseksi potilaat vaativatkin lähes aina tehostettua ventilaatiota. Leikkauksen aikana ja sen jälkeen keuhko- ja hengityskapasiteetin tulee pystyä poistamaan elimistöön kertynyt hiilidioksidiylimäärä, ja erityisesti keuhkosairaavat voivat tarvita postoperatiivisesti respiraattorin tukea hyperkapnian korjaamiseen (17). **Kuvassa 1** esitetään kaavakuvamaisesti elimistön hiilidioksidimetabolia ja pneumoperitoneumin haitalliset vaikutukset laparoskopian hiilidioksiditäytön aikana.



**Kuva 1: Elimistön hiilidioksidimetabolia hiilidioksiditäytteisen pneumoperitoneumin aikana laparoskooppisessa leikkauksessa.** Vatsaontelon täyttö hiilidioksidilla nostaa vatsaontelon painetta (IAP). Hiilidioksidi absorboituu vatsaontelosta verenkiertoon, ja nostaa veren hiilidioksidiosapainetta ( $\text{PaCO}_2$ ). Ylimääräistä hiilidioksidia poistetaan elimistöstä keuhkojen kautta, ja veren lisääntynyt hiilidioksidiosapaine nostaa uloshengityksen hiilidioksiditasoa ( $\text{EtCO}_2$ ). Veren hiilidioksiditason nousu johtaa veren pH:n laskuun ja asidoosiin, jos elimistö ei saa kompensoitua tilannetta tehostamalla ventilaatiota.

Kaasutäytön yhteydessä voi syntyä komplikaatioita hiilidioksidin kulkeutuessa väärään paikkaan. Subkutaaniemfyseemassa hiilidioksidia kulkeutuu subkutikseen. Kaasua voi kulkeutua myös mediastinumiin ja aiheuttaa pneumomediastinumia, tai pleuraonteloon ja aiheuttaa siellä pneumothoraxin. Hiilidioksidin kulkeutuminen näihin epätarkoituksenmukaisiin anatomisiin tiloihin lisää edelleen hiilidioksidin imeytymistä verenkiertoon ja nostaa ventilaatiotarvetta. Harvinainen, mutta vakava komplikaatio on kaasuembolia, joka voi romahduttaa verenkierron. (9,18)

Hiilidioksidin imeytymisen lisäksi vatsaontelon kohonnut paine (IAP) vaikuttaa potilaan fysiologiaan. Hiilidioksidi ja korkea IAP vaikuttavat yhdessä eri mekanismeilla haitallisesti esimerkiksi ventilaatioon, verenpaineeseen, ja laskimopaluuseen (9,24,25,27).

Verenkierrollisina muutoksina on kuvattu muun muassa sydämen iskuilavuuden pienenemistä, systeemisen verenpaineen ja keuhkovaltimopaineen nousua sekä heikentynyttä laskimopaluuta alaonttolaskimon kompression takia (9,18). Munuaisten verenvirtaus heikkenee kohonneen vatsaontelon paineen vuoksi, mikä voi ilmetä vähentyneenä virtsanerityksenä toimenpiteen aikana (9). Pneumoperitoneum nostaa rintaontelon sisäistä eli intratorakalista painetta, keuhkojen komplianssi pienenee ja hengitystiepainet nousevat (9,18,22,25).

Hiilidioksiditäytteen pneumoperitoneumin seurauksena veren pH-arvo, emästasapaino (BE) ja bikarbonaatti-ioniarvo muuttuvat usein epäedulliseen suuntaan (25,27,28).

Vatsaontelon paineen nousu aiheuttaa vatsaontelon elinten verenkierron heikentymistä, ja elinten aineenvaihdunnan muuttumista anaerobiseksi. Muuttuneen aineenvaihdunnan lopputuotteet lisäävät edelleen elimistön happamuutta. Muutokset voivat olla potilaalle kuitenkin kliinisesti merkityksettömiä (27). Jos potilaan riittävästä ventilaatiosta ja kudospesuusta ei huolehdita toimenpiteen aikana, voi potilaalle aiheutua näillä monimutkaisilla mekanismeilla yhdistetty respiratorinen- ja metabolinen asidoosi.

Laparoskopiassa potilasturvallisuuden kannalta olisi tärkeää saavuttaa tasapaino riittävän työskentelytilan ja potilaan homeostaasin välillä. Erityisesti vanhoilla ja monisairailta potilailla turvallisesti toteutettava laparoskooppinen leikkaus vaatii tietoa leikkaustekniikkaan ja pneumoperitoneumiin liittyvistä haitoista (23). Vaihtoehtona korkeille vatsaontelon täyttöpaineille työskentelytilan näkyvyyden parantamiseksi on olemassa muitakin keinoja. Suolen keinotekoinen tyhjentäminen (mechanical bowel preparation



MBP) ennen vatsan alueen laparoskooppista leikkausta on yksi mahdollisuus (29), joskin käytössä lähinnä peräsuolitoimenpiteissä.

### **1.3 Tutkimuksen tavoitteet**

Tutkimuksen tavoitteena oli verrata kahden erilaisen tähystyksellisen leikkausryhmän potilaiden hengitysilman ulostulevan hiilidioksidipitoisuuden määrää ja merkitystä potilaille. Laparoskooppisena leikkauksena käytettiin adrenalektomiaa, ja verrokkina hemikolektomiaa. Nämä molemmat ovat yleisiä laparoskooppisia leikkauksia, ja laparoskopialla on käytetty pitkään lisämunuaisen ja paksusuolen kirurgiassa. Adrenalektomiassa suurin osa leikkauksista tehdään retroperitoneoskooppisesti, ja hemikolektomiassa vatsaontelon kautta laparoskooppisesti. Retroperitoneaalisesti leikattaessa toimenpide tapahtuu pienessä tilassa, eikä leikkauksessa koholla oleva paine leviä niin laajalle vatsaonteloon. Hemikolektomiassa työskennellään suoraan vatsaontelossa, ja korkea paine vaikuttaa koko vatsaontelon alueella. Laparoskooppisessa lisämunuaisen poistoleikkauksessa käytetään korkeampia leikkauksenaikaisia vatsaontelon täyttöpaineita tilan saamiseksi näkyviin, ja leikkausasento on haastavampi, ja haluttiin tutkia, onko tällä vaikutusta ulostulevaan hiilidioksidipitoisuuteen. Muita tutkittavia asioita olivat uloshengitysilman korkeiden hiilidioksidipitoisuuksien kestot, syyt sekä hiilidioksidin aiheuttamat mahdolliset haitat potilaalle. Tutkimalla leikkauksessa käytettäviä vatsaontelon paineita sekä muita leikkauksen aikaisia työskentelytapoja ja niiden vaikutusta hiilidioksiditasoihin, voidaan toimintaa muokkaamalla parantaa jatkossa potilasturvallisuutta.

## 2 TUTKIMUSMENETELMÄT

### 2.1 Aineisto

Tutkimus toteutettiin retrospektiivisenä kohorttitutkimuksena. Tutkimusaineisto koostui vuonna 2017 TAYS Keskussairaalassa laparoskooppisesti leikatuista adrenalektomia- ja hemikolektomiotilasta. Potilasryhmät haettiin OPERA-leikkaushallintajärjestelmästä, yhteensä 60 potilasta.

Muita aineiston keräystä varten käytettyjä potilastietojärjestelmiä olivat Uranus Desktop (CGI) ja CHAA-anestesiatieläjärjestelmä, joista kerättiin demografiset ja intraoperatiiviset tiedot. Lisäksi tietoja kerättiin heräämövaiheen seurannasta respiraattorin eli hengityskoneen osalta, sekä leikkauksen jälkeisistä eli postoperatiivisista ongelmista. Postoperatiiviset ongelmat luokiteltiin 17 kategoriaan.

Tutkimukseen mukaan otetuista potilaista kerätty aineisto yksilöitiin jokaisen potilaan kohdalla omalla numerolla, eikä aineistoon kerätty potilaiden sosiaaliturvatunnuksia tai muita henkilötietoja. Yksittäisiä potilaita ei ole mahdollista jäljittää kerätyistä tiedoista. Potilaista käsiteltiin vain tutkimuksen kannalta oleellisia tietoja, eikä potilastietoja luovutettu tutkimuksen ulkopuoliseen käyttöön. Koska tutkimus oli rekisteritutkimus, ei Eettisen toimikunnan arviota vaadittu. Tutkimusaineisto kerättiin elokuun 2018 ja toukokuun 2019 välillä. Aineisto tallennettiin Microsoft Excel-ohjelmaan.

### 2.2 Tilastolliset menetelmät

Potilastietojärjestelmistä saadut tiedot siirrettiin niiden käsittelyä ja analysointia varten SPSS Statistics v. 26.0-ohjelmistoon. Aineiston muuttujia vertailtiin kahden leikkausryhmän välillä. Ensin tutkittiin aineistosta analysoitavien numeeristen muuttujien jakaumaa. Tämän perusteella valittiin muuttujista käytettävät tunnusluvut, sekä tulosten analysointiin käytettävät tilastolliset testit. Normaalisti jakautuneille muuttujille käytetään tutkimuksessa tunnuslukuina keskiarvoa ja hajontaa, ja vinosti jakautuneille muuttujille mediaania sekä ala- ja yläkvartiileja. Normaalisti jakautuneita muuttujia vertailtiin edelleen leikkausryhmien välillä T-testillä, ja vinosti jakautuneita Mann-Whitneyn testillä. Kategoristen muuttujien arvot esitetään lukumäärinä, ja näiden prosenttiosuuksina

kyseisen leikkausryhmän potilaiden lukumäärästä. Kategoristen muuttujien esiintyvyyttä kahden ryhmän välillä vertailtiin ristiintaulukoinnin ja Khiin neliötestin avulla. Tilastollisesti merkitsevälle tulokselle käytetään p-arvoa alle 0,05, ja tuloksissa ilmoitetaan 95 %:n luottamusvälit (CI).

## 3 TULOKSET

### 3.1 Potilasmateriaalin demografisia muuttujia

Tutkimusaineistossa oli yhteensä 60 laparoskooppisesti leikattua potilasta. 20 potilasta kuului adrenalektomian ryhmään, ja 40 hemikolektomian ryhmään. Aineistoon kuuluneista potilaista neljältä löytyi demografisista muuttujista vain ikä, ja lisäksi tietoja postoperatiivisista ongelmista sekä jatkohoitopaikan tarpeesta toimenpiteen jälkeen. Näiden edellä mainittujen muuttujien osalta aineisto käsiteltiin 60 potilaan aineistoa käyttäen, ja muut demografiset- sekä intraoperatiiviset muuttujat kokonaisuudessaan 56 potilaan aineistolla. Näistä neljästä edellä mainitusta potilaasta kolme kuului hemikolektomiapotilaiden, ja yksi adrenalektomiapotilaiden ryhmään. Tutkimusaineiston potilaiden demografisia muuttujia leikkausryhmien välillä on vertailtu **taulukossa 1**.

Adrenalektomiapotilaissa oli yhtä paljon naisia ja miehiä, hemikolektomiapotilaissa naisia oli enemmän kuin miehiä. Merkitsevää eroa leikkausryhmien sukupuolijakaumassa ei havaittu. Hemikolektomiapotilaat olivat potilasaineistossa merkitsevästi vanhempia kuin adrenalektomiapotilaat. Potilastietojärjestelmistä kerättiin potilaiden pituus ja paino, ja näistä laskettiin BMI sen yleisellä laskukaavalla,  $BMI = \text{paino (kg)} / (\text{pituus (m)})^2$ . Adrenalektomiapotilailla BMI oli korkeampi kuin hemikolektomiapotilailla, mutta ero ei ollut merkitsevä.

Taulukossa 1 on vertailtu kahden leikkauksissa anestesian aikana käytetyn lääkkeen, noradrenaliinin ja remifentaniilin, käyttöä leikkausryhmien välillä. Leikkausryhmien välillä ei ollut merkitsevää eroa noradrenaliinin tai remifentaniilin käytön yleisyydessä toimenpiteiden aikana. Leikkausryhmien välillä havaittiin merkitsevä ero toimenpiteen aikana käytetyn noradrenaliinin kokonaismäärässä, sekä noradrenaliinin määrässä potilaan painokiloa kohden. Nämä muuttujat olivat molemmat keskimäärin suurempia adrenalektomiapotilailla kuin hemikolektomiapotilla. Käytetyn remifentaniilin kokonaismäärässä, tai määrässä potilaan painokiloa kohden ei havaittu merkitsevää eroa leikkausryhmien välillä.

Leikkauksen aikaista nestetasapainoa vertailtiin leikkausryhmien välillä kokonaisnestemäärää, virtsamäärää ja verenvuotoa tarkastellen.

Hemikolektomiapotilaiden nesteytys oli niukempaa kuin adenalektomiapotilaiden, ja hemikolektomiapotilaiden virtsamäärä oli merkitsevästi pienempi. Verenvuodossa leikkausryhmien välillä ei ollut merkitsevää eroa.

Leikkauksen jälkeen adenalektomiapotilaat kotiutuivat nopeammin kuin hemikolektomiapotilaat. Ero leikkausryhmien sairaalassaoloajassa oli tilastollisesti merkitsevä. Jatkohoitopaikkaa tarvitsi toimenpiteen jälkeen lähes yhtä suuri osuus molempien leikkausryhmien potilaista.

**Taulukko 1. Tutkimusaineiston potilaiden demografisia muuttujia vertailtuna leikkausryhmien välillä. Normaalisti jakautuneiden muuttujien tunnusluvut on annettu muodossa keskiarvo (hajonta), ja vinosti jakautuneiden muodossa mediaani [ala- ja yläkvartiilit].**

<b>Muuttuja</b>	<b>Laparoskooppinen adrenalektomia</b>	<b>Laparoskooppinen hemikolektomia</b>	<b>p</b>
<b>Sukupuoli</b>			0,375
<b>Nainen</b>	10 (50,0 %)	23 (62,2 %)	
<b>Ikä (v)</b>	60 (11,7)	75 (11,0)	<0,001
<b>BMI</b>	28,4 (4,7)	26,8 (5,1)	0,251
<b>Lääkkeiden käyttö</b>			
<b>Noradrenaliini</b>	18 (94,7 %)	28 (75,7 %)	0,139
<b>Käytetty kokonaismäärä (µg)</b>	659 [218, 2070]	190 [81,4, 552]	0,010
<b>Kokonaismäärä painokiloa kohden (µg/kg)</b>	8,2 [2,7, 26,2]	2,8 [1,0, 7,3]	0,012
<b>Remifentaniili</b>	15 (78,9 %)	21 (56,8 %)	0,101
<b>Käytetty kokonaismäärä (µg)</b>	1690 (1200)	1150 (1160)	0,108
<b>Kokonaismäärä painokiloa kohden (µg/kg)</b>	20,7 [13,2, 34,7]	14,9 [0,00, 24,3]	0,171
<b>Kokonaisnestemäärä (ml)</b>	3510 (1550)	2880 (930)	0,118
<b>Kokonaisvirtsamäärä (ml)</b>	1090 (610)	500 (380)	0,001
<b>Kokonaisverenvuoto (ml)</b>	10,0 [5,0, 20,0]	30,0 [10,0, 50,0]	0,103
<b>Kotiutuminen</b>			
<b>Postoperatiivinen kotiutuminen (leikkauksen jälkeinen päivä)</b>	2,5 (1,4)	5,4 (3,6)	<0,001
<b>Jatkohoitopaikkaan menneet</b>	5 (25,0 %)	11 (27,5 %)	0,836

### 3.2 Toimenpiteen vaikutus uloshengitysilman hiilidioksiditasoon ja sen keston

Tutkimuksen kahden leikkausryhmän välisiä eroja intraoperatiivisissa muuttujissa on vertailtu **taulukossa 2**.

Hiilidioksiditasoja leikkausryhmien välillä vertailtaessa etsittiin leikkauksen aikainen korkein yksittäinen hiilidioksidiarvo, sekä pisin yhtämittainen aika, jolloin hiilidioksiditaso ylitti arvon 5,5 kPa. Adrenalektomiapotilailla leikkauksen aikainen hiilidioksiditasapaino ja hengitystiepainet olivat merkitsevästi epäedullisempia kuin hemikolektomiapotilailla. Laparoskooppisessa adrenalektomiassa potilaan uloshengityksen korkein leikkauksen aikana mitattu hiilidioksiditaso oli korkeampi kuin hemikolektomiassa. Myös korkean leikkauksen aikaisen hiilidioksiditason kesto oli pidempi adrenalektomiapotilailla kuin hemikolektomiapotilailla. Korkein hengitystiepainet (PPEAK) oli adrenalektomiapotilailla korkeampi kuin hemikolektomiapotilailla. Adrenalektomiapotilailla keskihengitystiepainet (PMEAN) olivat suurempia kuin hemikolektomiapotilailla. Happisaturaatiossa ei ollut merkitsevää eroa leikkausryhmien välillä.

Leikkauksen kesto määriteltiin anestesian keston mukaisesti. Leikkauksen kestossa ei havaittu merkitsevää eroa leikkausryhmien välillä.

Hengityskoneasetuksissa (PEEP-arvo, hengitystaaajuus, hengityksen kertavolyymi) merkitsevää eroa oli ainoastaan näiden kahden potilasryhmän korkeimmissa hengitystaaajuuksissa. Uloshengityksen loppupaineessa ja kertahengitystilavuudessa ei ollut merkitsevää eroa leikkausryhmien välillä.

**Taulukko 2. Intraoperatiivisia muuttujia vertailtuna leikkausryhmien välillä. Kaikki taulukon muuttujat ovat normaalisti jakautuneita, ja niiden tunnusluvut on annettu muodossa keskiarvo(hajonta).**

<b>Muuttuja</b>	<b>Laparoskooppi nen adrenalektomia</b>	<b>Laparoskooppi nen hemikolektomi a</b>	<b>Absoluutti nen ero (mean difference )</b>	<b>Luotta musväli (CI)</b>	<b>p</b>
<b>Korkein leikkauksen aikainen CO<sub>2</sub>-taso (kPa)</b>	6,8 (1,2)	5,5 (0,4)	1,3	0,7–1,9	<0,001
<b>Pisin yhtämittäinen aika, kun CO<sub>2</sub>-taso &gt;5,5 kPa (min)</b>	62 (40)	14 (17)	48,6	27,3–70,0	<0,001
<b>Korkein hengitystiepain (PPEAK) (cmH<sub>2</sub>O)</b>	33 (5,3)	25 (5,3)	8,9	5,9–11,8	<0,001
<b>Keskihengitystiepain (PMEAN) (cmH<sub>2</sub>O)</b>	15 (2,7)	11 (2,2)	3,5	2,2–4,8	<0,001
<b>Matalin happisaturaatio (%)</b>	96 (2,6)	96 (2,0)	-0,3	-1,6–0,9	0,614
<b>Leikkauksen kesto (min)</b>	141 (69)	149 (56)	-7,7	-42,5–27,2	0,661
<b>Keskimääräinen positiivinen loppuloishengityksen paine (PEEP)(cmH<sub>2</sub>O)</b>	6,5 (1,7)	6,2 (1,7)	0,3	-0,7–1,2	0,585
<b>Korkein hengitystaajuus</b>	21 (4,9)	16 (3,9)	5,4	3,0–7,8	<0,001
<b>Korkein hengityksen kertavolyymi (ml)</b>	570 (81)	550 (80)	20,7	-24,9–66,4	0,367



### 3.3 Postoperatiiviset ongelmat

Postoperatiiviset ongelmat luokiteltiin 17 eri kategoriaan, jotka näkyvät **taulukossa 3**.

Tutkimusaineistossa oli vain yksi potilas, jolla postoperatiivisia ongelmia ei ollut lainkaan.

Lopuilla potilaista ongelmia raportoitiin yksi tai useampia, ja hemikolektomiapotilailla nämä olivat keskimäärin yleisempiä

Merkitsevästi suurempi esiintyvyys postoperatiivisissa ongelmissa hemikolektomiapotilailla oli ylä-GI-oireissa, ummetuksessa tai ripulissa, ja yleistilan heikentymisessä. Lisäksi muut, taulukon muissa kategorioissa mainitsemattomat ongelmat olivat merkitsevästi yleisempiä hemikolektomiapotilailla kuin adrenalektomiapotilailla. Adrenalektomiapotilailla esiintyi enemmän turvotuksia leikkausalueen ulkopuolella ja poikkeavia dreeneritteitä kuin hemikolektomiapotilailla, mutta ero ei ollut merkitsevä.

**Taulukko 3. Postoperatiivisten ongelmien esiintyvyys vertailtuna leikkausryhmien välillä.**

<b>Postoperatiivisen ongelman kategoria</b>	<b>Laparoskooppinen adrenalektomia</b>	<b>Laparoskooppinen hemikolektomia</b>	<b>p</b>
<b>1. Hengityskoneen käyttö</b>	1 (5,0 %)	3 (7,5 %)	1,000
<b>2. Kipu leikkausalueella</b>	14 (70,0 %)	32 (80,0 %)	0,519
<b>3. Kipu muualla kuin leikkausalueella</b>	4 (20,0 %)	12 (30,0 %)	0,409
<b>4. Hematooma haava-alueella</b>	0 (0,0 %)	2 (5,0 %)	0,548
<b>5. Hemodynamiikan ongelmat, rintakipu</b>	8 (40,0 %)	16 (40,0 %)	1,000
<b>6. Hengitykseen ja happisaturaatioon liittyvät ongelmat</b>	6 (30,0 %)	15 (37,5 %)	0,566
<b>7. Ylä-GI-oireet, esim. närästys ja pahoinvointi</b>	5 (25,0 %)	25 (62,5 %)	0,006
<b>8. Ummetus tai ripuli</b>	1 (5,0 %)	15 (37,5 %)	0,007
<b>9. Matala Hb</b>	1 (5,0 %)	3 (7,5 %)	1,000
<b>10. Kuume tai lämpöily</b>	3 (15,0 %)	14 (35,0 %)	0,105
<b>11. Todettu tai epäilty postoperatiivinen infektiio</b>	0 (0,0 %)	7 (17,5 %)	0,084
<b>12. Diureesin ongelmat</b>	0 (0,0 %)	5 (12,5 %)	0,159
<b>13. Heikentynyt yleistila, sekavuus</b>	1 (5,0 %)	14 (35,0 %)	0,011
<b>14. Turvotukset muualla kuin vatsan alueella</b>	3 (15,0 %)	3 (7,5 %)	0,390
<b>15. Poikkeava dreenerite</b>	2 (10,0 %)	1 (2,5 %)	0,255

<b>16. Uusintaleikkaukseen joutuminen komplikaation takia</b>	0 (0,0 %)	1 (2,5 %)	1,000
<b>17. Muut ongelmat</b>	3 (15,0 %)	18 (45,0 %)	0,022

## 4 POHDINTA

Tässä tutkimuksessa adrenalektomiapotilailla havaittiin korkeampia uloshengitysilman hiilidioksiditasoja kuin hemikolektomiapotilailla. Korkeat hiilidioksiditasot olivat myös pitkäkestoisempia adrenalektomiapotilailla. Lisäksi hengitystiepaineita mittaavat muuttujat, korkein hengitystiepaine (PPEAK) ja keskihengitystiepaine (PMEAN), olivat korkeampia adrenalektomiapotilailla. Myös korkein hengitystaajuus oli adrenalektomiapotilailla korkeampi kuin hemikolektomiapotilailla. Postoperatiiviset ongelmat olivat kuitenkin hemikolektomiapotilailla keskimäärin yleisempiä kuin adrenalektomiapotilailla. Ylä-GI-oireet, ummetus ja ripuli, sekä yleistilan heikentyminen olivat merkitsevästi yleisempiä hemikolektomiapotilailla. Mitkään postoperatiiviset ongelmat eivät olleet merkitsevästi yleisempiä adrenalektomiapotilailla kuin hemikolektomiapotilailla.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli verrata kahden erilaisen laparoskooppisen toimenpiteen potilaiden uloshengitysilman hiilidioksidipitoisuutta, ja sen merkitystä. Kahdessa leikkausryhmässä tutkittiin uloshengityksen hiilidioksidipitoisuuden määrää ja kestoa, sekä näiden yhteyttä potilaan postoperatiivisiin ongelmiin. Lisämunuaisen leikkaukset operoitiin retroperitoneoskooppisesti, ja paksusuolen leikkaukset vatsaontelon kautta laparoskooppisesti.

Laparoskooppisissa leikkauksissa täyttökaasuna käytettävä hiilidioksidi aiheuttaa yhdessä kohonneen vatsaontelon paineen kanssa merkittäviä fysiologisia muutoksia. Useat muutoksista ovat ei-toivottuja, ja aiheuttavat ongelmia potilaan homeostaasille toimenpiteen aikana. Hiilidioksidin absorboituu vatsaontelosta valtimovereen ja aiheuttaa hyperkapniaa sekä respiratorista asidoosia, jos hiilidioksidin poistumista elimistöstä ei tehosteta ventilaatiolla. (9,18,24,25) Asidoosi vaikuttaa koko elimistöön haitallisesti (26). Havaittujen hiilidioksidin haitallisten vaikutusten perusteella tässä tutkimuksessa ajateltiin korkeiden uloshengityksen hiilidioksiditasojen ja niiden pitkän keston aiheuttavan potilaalle postoperatiivisia ongelmia.

Hiilidioksiditasojen ja postoperatiivisen pahoinvoinnin yhteyttä on tutkittu erityisesti gynekologisilla potilailla. Eräessä tutkimuksessa havaitaan matalien intraoperatiivisten uloshengityksen hiilidioksiditasojen vähentävän postoperatiivista pahoinvointia ja oksentelua laparoskooppisesti leikatuilla gynekologisilla potilailla. Näillä gynekologisilla

potilailla todetaan kahta intraoperatiivista EtCO<sub>2</sub>-tasoa vertailtaessa matalamman hiilidioksiditason ryhmässä vähemmän pahoinvointia, matalammat PONV (post-operative nausea and vomiting) -pisteet ja vähäisempi pahoinvointilääkkeiden tarve. (30) Toisessa tutkimuksessa, jossa vertaillaan gynekologisten avoleikattujen potilaiden intraoperatiivisten uloshengityksen hiilidioksiditasojen ja postoperatiivisen pahoinvoinnin yhteyttä, havaitaan päinvastainen tulos. Matalat EtCO<sub>2</sub>-tasot yhdistetään kohonneeseen pahoinvoinnin riskiin. (31) Laparoskooppisesti leikatuilla potilailla havaitaan enemmän pahoinvointia ja päänsärkyä avoleikattuihin potilaisiin verrattuna, vaikka uloshengityksen hiilidioksiditasoissa ei havaita eroa leikkausryhmien välillä (32). Eräässä tutkimuksessa puolestaan erilaisilla valtimoveren hiilidioksidiosapaineilla ei ole eroa laparoskooppisesti leikattujen potilaiden postoperatiivisessa pahoinvoinnissa (33). Tässä tutkimuksessa postoperatiivinen pahoinvointi oli yleisempää hemikolektomiapotilailla kuin adrenalektomiapotilailla, vaikka korkeampia intraoperatiivisia hiilidioksidipitoisuuksia havaittiin adrenalektomiapotilailla. Hiilidioksidin ja postoperatiivisen pahoinvoinnin välillä ei vaikuta olevan selvää yhteyttä. Pahoinvointi on todennäköisesti monitekijäinen postoperatiivinen ongelma, eikä sitä voi ennustaa pelkästään intraoperatiivisen hiilidioksiditason perusteella. Tämän tutkimuksen kaksi tutkittua leikkausta ovat hyvin erilaisia, minkä vuoksi vertailu aiempien tutkimusten tuloksiin ei ole luotettavaa. Vaikka gynekologisilla avoleikkauspotilailla matalat hiilidioksiditasot yhdistetään kohonneeseen pahoinvoinnin riskiin (31), ei tässä tutkimuksessa voida päätellä pelkän matalan hiilidioksiditason altistaneen hemikolektomiapotilaita pahoinvoinnille. Hemikolektomia on laajempi ja haastavampi leikkaus kuin adrenalektomia ja siinä operoidaan suoliston aluetta. Suoliston alueen operointi aiheuttaa suolilamaa, ja mahdollisesti siten enemmän pahoinvointia. On todennäköistä, että tässä tapauksessa eroihin postoperatiivisessa pahoinvoinnissa vaikuttaa enemmän leikkausryhmä, kuin intraoperatiiviset hiilidioksiditasot. Tämän tutkimuksen muuttujiin ei sisällynyt tietoja postoperatiivisesti käytetyistä kipulääkkeistä. Hemikolektomiapotilaat myös mahdollisesti vaativat isomman operaation jälkeen enemmän vahvoja kipulääkkeitä, mikä voi lisätä edelleen postoperatiivista pahoinvointia.

Aiempiä tutkimuksia intraoperatiivisten hiilidioksiditasojen ja niiden keston yhteydestä potilaan ummetukseen ja ripuliin ei löytynyt. Hemikolektomiapotilailla havaittiin tässä tutkimuksessa enemmän ummetusta ja ripulia kuin adrenalektomiapotilailla. Tätä postoperatiivisten ongelmien esiintyvyyden eroa todennäköisesti selittää vertailtujen toimenpiteiden erilaisuus. Adrenalektomiassa ei samalla tavalla operoida suolistoa kuin

hemikolektomiassa. Hemikolektomiassa suolistoon kohdistuva leikkaus altistaa todennäköisesti suoliston toiminnan poikkeavuuksille, esimerkiksi ummetukselle ja ripulille. Mahdollinen hemikolektomiapotilaiden postoperatiivisen vahvan kipulääkityksen tarve voi myös lisätä potentiaalisesti ummetuksen esiintyvyyttä näillä potilailla.

Tässä tutkimuksessa kahden leikkausryhmän kotiutumista tutkittiin vertaamalla sairaalassaoloaikoja, ja jatkohoitopaikan tarvetta. Adrenalektomiapotilaat kotiutuivat merkittävästi nopeammin, vaikka tällä leikkausryhmällä käytetyt hiilidioksidipitoisuudet olivat suurempia. Kun tutkitaan intraoperatiivisten uloshengityksen hiilidioksiditasojen vaikutusta perkutaanisen munuaiskivien poiston jälkeiseen toipumiseen, lievä intraoperatiivinen hyperkapnia on yhteydessä nopeampaan anestesiasta toipumiseen sekä spontaanin hengityksen palautumiseen (34). Hyvin invasiivisesti vatsan alueella avoleikatuilla potilailla intraoperatiivisen hypokapnian havaitaan olevan jopa riskitekijä pidemmälle sairaalassaoloajalle (35). Laparoskooppisesti leikattavilla potilailla kohonneisiin hiilidioksidipitoisuuksiin liittyy myös kohonnut vatsaontelon paine. Matalampi vatsaontelon paine puolestaan yhdistyy nopeampaan sairaalasta kotiutumiseen sekä matalampaan valtimoveren hiilidioksiditasoon, kun EtCO<sub>2</sub> pysyy stabiilina (36). Tämän tutkimuksen tulokset hiilidioksiditason ja sairaalassaoloajan yhteydestä ovat samansuuntaisia aiemman tutkimustiedon kanssa. Hemikolektomia on kuitenkin laajempi leikkaus kuin adrenalektomia, ja kahta erilaista leikkausryhmää vertaillen ei eron kotiutumisessa voida todeta johtuvan vain hiilidioksiditasoista. Pidempään toipumisaikaan vaikuttaa hiilidioksiditason lisäksi merkittävästi myös muut tekijät. Esimerkiksi potilaiden ikä leikkaushetkellä on tärkeä toipumisen nopeudessa huomioitava asia. Tässä tutkimuksessa hitaammin toipuneet hemikolektomiapotilaat olivat merkittävästi vanhempia kuin adrenalektomiapotilaat. Tietoa vatsaontelon paineista ei tässä tutkimuksessa kerätty, eikä sen vaikutusta tämän tutkimuksen potilaiden kotiutumiselle voida osoittaa.

Tavanomaista laparoskooppista toimenpidettä, jossa leikkausalueen näkyvyys saavutetaan hiilidioksiditäytteisellä pneumoperitoneumilla, verrataan aiemmissa tutkimuksissa vatsaontelon seinämän nostoa käyttävään leikkaustapaan (AWL, abdominal wall lift) (37–39). Tutkimuksissa etsitään hiilidioksidin käytön ja käyttämättömyyden vaikutuksia laparoskooppisille potilaille. Paksusuolileikkauksissa potilailla havaitaan hiilidioksidia käytettäessä vähemmän kipua ja enemmän väsymystä toimenpiteen jälkeen. Leikkausryhmien välillä ei havaita eroa muussa postoperatiivisessa toipumisessa. (37) Toisessa tutkimuksessa AWL-tekniikalla leikatuilla potilaille käytetään vähäistä

hiilidioksiditäyttöä kolekystektomiassa, ja näitä potilaita verrataan tavanomaisesti hiilidioksidi-pneumoperitoneumin avulla laparoskooppisesti leikattaviin potilaisiin. Tavanomaisesti leikatuilla potilailla postoperatiivisen uneliaisuuden kesto on pidempi, ja uneliaisuuden kesto korreloi käytetyn hiilidioksidin määrään. (38) Postoperatiivisen uneliaisuuden keston ja käytetyn hiilidioksidimäärän välillä havaitaan korrelaatio myös toisessa kolekystektomiapotilaita tarkastelleessa tutkimuksessa. AWL-tekniikalla leikatuilla potilailla on myös vähemmän oikean olkapään kipua. Hiilidioksiditäytöllä leikatuilla potilailla juominen itsenäisesti suun kautta sekä mobilisaatio palautuvat keskimäärin seitsemän tuntia myöhemmin kuin ilman hiilidioksidia leikatuilla. (39) Hiilidioksidin käytöllä on näiden aikaisempien tutkimusten perusteella vaikutusta potilaan postoperatiiviseen vointiin. Tässä tutkimuksessa molemmille leikkausryhmille käytettiin hiilidioksidia täyttökaasuna leikkauksessa, joten hiilidioksidin vaikutuksia potilaan vointiin ei voi verrata samaan tapaan aiempien tutkimusten kanssa. Adrenalektomiapotilailla hiilidioksiditasot olivat suurempia, mutta heikentynyttä yleistilaa ja sekavuutta todettiin postoperatiivisesti enemmän hemikolektomiapotilailla. Kivun esiintymisessä ei ollut merkittävää eroa leikkausryhmien välillä. Hiilidioksiditasojen ja potilaan heikentyneen postoperatiivisen yleisvoinnin välillä ei voida tämän perusteella päätellä olevan suoraa yhteyttä.

Tutkimuksen vahvuutena voidaan pitää sitä, että toimenpiteet ovat tehty samassa leikkausyksikössä ja toiminta on ollut standardoitua. Leikkaustekniikat, kaasujen käyttö laparoskooppisissa leikkauksissa, sekä leikkaavat kirurgit ovat samoja.

Tutkimukseen liittyy myös rajoitteita. Aineisto on kohtalaisen pieni, mikä rajoittaa tulosten analysointia. Aineiston analysoitujen muuttujien keräämiseen liittyy myös rajoitteita, sillä useilla tutkimuksessa mukana olleilla potilailla kaikki muuttujat eivät olleet kerättävissä potilastietojärjestelmistä. Aineistossa on myös mukana neljä potilasta, joilta ei ole tallentunut suurta osaa analysoiduista muuttujista potilastietojärjestelmiin lainkaan. Näiden muuttujien osalta analysoitu aineisto on vieläkin pienempi. Yhtenä tutkimuksen rajoitteena voidaan pitää sitä, että aineiston potilailta ei ole kerätty ja analysoitu tietoa käytetystä vatsaontelon paineesta (IAP) toimenpiteen aikana. Muissa tutkimuksissa hiilidioksiditasojen ohella kohonnut vatsaontelon paine on usein yhdistetty potilaalle laparoskooppisen leikkauksen aikana syntyviin ongelmiin (9,18,24,25). Vertailut leikkaukset on operoitu erilaisilla täyhystysmenetelmillä, adrenalektomia retroperitoneoskooppisesti ja hemikolektomia laparoskooppisesti suoraan vatsaontelon kautta. Vatsaontelon paineolosuhteet ovat näissä kahdessa täyhystysleikkauksessa

lähtökohtaisesti erilaiset, sillä retroperitoneoskopiassa kohonnut paine ei vaikuta koko vatsaontelon alueella. Myös tämä vaikeuttaa kahden leikkausryhmän vertailua luotettavasti.

Adrenalektomiassa intraoperatiiviset olosuhteet olivat monin paikoin epäedullisemmat potilaalle, mutta postoperatiivisia ongelmia havaittiin enemmän hemikolektomiapotilailla. Adrenalektomiassa käytetään yleensä korkeampia leikkauksenaikaisia vatsaontelon hiilidioksidipaineita pneumoperitoneumin luomiseen ja hyvän leikkausalueen näkyvyyden saavuttamiseen. Hemikolektomia on kuitenkin toimenpiteenä laajempi ja haastavampi, eivätkä pelkät hiilidioksiditasojen erot selitä eroja leikkausryhmien potilaiden leikkauksen jälkeisessä voinnissa. Vertailut toimenpiteet olivat hyvin erilaisia monella tapaa. Leikkausalueet ja laparoskooppiset lähestymistavat eroavat näissä kahdessa leikkauksessa. Adrenalektomia tehdään pääosin retroperitoneoskooppisesti ja hemikolektomia laparoskooppisesti vatsaontelon kautta. Toimenpiteiden erilaisuus tekee niiden luotettavasta vertailusta haastavaa, ja havaitut tulokset selittyvät todennäköisimmin leikkausten suorituksen merkittävillä eroavaisuuksilla.

Uloshengityksen hiilidioksidipitoisuus ei mahdollisesti kerro riittävän luotettavasti potilaan hiilidioksidimetaboliasta, sillä siihen voidaan vaikuttaa merkittävästi ventilaation muutoksilla anestesian aikana. Tarkemman kuvan potilaan intraoperatiivisesta hiilidioksidimetaboliasta saisi esimerkiksi veren hiilidioksidiosapaineen mittauksilla. Hiilidioksidipitoisuuden vaikutuksista potilaan postoperatiiviseen vointiin saataisiin tarkempaa tietoa, mikäli vertailtaisiin saman laparoskooppisen leikkauksen potilaita eri hiilidioksidipitoisuuksilla. Tällä tavalla erilaisen leikkauksen ero potilaiden vointiin poistuisi, ja hiilidioksidipitoisuuden vaikutusten arvio olisi luotettavampaa. Tämän tutkimuksen perusteella intraoperatiivisen hiilidioksidipitoisuuden ja sen keston vaikutusta potilaan postoperatiiviseen vointiin ei voida päätellä.



## 5 LÄHTEET

1. Olkkola K, Kiviluoma K, Saari T, Tallgren M, Uusaro A, Yli-Hankala A. (toim.). Anestesiologia, teho-, ensi- ja kivunhoito[online]. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 2020 (luettu 12.05.2021). Saatavilla Internetissä (vaatii käyttäjätunnuksen): [www.oppiportti.fi/op/ajt00250](http://www.oppiportti.fi/op/ajt00250).
2. Reynolds W. The first laparoscopic cholecystectomy. *JLS*. 2001;5(1):89–94.
3. Buia A, Stockhausen F, Hanisch E. Laparoscopic surgery: A qualified systematic review. *World J Methodol*. 2015;5(4):238.
4. M G, A L, E B. Laparoscopic Adrenalectomy in Cushing's Syndrome and Pheochromocytoma. *N Engl J Med*. 1992 Oct;327(14):1033–1033.
5. Jacobs M, Verdeja JC, Goldstein HS. Minimally invasive colon resection (laparoscopic colectomy). *Surg Laparosc Endosc*. 1991 Sep 1;1(3):144–50.
6. Schippers E, Öttinger AP, Anurov M, Polivoda M, Schumpelick V. Laparoscopic cholecystectomy: A minor abdominal trauma? *World J Surg*. 1993 Jul;17(4):539–42.
7. Novitsky YW, Kercher KW, Czerniach DR, Kaban GK, Khera S, Gallagher-Dorval KA, et al. Advantages of mini-laparoscopic vs conventional laparoscopic cholecystectomy: Results of a prospective randomized trial. *Arch Surg*. 2005 Dec;140(12):1178–83.
8. Reza MM, Blasco JA, Andradas E, Cantero R, Mayol J. Systematic review of laparoscopic versus open surgery for colorectal cancer. Vol. 93, *British Journal of Surgery*. Br J Surg; 2006. p. 921–8.
9. Olkkola K, Kiviluoma K, Saari T, Tallgren M, Uusaro A, Yli-Hankala A. (toim.). Anestesiologia, teho-, ensi- ja kivunhoito[online]. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 2020 (luettu 12.05.2021). Saatavilla Internetissä (vaatii käyttäjätunnuksen): [www.oppiportti.fi/op/ajt00251](http://www.oppiportti.fi/op/ajt00251).
10. Bulus H, Uslu HY, Karakoyun R, Koçak S. Comparison of laparoscopic and open adrenalectomy. *Acta Chir Belg*. 2013;113(3):203–7.
11. Li YS, Meng FC, Lin JK. Procedural and post-operative complications associated with laparoscopic versus open abdominal surgery for right-sided colonic cancer resection. *Medicine (Baltimore)*. 2020 Oct 2;99(40):e22431.
12. Veldkamp R, Kuhry E, Hop WCJ, Jeekel J, Kazemier G, Bonjer HJ, et al. Laparoscopic surgery versus open surgery for colon cancer: Short-term outcomes of a randomised trial. *Lancet Oncol*. 2005;6(7):477–84.
13. Heger P, Probst P, Hüttner FJ, Gooßen K, Proctor T, Müller-Stich BP, et al. Evaluation of Open and Minimally Invasive Adrenalectomy: A Systematic Review and Network Meta-analysis. *World J Surg*. 2017 Nov 1;41(11):2746–57.
14. Brix D, Allolio B, Fenske W, Agha A, Dralle H, Jurowich C, et al. Laparoscopic Versus Open Adrenalectomy for Adrenocortical Carcinoma: Surgical and Oncologic Outcome in 152 Patients. *Eur Urol*. 2010 Oct 22;58(4):609–15.
15. H N, DJ S, HS W, J F, M A, SJ S, et al. A Comparison of Laparoscopically Assisted and Open Colectomy for Colon Cancer. *N Engl J Med*. 2004 May 13;350(20):2050–9.
16. Kamine TH, Papavassiliou E, Schneider BE. Effect of abdominal insufflation for laparoscopy on intracranial pressure. *JAMA Surg*. 2014;149(4):380–2.
17. Olkkola K, Kiviluoma K, Saari T, Tallgren M, Uusaro A, Yli-Hankala A. (toim.). Anestesiologia, teho-, ensi- ja kivunhoito[online]. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 2020 (luettu 12.05.2021). Saatavilla Internetissä (vaatii käyttäjätunnuksen): [www.oppiportti.fi/op/ajt00252](http://www.oppiportti.fi/op/ajt00252).

18. Koivusalo AM, Lindgren L. Effects of carbon dioxide pneumoperitoneum for laparoscopic cholecystectomy. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2000;44(7):834–41.
19. Kuhry E, Schwenk W, Gaupset R, Romild U, Bonjer J. Long-term outcome of laparoscopic surgery for colorectal cancer: A cochrane systematic review of randomised controlled trials. *Cancer Treat Rev.* 2008 Oct;34(6):498–504.
20. Brandao LF, Autorino R, Laydner H, Haber GP, Ouzaid I, De Sio M, et al. Robotic versus laparoscopic adrenalectomy: A systematic review and meta-analysis. *Eur Urol.* 2014;65(6):1154–61.
21. Liao G, Zhao Z, Lin S, Li R, Yuan Y, Du S, et al. Robotic-assisted versus laparoscopic colorectal surgery: a meta-analysis of four randomized controlled trials. *World J Surg Oncol.* 2014 Apr 26;12(1).
22. Vlot J, Wijnen R, Stolker RJ, Bax K. Optimizing working space in porcine laparoscopy: CT measurement of the effects of intra-abdominal pressure. *Surg Endosc.* 2013;27(5):1668–73.
23. Safran DB, Orlando R. Physiologic effects of pneumoperitoneum. *Am J Surg.* 1994;167(2):281–6.
24. Gutt CN, Oniu T, Mehrabi A, Schemmer P, Kashfi A, Kraus T, et al. Circulatory and respiratory complications of carbon dioxide insufflation. *Dig Surg.* 2004;21(2):95–105.
25. Iwasaka H, Miyakawa H, Yamamoto H, Kitano T, Taniguchi K, Honda N. Respiratory mechanics and arterial blood gases during and after laparoscopic cholecystectomy. *Can J Anaesth.* 1996;43(2):129–33.
26. Ala-Kokko T, Alahuhta S, Hyppölä H, Kaartinen J, Savolainen T. (toim.). *Peruselintoimintojen häiriöt ja niiden hoito* [online]. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 2020 (luettu 12.05.2021). Saatavilla Internetissä (vaatii käyttäjätunnuksen): [www.oppoportti.fi/op/phh00020](http://www.oppoportti.fi/op/phh00020).
27. Hypolito O, Azevedo JL, Gama F, Azevedo O, Miyahira SA, Pires OC, et al. Effects of elevated artificial pneumoperitoneum pressure on invasive blood pressure and levels of blood gases. *Brazilian J Anesthesiol (English Ed.)* 2014 Mar;64(2):98–104.
28. Mutetwa EN, Shumbairerwa S, Crawford A, Madzimbamuto FD, Chimoga T, Marange-Chikuni D. Metabolic effects of Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) insufflation during laparoscopic surgery: changes in pH, arterial partial Pressure of Carbon Dioxide (PaCO<sub>2</sub>) and End Tidal Carbon Dioxide (EtCO<sub>2</sub>). *Cent Afr J Med.* 2015;61(9–12):61–5.
29. Vlot J, Slieker JC, Wijnen R, Lange JF, Bax KMA. Optimizing working-space in laparoscopy: Measuring the effect of mechanical bowel preparation in a porcine model. *Surg Endosc.* 2013;27(6):1980–5.
30. Besir A, Tugcugil E. Comparison of different end-tidal carbon dioxide levels in preventing postoperative nausea and vomiting in gynaecological patients undergoing laparoscopic surgery. *J Obstet Gynaecol (Lahore).* 2020;
31. Fujimoto D, Egi M, Makino S, Mizobuchi S. The association of intraoperative end-tidal carbon dioxide with the risk of postoperative nausea and vomiting. *J Anesth.* 2020 Apr 1;34(2):195–201.
32. Cooke SJ, Paterson-Brown S. Association between laparoscopic abdominal surgery and postoperative symptoms of raised intracranial pressure. *Surg Endosc.* 2001;15(7):723–5.
33. Son JS, Oh JY, Ko S. Effects of hypercapnia on postoperative nausea and vomiting after laparoscopic surgery: a double-blind randomized controlled study. *Surg Endosc.* 2017 Nov 1;31(11):4576–82.
34. Golparvar M, Saghaei M, Matin G. Effects of intra-operative end-tidal carbon dioxide levels on the rates of post-operative complications in adults undergoing general anesthesia for percutaneous nephrolithotomy: A clinical trial. *Adv Biomed Res.*

- 2014;3(1):84.
35. Park JH, Lee HM, Kang CM, Kim KS, Jang CH, Hwang HK, et al. Correlation of Intraoperative End-Tidal Carbon Dioxide Concentration on Postoperative Hospital Stay in Patients Undergoing Pylorus-Preserving Pancreaticoduodenectomy. *World J Surg.* 2021;
  36. Radosa JC, Radosa MP, Schweitzer PA, Radosa CG, Stotz L, Hamza A, et al. Impact of different intraoperative CO<sub>2</sub> pressure levels (8 and 15 mmHg) during laparoscopic hysterectomy performed due to benign uterine pathologies on postoperative pain and arterial pCO<sub>2</sub>: a prospective randomised controlled clinical trial. *BJOG An Int J Obstet Gynaecol.* 2019;126(10):1276–85.
  37. Schulze S, Lyng KM, Bugge K, Perner A, Bendtsen A, Thorup J, et al. Cardiovascular and respiratory changes and convalescence in laparoscopic colonic surgery. Comparison between carbon dioxide pneumoperitoneum and gasless laparoscopy. *Arch Surg.* 1999 Oct;134(10):1112–8.
  38. Koivusalo AM, Kellokumpu I, Lindgren L. Postoperative drowsiness and emetic sequelae correlate to total amount of carbon dioxide used during laparoscopic cholecystectomy. *Surg Endosc.* 1997;11(1):42–4.
  39. Koivusalo AM, Kellokumpu I, Lindgren L. Gasless laparoscopic cholecystectomy: Comparison of postoperative recovery with conventional technique. *Br J Anaesth.* 1996;77(5):576–80.