

OSOBITOSTI ANESTEZIJE U LAPAROSKOPSKOJ KIRURGIJI

Šipura, Petra

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Medicine / Sveučilište u Rijeci, Medicinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:184:227266>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-26**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Medicine - FMRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI

MEDICINSKI FAKULTET

INTEGRIRANI PREDDIPLOMSKI I DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ MEDICINE

Petra Šipura

OSOBITOSTI ANESTEZIJE U LAPAROSKOPSKOJ KIRURGIJI

Diplomski rad

Rijeka, 2023.

SVEUČILIŠTE U RIJECI

MEDICINSKI FAKULTET

INTEGRIRANI PREDDIPLOMSKI I DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ MEDICINE

Petra Šipura

OSOBITOSTI ANESTEZIJE U LAPAROSKOPSKOJ KIRURGIJI

Diplomski rad

Rijeka, 2023.

Mentor rada: prof. dr. sc. Vlatka Sotošek, dr. med.

Diplomski rad ocijenjen je dana 12. lipnja 2023. na Katedri za anesteziologiju, reanimatologiju, hitnu i intenzivnu medicinu, pred povjerenstvom u sastavu:

1. izv. prof. dr. sc. Alen Protić, dr. med.

2. doc. dr. sc. Janja Tarčuković, dr. med.

3. izv. prof. sr. sc. Marko Zelić, dr. med.

Rad sadrži 43 stranice, 1 sliku i 65 literaturnih navoda.

ZAHVALA

Zahvaljujem svojoj obitelji i prijateljima na neizmjernoj podršci koju su mi pružili tijekom studija i izrade ovog diplomskog rada.

Posebno zahvaljujem svojoj majci čije me strpljenje i razumijevanje pratilo na svakom koraku ovog puta. Njezina ljubav i riječi ohrabrenja davale su mi snagu da idem naprijed kada mi je to bilo najpotrebnije. Hvala joj što je vjerovala u mene i kada ja nisam.

Podrška moje obitelji i prijatelja bila je temelj na kojem sam gradila svoje snove. Zahvaljujući njima snovi su postali java, stoga završetak ovog studija ne predstavlja samo moj uspjeh, već zajednički uspjeh koji dijelimo.

Popis skraćenica i akronima

Ar – argon

ASA – Američko društvo anesteziologa (od engl. *American Society of Anesthesiologists*)

BIPAP – bifazični pozitivni tlak u dišnim putevima (od engl. *biphasic positive airway pressure*)

CH₄ – metan

CO₂ – ugljikov dioksid

CPAP – kontinuirani pozitivni tlak u dišnim putevima (od engl. *continuous positive airway pressure*)

CVK – centralni venski kateter

CVT – centralni venski tlak

DVT – duboka venska tromboza (od engl. *deep vein thrombosis*)

DŠV – donja šuplja vena

EKG – elektrokardiografija

Et-CO₂ – tlak ugljikova dioksida na kraju izdisaja (od engl. *end-tidal CO₂*)

FRC – funkcionalni rezidualni kapacitet (od engl. *functional residual capacity*)

FiO₂ – frakcija udahnutog kisika (od engl. *fraction of inspired oxygen*)

H₂ – vodik

He – helij

IAP – intraabdominalni tlak (od engl. *intraabdominal pressure*)

ICP – intrakranijalni tlak (od engl. *intracranial pressure*)

IPPV – intermitentna ventilacija pozitivnim tlakom (od engl. *intermittent positive pressure ventilation*)

KOPB – kronična opstruktivna plućna bolest

MAP – srednji arterijski tlak (od engl. *middle arterial pressure*)

SMV – minutni volumen srca

N₂ – dušik

N₂O – dušični oksidul

O₂ – kisik

OSA – opstruktivna apneja u spavanju (od engl. *obstructive sleep apnea*)

PaO₂ – parcijalni tlak kisika

PaCO₂ – parcijalni tlak ugljikova dioksida

Paw – tlak u dišnim putevima

PCWP – tlak punjenja lijevog srca (od engl. *pulmonary capillary wedge pressure*)

PEEP – pozitivan tlak na kraju ekspirija (od engl. *positive end expiratory pressure*)

PNP – pneumoperitoneum (od engl. *pneumoperitoneum*)

PONV – poslijeoperacijska mučnina i povraćanje (od engl. *postoperative nausea and vomiting*)

PVR – plućni vaskularni otpor (od engl. *pulmonary vascular resistance*)

RV – respiracijski volumen

SpO₂ – periferna saturacija kisikom

SVR – sustavni vaskularni otpor (od engl. *systemic vascular resistance*)

UV – udarni volumen srca

VP – venski priljev

1. UVOD	1
2. SVRHA RADA	1
3. POVIJEST ENDOSKOPIJE I ENDOSKOPSKE KIRURGIJE	2
4. IZBOR INSUFLACIJSKOG PLINA	3
4.1. Zrak	3
4.2. Dušični oksidul	4
4.3. Helij	4
4.4. Argon	5
4.5. Ugljikov dioksid	5
5. PATOFIZIOLOŠKI UČINCI PNEUMOPERITONEUMA	7
5.1. Učinci na kardiovaskularni sustav	7
5.2. Učinci na respiracijski sustav	8
5.3. Učinci na regionalni krvotok	9
5.3.1. Učinci na splanhnički krvotok	9
5.3.2. Učinci na renalni krvotok	9
5.3.3. Učinci na cerebralni krvotok	10
6. PATOFIZIOLOŠKI UČINCI POLOŽAJA BOLESNIKA	10
7. PRIJEOPERACIJSKA PROCJENA BOLESNIKA	11
8. PREMEDIKACIJA	13
9. ANESTEZIJA U LAPAROSKOPSKOJ KIRURGIJI	14
9.1. Opća anestezija	14
9.2. Regionalna anestezija	16
9.2.1. Epiduralna anestezija	16
9.2.2. Spinalna anestezija	17
9.2.3. Kombinirana spinalno-epiduralna anestezija	18
9.3. Lokalna anestezija	18
10. MONITORING	19
10.1. Respiracijski monitoring	19
10.1.1. Pulsna oksimetrija	19
10.1.2. Kapnografija	20
10.2. Hemodinamski monitoring	21
10.2.1. Elektrokardiografija	21
10.2.2. Ostale metode hemodinamskog monitoringa	22

10.3. Monitoring tjelesne temperature.....	23
11. KOMPLIKACIJE U LAPAROSKOPSKOJ KIRURGIJI	23
11.1. Intraoperacijske komplikacije	23
11.1.1. Kirurške komplikacije.....	23
11.1.2. Komplikacije vezane uz pneumoperitoneum.....	24
11.1.1.1. Subkutani emfizem	24
11.1.1.2. Pneumotoraks.....	25
11.1.1.3. Venska embolizacija ugljikovim dioksidom	25
11.1.1.4. Hipotermija.....	26
11.2. Poslijeoperacijske komplikacije.....	27
11.2.1. Bol u ramenom pojasu	27
11.2.2. Poslijeoperacijska mučnina i povraćanje.....	28
11.2.3. Tromboembolije	28
12. RASPRAVA.....	29
13. ZAKLJUČCI.....	30
14. SAŽETAK	32
15. SUMMARY	33
16. LITERATURA.....	35
17. ŽIVOTOPIS	43

1. UVOD

Laparoskopska kirurgija jedan je od najvažnijih dijagnostičkih i terapijskih postupaka u suvremenoj kirurškoj eri. Od 1987. godine, kada je Phillipe Mouret uspješno izveo prvu laparoskopsku kolecistektomiju, laparoskopija je postala zlatni standard (1). U usporedbi s laparotomijom, laparoskopija omogućuje manje rezove, smanjuje stresni odgovor perioperacijskog razdoblja i poslijeoperacijsku bol te rezultira kraćim vremenom oporavka. Unatoč prednostima, prilikom laparoskopskih operacija javljaju se patofiziološke promjene koje, ako se previde, mogu biti štetne (2). Kako bi se postiglo adekvatnu vizualizaciju i operacijsko manipuliranje, laparoskopija zahtijeva insuflaciju plina, najčešće ugljikovog dioksida (CO₂), u intraperitonealni ili ekstraperitonealni prostor (3). Insuflacija plina izvodi se kroz Veress iglu koja se perkutano uvodi u trbušnu šupljinu. Izvor plina je povezan s iglom, a insuflacija se izvodi do vrijednosti intraabdominalnog tlaka (IAP, od engl. *intraabdominal pressure*) koja ne prelazi 15 mmHg kako bi se smanjili patofiziološki učinci (4). Sustavne promjene, poput kardiopulmonalnih, hemodinamskih i acidobaznih promjena nastaju zbog mehaničkog djelovanja pneumoperitoneuma (PNP, od engl. *pneumoperitoneum*), biokemijskih svojstava insufliranog plina, položaja bolesnika na operacijskom stolu, a ovise i o izboru anestezije (3).

2. SVRHA RADA

Svrha rada je proučiti specifičnosti anestezioloških postupaka u laparoskopskim zahvatima poput specifičnosti prilagođavanja ventilacije, praćenja hemodinamike i plinskih parametara te primjene odgovarajućih mišićnih relaksansa. U radu je opisano kako odabrati sigurnu i učinkovitu anesteziju tijekom ovih minimalno invazivnih kirurških zahvata, smanjiti rizik nastanka komplikacija i ubrzati poslijeoperacijski oporavak bolesnika.

3. POVIJEST ENDOSKOPIJE I ENDOSKOPSKE KIRURGIJE

Endoskopi omogućuju pogled liječnika u tijelo bolesnika s ciljem vizualizacije unutarnjih organa i izvođenja kirurških zahvata. Pružaju kliničarima mogućnost pregleda unutarnjih struktura poput mokraćne cijevi i probavnog sustava, uključujući jednjak, želudac, tanko i debelo crijevo. Osim toga, endoskopija omogućuje kirurzima izvođenje laparoskopskih operacija umjesto izrade velikih rezova. Povijest endoskopije seže u 10. stoljeće kada je arapski liječnik Albukasim (936. – 1013. godine) koristio reflektiranu svjetlost za pregled cerviksa (5). Sedam stoljeća kasnije, 1806. godine, njemački liječnik Philip Bozzini iz Frankfurta razvio je kruti cjevasti uređaj nazvan "*Lichtleiter*" (dosl. prijevod – svjetlovod) za pregled ženske mokraćne cijevi, vagine i cerviksa (6). Sredinom 19. stoljeća, nekoliko znanstvenika pokušalo je konstruirati instrumente slične endoskopu. Prvi učinkoviti endoskop otvorenog tipa razvio je Desormeaux 1853. godine (5). Adolf Kussmaul unaprijedio je izvorni model endoskopa i 1868. godine izveo prvu izravnu ezofagoskopiju kod čovjeka koji je gutao mač (6). Laparoskopiju, odnosno endoskopski pregled peritonealne šupljine, prvi put je 1901. godine izveo George Kelling, koji je ovaj postupak nazvao "Celioskopija". Ranih 1930-ih objavljeni su prvi izvještaji o laparoskopskim intervencijama u nedijagnostičke svrhe. Početni postupci uključivali su adheziolizu trbušnih priraslica i dijagnostičke biopsije trbušnih organa pod izravnom vizualizacijom (5). Međutim, tek u posljednjim desetljećima, s tehnološkim napretkom fleksibilnih vlaknastih optičkih instrumenata 1957., uređaja sa spregnutim nabojem 1969. i video čipova za računala 1986., endoskopija je postala široko korištena u općoj kirurgiji i za pregled probavnog sustava. Od tada, endoskopi su prošli brz razvoj: od 1993. godine, endoskop omogućuje trodimenzionalni pogled (7), a od 2000. godine endoskop može proći kroz cijeli probavni sustav u svrhu pregleda (8).

4. IZBOR INSUFLACIJSKOG PLINA

Laparoskopska kirurgija zahtijeva stvaranje PNP-a insuflacijom određenog plina, pri čemu se stvara šupljina koja kirurgu omogućuje bolju vizualizaciju i lakše izvođenje kirurškog zahvata. Povijest laparoskopije obiluje pokušajima korištenja različitih plinova za uspostavu PNP-a, uključujući zrak, helij (He), argon (Ar), dušični oksidul (N_2O) i CO_2 . Idealni plin za PNP trebao bi biti netoksičan, bezbojan, lako topljiv u krvi, lako ventiliran kroz pluća, nezapaljiv i jeftin. CO_2 je standardni plin koji se koristi za stvaranje PNP-a. Razlog tome je što se kisik (O_2) i zrak ne apsorbiraju lako poput CO_2 zbog čega je veća vjerojatnost smrti u slučaju pojave plinske embolije. N_2O je opasan zbog nepredvidive i nekontrolirane apsorpcije u krvotok. Osim toga, O_2 i N_2O podržavaju izgaranje ako se pomiješaju s metanom (CH_4) i povezani su s pojavom intraabdominalne eksplozije (9).

4.1. Zrak

Zrak je smjesa plinova. Neki od tih plinova su konstantni [dušik (N_2) 78 %, O_2 21 % i Ar 0,9 %], dok neki variraju ovisno o temperaturi i vlažnosti zraka (vodena para 0 – 7 %, CO_2 0,01 – 0,1 % i ozon). Mnogi drugi elementi i spojevi postoje u tragovima [neon (Ne), kripton (Kr), ksenon (Xe), vodik (H_2), CH_4 , N_2O i drugi]. Zrak je bezbojan, bez mirisa i bez okusa, a zbog prisutnosti O_2 podržava gorenje. Bio je prvi plin koji se koristio za stvaranje PNP-a (10), no zbog već spomenute slabe topljivosti u krvi i rizika nastanka embolije, danas se u kliničkoj praksi više ne koristi.

4.2. Dušični oksidul

N_2O je neiritirajući, bezbojan plin bez mirisa s relativno niskom topljivošću u krvi. Pri sobnoj temperaturi vrlo je stabilan i kemijski inertan. Iako nije zapaljiv, može podržavati gorenje jednako aktivno kao O_2 kada je prisutan u odgovarajućoj koncentraciji sa zapaljivim plinovima. Kada se zagrijava na temperaturu višu od $300^\circ C$, raspada se na O_2 i N_2 te postaje snažno oksidirajuće sredstvo. Colton je prvi primijenio N_2O 1844. godine, a 1879. godine Paul Bert je otkrio da N_2O može izazvati opću anesteziju kada se primjenjuje pod hiperbaričnim uvjetima (10).

Ako se N_2O razmatra kao alternativni plin za laparoskopiju, on može difundirati u bilo koji zatvoreni plinski prostor i podržavati gorenje ako je prisutan u dovoljno visokoj koncentraciji. Također, ako koncentracija N_2O u peritonealnoj šupljini dosegne razine koje mogu podržavati gorenje visoko hlapljivih crijevnih plinova (CH_4 i H_2), postoji rizik nastanka intraabdominalne eksplozije. Ako se tijekom laparoskopije prepozna crijevna perforacija, peritonealna šupljina treba biti prozračena i isprana CO_2 , a N_2O uklonjen iz anesteziološke smjese. Ova komplikacija rezultirala je postupnim odricanjem N_2O kao sredstva za insuflaciju. N_2O je moguće upotrebljavati kao alternativni plin za dijagnostičku laparoskopiju izvedenu na bolesnicima pod lokalnom anestezijom jer uzrokuje manji nadražaj peritoneuma i manje bolova, omogućujući laparoskopiju na budnom pacijentu. Budući da se elektrokoagulacija tada ne koristi, rizik nastanka eksplozije je mali (9).

4.3. Helij

He je kemijski inertan plin, bez boje, mirisa i okusa. Otkrio ga je francuski astronom Pierre Janssen 1868. godine. Drugi je najlakši plin nakon H_2 . Ima malu gustoću, nisku topljivost i visoku toplinsku provodljivost. Na temperaturi od $-268,9^\circ C$ prelazi u tekuće stanje. Izaziva neznatne

hemodinamske, respiracijske i imunosne promjene u odnosu na CO₂, a povezuje se i s manjom pojavom presadnica na mjestu troakara („port-site“ presadnice) u odnosu na CO₂. Zbog svoje slabe topljivosti u vodi i plazmi opasan je ako se razvije embolija. Ne utječe na bubrežni protok te izaziva blagi porast intrakranijalnog tlaka (ICP, od engl. *intracranial pressure*). S obzirom na to da ne izaziva značajne hemodinamske i respiratorne promjene, kao niti hiperkarbiju i acidozu može se upotrebljavati u bolesnika s kardiorespiratornim bolestima (11).

4.4. Argon

Ar je monoatomski plin bez boje, mirisa i okusa. Na njegovu prisutnost u zraku 1785. godine posumnjao je Cavendish, a potvrdili su je 1894. godine Lord Rayleigh i Sir William Ramsay. Prvi je od plemenitih plinova otkrivenih na Zemlji, a ime je dobio zbog svoje kemijske inertnosti. Vanjska mu ljuska ima osam elektrona, što ga čini izuzetno stabilnim. Ar je 2,5 puta topljiviji u vodi od N₂ i otprilike jednako topljiv kao O₂ (10). Neka istraživanja pokazala su da Ar-PNP povećava sustavni vaskularni otpor (SVR, od engl. *systemic vascular resistance*), srednji arterijski tlak (MAP, od engl. *middle arterial pressure*) te smanjuje udarni volumen srca (UV) više od CO₂-PNP-a. U usporedbi s drugim insuflacijskim plinovima, Ar najviše smanjuje protok krvi kroz jetru, no ne utječe na renalni protok i ne uzrokuje porast ICP-a (11).

4.5. Ugljikov dioksid

CO₂ je plin koji se danas najčešće koristi za stvaranje PNP-a. Plin je bez boje, okusa i mirisa. Molekularna masa mu je 44,0, gustoća 1,98 g/L, a točka sublimacije 8,5°C što znači da pri toj temperaturi prelazi iz plinovitog u kruto stanje. U laparoskopiji se koristi u tekućem stanju. Nije zapaljiv pa se tijekom operacijskih zahvata bez opasnosti koristi uz električni nož. CO₂ je

završni proizvod aerobnoga staničnog metabolizma i izrazito je difuzibilan, čak dvadeset puta više od O_2 . Otapa se u svim tjelesnim tekućinama i tkivima te lako i brzo prelazi peritonealno-kapilarnu membranu zbog čega stvara hiperkarbiju i acidozu što mu je nepoželjno svojstvo. Zbog svoje topljivosti i difuzibilnosti nema tendenciju stvaranja mjehurića. Iz organizma se brzo uklanja respiracijom, jednako kao i endogeno stvoreni CO_2 zbog čega se lako kontrolira. U krvi se transportira u tri oblika: u eritrocitima u obliku bikarbonatnog iona (70 %), a djelomice otopljen u plazmi (7 %) ili vezan za hemoglobin (23 %). Zbog razlike u parcijalnim tlakovima stanica u kojima se stvara (45 mmHg) i tkivnih kapilara (40 mmHg), CO_2 stalno difundira iz područja višeg u područje nižega tlaka, odnosno iz stanica u kapilare. Kada dospije u plućnu cirkulaciju, ponovno zbog razlike u parcijalnim tlakovima između plućnih kapilara (45 mmHg) i alveola (40 mmHg), difundira iz kapilara u alveole i izbacuje se u atmosferu. Jednako se ponaša i CO_2 insufliran u trbušnu šupljinu. Zbog razlike u parcijalnim tlakovima na peritonealno-kapilarnoj membrani, istodobno s insuflacijom plina započinje i proces njegove difuzije i sustavne apsorpcije. Brzina difuzije kroz peritonealno-kapilarnu membranu ovisi najvećim dijelom o razlici tlakova CO_2 s obje strane membrane. Uspostavljanjem zadovoljavajućeg PNP-a za kirurški zahvat, ta razlika tlakova može doseći i 650 mmHg. Tako velika razlika u tlakovima uzrokuje brzu difuziju CO_2 i njegovu sustavnu apsorpciju, a kao posljedica se javlja hiperkarbija, odnosno respiratorna acidoza. Naime, za vrijeme insuflacije CO_2 povećava se $PaCO_2$, i/ili $Et-CO_2$, zbog čega pada pH. Dodatni čimbenici koji pojačavaju hiperkarbiju su PNP i restriktivni plućni sindrom izazvan položajem bolesnika. Rezultati istraživanja pokazali su da je hiperkarbija prvenstveno posljedica transperitonealne apsorpcije insufliranog CO_2 . Istraživanja su pokazala da povišen IAP povećava otpor protoku krvi u splahnhičkoj cirkulaciji što može uzrokovati smanjenu eliminaciju CO_2 preko abdominalne cirkulacije te pospješiti hiperkarbiju. Apsorpcija CO_2 , osim o difuzibilnosti plina i

razlici tlakova na peritonealno-kapilarnoj membrani, ovisi i veličini apsorpcijske površine tkiva koje je u kontaktu s plinom i o prokrvljenosti insuflacijskog mjesta kao i o vrsti operacije. Najveća resorpcija odvija se tijekom ekstraperitonealnih operacijskih zahvata kompliciranih subkutanim emfizemom, s obzirom na to da je tada apsorpcijska površina vrlo velika. Kako bi se izbjegao nastup hiperkarbije i acidoze, potrebno je ukloniti CO₂ iz organizma. S obzirom na to da pluća imaju ograničen kapacitet odstranjenja CO₂, potrebno je povećati alveolarnu ventilaciju. Povećanje ventilacije potrebno da za održavanje normokarbije iznosi 15 – 20 %, što odgovara povećanju minutnog volumena od 14 do 16 L/min. Prema nekim autorima, povećanje minutne ventilacije bolje je postići povećanjem respiracijskog volumena (RV) uz nisku frekvenciju disanja budući da ventilacija s većim RV-om od 12 do 15 mL/kg sprječava razvoj atelektaze i hipoksemije te omogućuje bolje odstranjivanje CO₂. No, ventilacija većim RV-om može uzrokovati porast intratorakalnog tlaka te izazvati kardiovaskularne poremećaje. Stoga neki radovi upućuju na to da je povećanje minutne ventilacije zbog smanjene rastegljivosti pluća bolje postići povećanjem frekvencije disanja nego RV-om, posebice u pacijenata s kroničnom opstruktivnom plućnom bolesti (KOPB) te u onih s anamnezom spontanoga pneumotoraksa te buloznim promjenama na plućima. Ako se stvori višak CO₂ koji se ne može odstraniti plućima, dio će se apsorbirati u mišiće i kosti, a zatim će se postupno odstranjivati disanjem, što može biti uzrok hiperkarbije u poslijeoperacijskom vremenu (11).

5. PATOFIZIOLOŠKI UČINCI PNEUMOPERITONEUMA

5.1. Učinci na kardiovaskularni sustav

Kardiovaskularne promjene koje se javljaju tijekom laparoskopskog zahvata uzrokovane su mehaničkim i kemijskim učincima CO₂-PNP-a. Mehanički učinak PNP-a je kompresija donje

šuplje vene (DŠV), što dovodi do pada venskog priljeva (VP), minutnog volumena srca (SMV) i povećanja CVP-a, što rezultira povećanjem SVR-a u arterijskoj cirkulaciji. Ove promjene treba zbrinjavati intraoperacijskom primjenom intravenske tekućine (12,13). Povećanje IAP-a rezultira oslobađanjem kateholamina i aktivacijom renin-angiotenzinskog sustava uz oslobađanje vazopresina (14). To dodatno povećava MAP kod većine pacijenata i može doprinijeti povećanju SVR-a i plućnog vaskularnog otpora (PVR, od engl. *pulmonary vascular resistance*) (15).

Drugi učinak CO₂-PNP-a je tahikardija, koja je posljedica povećanog simpatičkog tonusa, hiperkarbije i smanjenog VP-a. Hiperkarbija, acidoza, simpatička stimulacija zbog smanjenog VP-a i vagalna stimulacija zbog istezanja peritoneuma također remete srčani ritam. Umjerena do teška hiperkarbija može rezultirati preranim ventrikularnim kontrakcijama, ventrikularnom tahikardijom, pa čak i ventrikularnom fibrilacijom. Vagalna stimulacija može uzrokovati bradiaritmije. Ove učinke može se spriječiti smanjenjem IAP-a, adekvatnom prijeoperacijskom hidracijom i postizanjem adekvatnog tlaka CO₂ na kraju izdisaja (Et-CO₂, od engl. *end-tidal CO₂*) (16). Ove patofiziološke promjene općenito su dobro podnošljive kod zdravih osoba. Međutim, značajna intraoperacijska disfunkcija srca može se javiti kod starijih bolesnika i onih s bolestima srca i pluća (npr. KOPB, zatajenje srca, plućna hipertenzija, bolesti srčanih zalistaka). U usporedbi sa zdravim osobama, oni s kardiopulmonalnom bolešću mogu zahtijevati više farmakoloških intervencija i intenzivnije praćenje kako bi se na vrijeme uočile potencijalne komplikacije (17, 18).

5.2. Učinci na respiracijski sustav

Porast IAP-a dovodi do povišenja dijafragme. To rezultira kolapsom bazalnog plućnog tkiva, što na kraju uzrokuje smanjenje funkcionalnog rezidualnog kapaciteta (FRC, od engl. *functional residual capacity*), neusklađenost ventilacije i perfuzije, povećanje intrapulmonalnog

prolijevanja krvi, a to sve dovodi do hipoksemije i povećanja razlike u PaO₂ između alveola i arterija (19). Ove promjene mogu se smanjiti povećanjem učestalosti mehaničke ventilacije s blagim pozitivnim tlakom na kraju ekspirija (PEEP, od engl. *positive end expiratory pressure*). Autori različitih studija smatraju da je se PEEP od 5 cm vodenog stupca neophodan tijekom laparoskopskih operacija zbog smanjenja intraoperacijske atelektaze uzrokovane PNP-om. To povećava FRC, poboljšava razmjenu plinova i oksigenaciju (20).

5.3. Učinci na regionalni krvotok

Povećani IAP također smanjuje protok krvi u visceralnim organima. Klinički značaj smanjenog protoka krvi nije jasan, ali se može spriječiti prijeoperacijskom hidracijom (16).

5.3.1. Učinci na splanhnički krvotok

Mehanički i neuroendokrini učinci pneumoperitoneuma mogu smanjiti opskrbu krvi splanhničkog područja, rezultirajući smanjenim ukupnim protokom krvi kroz jetru i perfuzijom crijeva. Međutim, hiperkarbija može izravno izazvati vazodilataciju splanhničkog područja. Stoga, ukupni učinci na splanhničku cirkulaciju nemaju klinički značaj (20, 21).

5.3.2. Učinci na renalni krvotok

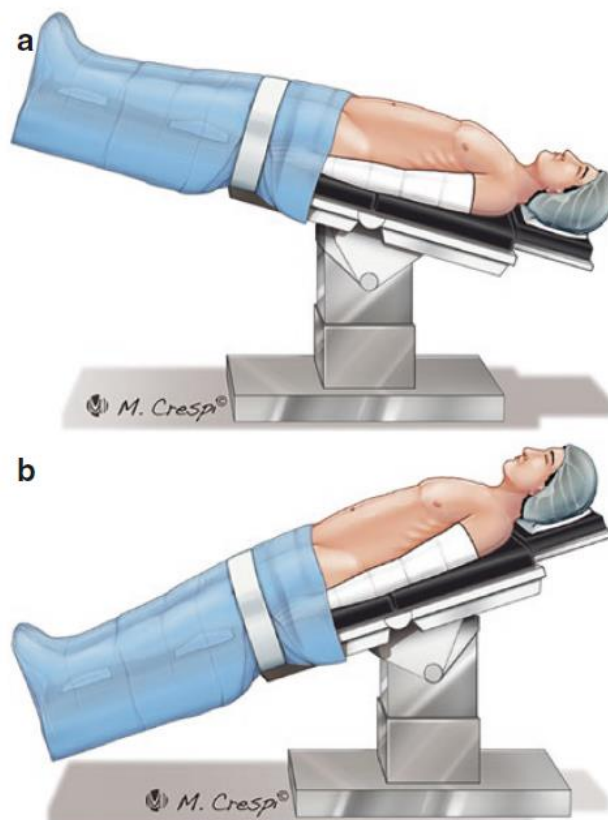
PNP rezultira smanjenjem bubrežne perfuzije i izlučivanja urina zbog kompresije bubrežnog parenhima, smanjenog protoka kroz bubrežne vene i povećanih koncentracija vazopresina (22, 23). Kada se IAP održava ispod 15 mmHg, bubrežna funkcija i izlučivanje urina obično se normaliziraju ubrzo nakon deflacije PNP-a, bez patohistoloških promjena (19).

5.3.3. Učinci na cerebralni krvotok

Povećanje IAP i intratorakalnog tlaka, hiperkarbija i Trendelenburgov položaj mogu povećati cerebralnu cirkulaciju i ICP (25). Kod zdravih osoba koji su podvrgnuti produljenom PNP-u i strmom Trendelenburgovom položaju, cerebralna perfuzija i oksigenacija ostaju unutar sigurnih granica. Kod bolesnika s intrakranijalnim masivnim lezijama ili značajnim cerebrovaskularnim poremećajima (npr. karotidna ateroskleroza, aneurizma cerebralnih arterija), povećanje ICP-a može imati kliničke posljedice. Stoga je u tih bolesnika potrebno održavati strogu normokarbiju tijekom laparoskopije (19).

6. PATOFIZIOLOŠKI UČINCI POLOŽAJA BOLESNIKA

Tijekom laparoskopskog postupka bolesnik se nalazi u položaju Trendelenburga ili obrnutog Trendelenburga. Ti položaji imaju utjecaj na kardiopulmonalnu funkciju. U položaju Trendelenburga dolazi do povećanja predopterećenja srca zbog povećanog VP-a iz donjih ekstremiteta. Ovaj položaj rezultira pomakom unutarnjih organa kranijalno, što povećava pritisak na dijafragmu i dovodi do nastanka spomenutih promjena u respiratornom sustavu. Kod obrnutog Trendelenburga, funkcija pluća ima tendenciju poboljšanja jer dolazi do pomaka unutarnjih organa kaudalno, što poboljšava disajni volumen smanjenjem pritiska na dijafragmu. Ovaj položaj također smanjuje preopterećenje srca i dovodi do smanjenja VP-a, što može rezultirati hipotenzijom. Zadržavanje krvi u donjim ekstremitetima povećava stazu krvi i povećava rizik nastanka duboke venske tromboze (DVT, od engl. *deep vein thrombosis*) (16).



Slika 1. a) Trendelenburgov položaj b) obrnuti Trendelenburgov položaj (26)

7. PRIJEOPERACIJSKA PROCJENA BOLESNIKA

Prijeoperacijska procjena i priprema bolesnika za laparoskopsku operaciju ne razlikuju se bitno od pripreme bolesnika za otvoreni zahvat, a uključuju anamnezu, fizikalni pregled i laboratorijske pretrage (26). Posebnu pažnju treba obratiti na kardiovaskularni i respiracijski sustav zbog nastanka patofizioloških promjena koje su posljedica PNP-a, anestezije te položaja bolesnika. Također, posebnu pažnju treba obratiti na patološki pretile bolesnike, bolesnike s hijatalnom hernijom i one oboljele od dijabetesa s obzirom na to da u tih skupina bolesnika postoji povećan rizik nastanka regurgitacije i aspiracije želučanog sadržaja (27). Procjenom općeg stanja bolesnika određuje se rizik operacije prema smjernicama Američkog društva anesteziologa (ASA,

od engl. *American Society of Anesthesiologists*). ASA klasifikacija fizikalnog stanja bolesnika pomaže u stratifikaciji bolesnika u nekoliko skupina koje mogu zahtijevati različite metode intraoperacijskog monitoringa. Ova klasifikacija svrstava sve pacijente prema ASA razredima I do VI: ASA razred I, zdravi; ASA razred II, blaga sustavna bolest bez funkcionalnih ograničenja; ASA razred III, teška sustavna bolest s definiranim funkcionalnim ograničenjima; ASA razred IV, teška sustavna bolest koja je stalna prijetnja životu; ASA razred V, ne očekuje se preživljenje duže od 24 sata, bez obzira na operaciju; i ASA razred VI, pacijent proglašen moždano mrtvim i kandidatom za donaciju organa (28). Općenito, laparoscopska operacija ima manji kardiovaskularni rizik u usporedbi s otvorenim tehnikama. Međutim, ključno je razumijevanje patofizioloških promjena koje mogu povećati perioperacijski rizik kod određene skupine pacijenata. Adekvatna priprema bolesnika, identifikacija rizika te uzimanje u obzir hemodinamskih i ventilacijskih učinaka uz sveobuhvatan anesteziološki plan mogu smanjiti rizik nastanka nepoželjnih događaja i poboljšati poslijeoperacijski oporavak bolesnika.

Bolesnici s kardiovaskularnim bolestima teže podnose povećanje predopterećenja zbog povišenja CVP-a i tlaka punjenja lijevog srca (PCWP, od engl. *pulmonary capillary wedge pressure*) te poslijeopterećenja zbog povišenja SVR-a te smanjenja SMV-a. Oni sa smanjenim miokardijalnim rezervama mogu doživjeti dekompenzaciju uzrokovanu daljnjim padom SMV-a. Iako je rizik od miokardijalne ishemije tijekom laparoscopske operacije nizak, može ga izazvati povećanje potrebe miokarda za O₂ što proizlazi iz povećanja frekvencije, MAP-a i SVR-a. Mjere sprječavanja ishemije uključuju optimizaciju statusa tekućine prije operacije te primjenu primjerenih lijekova, uključujući nastavak primjene β -blokatora i lijekova za liječenje zatajenja srca, hemodinamsko praćenje tijekom operacije, izbjegavanje hipotermije, održavanje IAP-a ispod 15 mmHg i adekvatno upravljanje boli.

Pretilost je povezana s komorbiditetima kao što su dijabetes melitus, hipertenzija, opstruktivna apneja u spavanju (OSA, od engl. *obstructive sleep apnea*) i restriktivna bolest pluća. PNP tijekom laparoskopije izrazitije mijenja respiratornu mehaniku kod iznimno pretilih pacijenata u usporedbi s osobama normalne tjelesne težine. Rastegljivost pluća pretilih bolesnika je smanjena, a otpor inspiriju povišen što zahtijeva veći minutni ventilacijski volumen zbog održavanja normokarbije. Perioperacijsko zbrinjavanje uključuje izbjegavanje strmog Trendelenburgovog položaja, izbjegavanje rane ekstubacije te u nekim slučajevima ekstubaciju s primjenom uređaja koji osigurava kontinuirani pozitivan tlak u dišnim putevima (CPAP, od engl. *continuous positive airway pressure*) ili uređaja koji osigurava bifazični pozitivan tlak u dišnim putevima (BIPAP, od engl. *biphasic positive airway pressure*) (26).

8. PREMEDIKACIJA

Ciljevi premedikacije obuhvaćaju amneziju, analgeziju, sedaciju te sprječavanje poslijeoperacijske mučnine i povraćanja (PONV, od engl. *postoperative nausea and vomiting*).

Premedikacija anksioliticima često nije potrebna osim ako bolesnik ne osjeća anksioznost, kada je prikladno primijeniti kratkodjelujuće benzodiazepine poput midazolama i lorazepama. Dugodjelujući benzodiazepini u laparoskopiji nisu poželjni jer produljuju buđenje i oporavak iz anestezije te izazivaju pospanost u poslijeoperacijskom periodu (11).

Tijekom izvođenja laparoskopskih kirurških zahvata u premedikaciji se također preporučuje upotreba antacida, metoklopramida ili blokatora H₂-receptora. Povišen IAP izazvan insuflacijom plina dovodi do pomicanja želuca kranijalno uz istodobno povišenje tlaka unutar samog želuca što može rezultirati regurgitacijom i aspiracijom želučanog sadržaja. Primjena metoklopramida peroralno ili intravenski ubrzava pražnjenje želuca i pojačava tonus donjeg

ezofagealnog sfinktera te smanjuje vjerojatnost želučane regurgitacije (29). Također, premedikacija metoklopramidom smanjuje i učestalost PONV-a (30). Upotreba antacida ili H₂-blokatora prije kirurškog zahvata povećava pH želučanog sadržaja te smanjuje neželjene učinke moguće aspiracije želučanog sadržaja i aspiracijske pneumonije (11).

Atropin može smanjiti vagusom izazvanu bradikardiju koja se javlja zbog rastezanja peritoneuma tijekom insuflacije plina. S obzirom na to da ima neugodne nuspojave poput suhoće usta i tahikardije, njegova primjena se preporučuje u liječenju već nastala bradikardije (31).

9. ANESTEZIJA U LAPAROSKOPSKOJ KIRURGIJI

9.1. Opća anestezija

Opća anestezija s mišićnom relaksacijom, endotrahealnom intubacijom i intermitentnom ventilacijom pozitivnim tlakom (IPPV, od engl. *intermittent positive pressure ventilation*) je preferirana tehnika (32). Mišićna relaksacija smanjuje IAP potreban za postizanje istog stupnja abdominalne distenzije (33). To poboljšava vidljivost kirurgu, a istovremeno smanjuje negativne učinke PNP-a. Pri indukciji anestezije preporučljivo je smanjiti ventilaciju maskom prije endotrahealne intubacije kako bi se izbjegla distenzija želuca. U slučaju nastanka distenzije, moguće je plasirati nazogastričnu sondu kojom će se izvesti dekompresija želuca, čime će se olakšati kirurški pristup, ali i izbjeći ozljeda želuca do koje može doći prilikom umetanja Veress igle ili troakara. Endotrahealna intubacija i IPPV osiguravaju zaštitu dišnih puteva i kontrolu plućne ventilacije radi održavanja normokarbije. Upotreba laringealne maske u laparoskopskoj kirurgiji je kontroverzna zbog povećanog rizika nastanka aspiracije želučanog sadržaja, ali i zbog poteškoća koje se javljaju u nastojanju da se održi učinkovita izmjena plinova koja se postiže isporučivanjem većeg tlaka zraka (34). Laringealna maska s kontroliranom ventilacijom može se

primijeniti kod bolesnika s normalnom tjelesnom masom, čime se smanjuje učestalost poslijeoperacijske grlobolje, ali upotrebu svakako treba ograničiti na zahvate s niskim IAP-om i blagim nagibom bolesnika. Najsigurnija tehnika i dalje ostaje opća anestezija s endotrahealnom intubacijom uz održavanje intraoperacijskog Et-CO₂ na oko 35 mmHg uz prilagodbu UV-a i respiratorne frekvencije (35). Ventilaciju je potrebno prilagoditi s obzirom na respiracijske i hemodinamske parametre svakog pojedinog bolesnika. Protektivna plućna ventilacija malim udisajnim volumenima (6 – 8 ml/kg) uz korištenje umjerenih vrijednosti PEEP-a (4 – 8 cmH₂O) sprječava nastanak atelektaza. Adekvatna minutna ventilacija postiže se povećanjem frekvencije disanja, tako da se prati Et-CO₂ (u slučaju rizičnijih pacijenata i PaCO₂) te frekvenciju prilagodi aktualnim vrijednostima. Naime, ispostavilo se da svaka ventilacija volumenom iznad 10 ml/kg može uzrokovati volutraumu (36), a istovremeno uzrokuje dodatni porast intratorakalnog tlaka koji je već izazvao PNP. To može nepovoljno utjecati na SMV i ometati eliminaciju CO₂ iz pluća povećanjem alveolarnog mrtvog prostora. Stoga je poželjan sofisticirani ventilator koji omogućuje precizno određivanje SMV-a, UV-a te trajanja udisaja i izdisaja. PEEP u prisutnosti povišenog IAP-a značajno smanjuje SMV i treba ga primjenjivati oprezno (37).

Upotreba brzodjelujućih i kratkodjelujućih intravenskih anestetika poput propofola i etomidata te inhalacijskih anestetika poput sevoflurana i desflurana, omogućila je da opća anestezija postane povoljna tehnika za laparoskopske zahvate u dnevnoj bolnici (39, 40). Upotreba kratkodjelujućeg opioidnog analgetika remifentanila također podržava opću anesteziju u kratkim laparoskopskim zahvatima (40). Upotreba N₂O tijekom laparoskopskih zahvata je kontroverzna zbog sposobnosti N₂O da difundira u lumen crijeva, uzrokuje distenziju i oteža kirurški pristup. Upotreba N₂O također je povezana s povećanom učestalošću PONV-a. Izofluran je preferirani inhalacijski anestetik jer ima manje aritmogeno i depresivno djelovanje na srce (41).

Upotreba kratkodjelujućih, nedepolarizirajućih mišićnih relaksansa zamijenila je depolarizirajuće mišićne relaksanse, poput sukcinilkolina, u balansiranoj anesteziji za laparoskopske zahvate, što smanjuje poslijeoperacijsku mišićnu bol. Osim toga, sve veća upotreba novijih lijekova poput α -2 agonista, osim tradicionalno korištenih opioda, vrlo je učinkovita u smanjenju odgovora na stres tijekom intubacije (35).

9.2. Regionalna anestezija

Regionalna anestezija u laparoskopiji do nedavno nije bila popularna zbog većeg rizika nastanka aspiracije te respiracijskih komplikacija uzrokovanih PNP-om. Međutim, regionalna anestezija pruža brojne prednosti u odnosu na opću anesteziju poput bržeg oporavka, učinkovitog olakšanja poslijeoperacijske boli, kraćeg poslijeoperacijskog boravka u bolnici, ekonomičnosti i smanjene učestalosti PONV-a, a uz sve to ne uključuje manipulaciju dišnim putevima. Većina dosadašnjih primjena regionalne anestezije bila je ograničena na bolesnike sa značajnim komorbiditetima. Postoje dokazi da regionalna anestezija u laparoskopiji na budnim bolesnicima može uzrokovati manje promjene u respiraciji i arterijskim krvnim plinovima u odnosu na opću anesteziju (35).

9.2.1. Epiduralna anestezija

Epiduralna anestezija danas je sigurna tehnika koja se može koristiti u laparoskopskim operacijama donjeg abdomena kao i za poslijeoperacijsku analgeziju, pri čemu se mogu javiti povremene komplikacije. Sigurno se koristi u laparoskopskim zahvatima gornjeg abdomena i nema štetne učinke na respiraciju. Učinkovitost epiduralne tehnike i produljeno razdoblje poslijeoperacijske analgezije postiže se upotrebom adjuvanata s lokalnim anestheticima. Epiduralna

anestezija može se koristiti kod bolesnika koji zbog svojih komorbiditeta nisu kandidati za opću anesteziju (35). Tijekom operacije u epiduralnoj anesteziji moguća je pojava drhtanja tijekom operacije te boli u ramenu zbog nadražaja dijafragme uzrokovanog CO₂-PNP. Za uklanjanje nelagode uzrokovane kirurškom stimulacijom gornjeg dijela gastrointestinalnog sustava potrebno je izvesti visoki epiduralni blok na razini T2 – T4. Visoki blok izaziva depresiju srčanog mišića i smanjenje VP-a pogoršavajući nepovoljne hemodinamske učinke PNP-a. Vagalno posredovane bradikardije također se pojačavaju. Upotreba intravenskih sedativa i opioda kao dodatka epiduralnoj anesteziji narušava zaštitne reflekse dišnih putova i pogoršava hiperkarbiju uzrokovanu PNP-om i apsorpcijom intraperitonealnog CO₂ (41). Visoka razina simpatičke denervacije koja je potrebna, često mijenjanje položaja bolesnika i obavezni PNP mogu biti povezani s nepovoljnim ventilacijskim i cirkulacijskim odgovorima kod starijih bolesnika ili bolesnika s komorbiditetima. Osim toga, u slučaju promjene kolecistektomije iz laparoskopske u otvorenu, bit će potreban i prelazak na opću anesteziju (42).

9.2.2. Spinalna anestezija

Spinalna anestezija može pružiti bolje uvjete za laparoskopske kirurške zahvate zbog duboke mišićne relaksacije i kraćeg oporavka. Postoje mnogi izvještaji u literaturi o sigurnoj primjeni spinalne anestezije u laparoskopskim zahvatima gornjeg i donjeg abdomena. Glavne prednosti spinalne anestezije su: budan pacijent koji spontano diše, izostanak manipulacije dišnim putevima, manja incidencija PONV-a te osiguranje učinkovite poslijeoperacijske analgezije s kraćim vremenom oporavka (35). Postoji određena problematika uz upotrebu spinalne anestezije u laparoskopskim zahvatima. Incidencija hipotenzije iznosi do 20,5 % i može se pojačati Trendelenburgovim položajem i povećanim IAP-a (43). Međutim, različite studije pokazuju da se

to može lako spriječiti obilnom intravenskom primjenom tekućina, smanjenjem nagiba glave, smanjenjem IAP-a i upotrebom vazopresora. Incidencija boli u ramenu varira između 25 % i 43 % te može biti neugodna za bolesnika u poslijeoperacijskom razdoblju, a može se ublažiti smanjenjem IAP-a na 8 – 10 mmHg, primjenom lokalnih anestetika u trbušnu šupljinu ili upotrebom parenteralnih opioda (35). Promjene u respiratornoj mehanici koje nastaju zbog PNP-a mogu uzrokovati povećanje parcijalnog tlaka CO₂ (PaCO₂) koji se apsorbira iz peritonealne šupljine što može rezultirati promjenama u ventilaciji. Međutim, u literaturi se ne spominju značajne promjene u PaO₂ ili PaCO₂ tijekom laparoskopskih zahvata u spinalnoj anesteziji (44).

9.2.3. Kombinirana spinalno-epiduralna anestezija

Upotreba kombinirane spinalno-epiduralne anestezije pruža mnoge prednosti u odnosu na pojedinačne tehnike. Osigurava brži početak anestezije te manju dozu lokalnih anestetika u usporedbi s izoliranom epiduralnom anestezijom. Također omogućuje pružanje učinkovite poslijeoperacijske analgezije i brz oporavak pacijenata. Incidencija nuspojava je niska u zahvatima u kojima su promjene u položaju bolesnika blage, a porast IAP ograničen (35).

9.3. Lokalna anestezija

Lokalna anestezija najčešće se primjenjuje u dijagnostičke svrhe ili za izvođenje kraćih laparoskopskih zahvata u ginekologiji. Operacijski uvjeti za dulje zahvate nisu pogodni niti za bolesnika, niti za kirurga, iako se u lokalnoj anesteziji laparoskopskim zahvatom mogu uspješno operirati preponske kile. Za stvaranje PNP-a preporučuje se primjena N₂O zbog manje bolne iritacije dijafragme te insuflacija plina pod tlakom nižim od 10 mmHg (11).

10. MONITORING

Standardni monitoring u laparoskopskoj kirurgiji ne razlikuje se bitno od monitoringa koji je zajednički svim kirurškim zahvatima, uz određene specifičnosti vezane uz samu laparoskopiju. U pravilu je neinvazivan i uključuje: kontinuirano praćenje elektrokardiografije (EKG) (II. odvod i V5), neinvazivno mjerenje krvnog tlaka, pulsnu oksimetriju, kapnografiju, mjerenje frekvencije disanja, RV-a, SMV-a, tlaka u dišnim putevima (Paw) te kontrolu tlaka PNP-a (45).

10.1. Respiracijski monitoring

10.1.1. Pulsna oksimetrija

Pulsna oksimetrija je metoda neinvazivnog monitoringa koja registrira razlike apsorpcijskog spektra oksihemoglobina i reduciranog hemoglobina te tako mjeri zasićenost krvi O₂. Olakšava anesteziologu prepoznavanje hipoksije prije pojave kliničkih znakova poput cijanoze (46). Normalna vrijednost periferne saturacije O₂ (SpO₂) iznosi između 95 – 100 %, osim u pacijenata koji boluju od KOPB-a, u kojih se toleriraju vrijednosti između 88 – 92 % (47). Pad SpO₂ na početku insuflacije plina najčešće je rezultat upadanja tubusa u desni bronh zbog kranijalnog pomicanja dijafragme te ventilacije jednog plućnog krila i posljedične hipoksemije, dok pad SpO₂ u daljnjem tijeku zahvata ili naglo nastala hipoksemija mogu ukazivati na nastanak komplikacija poput pneumotoraksa, subkutanog emfizema ili embolije CO₂. Važno je znati da zbog sagorijevanja tkiva tijekom rada električnim nožem ili laserom može doći do stvaranja karboksihemoglobina i methemoglobina čiji visoki udjeli u cirkulaciji mogu dati lažno visoke vrijednosti SpO₂ te ujedno prouzročiti komplikacije poput srčanih aritmija. Upravo zato je važno da se dim koji nastaje tijekom laparoskopije kontinuirano ili intermitentno odstranjuje (48,49).

10.1.2. Kapnografija

Kapnografija je neinvazivno mjerenje Et-CO₂ pomoću kojeg se prati PaCO₂ arterijske krvi. S obzirom na to da u većine bolesnika za vrijeme stvaranja PNP-a postoji proporcionalan porast Et-CO₂ i PaCO₂, smatra se da je kapnografija dostatna metoda za praćenje ventilacije bolesnika u laparoskopiji. Normalan gradijent između PaCO₂ i Et-CO₂ iznosi 2 – 9 mmHg, no na taj gradijent mogu utjecati čimbenici koji mijenjaju alveolarni mrtvi prostor (50). Alveolarni mrtvi prostor povećava se u plućnim bolestima, obrnutom Trendelenburgovu položaju, a smanjuje pri povišenom SMV-u i u trudnoći. Zrak u hiperventiliranim alveolama ima tlak CO₂ niži u odnosu na arterijsku krv što rezultira nižim Et-CO₂ u odnosu na PaCO₂ (49). Odstupanja vrijednosti PaCO₂ od Et-CO₂ mogu se pojaviti i u bolesnika koji boluju od KOPB-a. U tih bolesnika zbog poremećenih ventilacijsko-perfuzijskih odnosa PaCO₂ može biti puno veći u odnosu na Et-CO₂. Zbog toga se u takvih bolesnika preporučuje postavljanje arterijske linije koja uz kontinuirano praćenje arterijskog tlaka omogućuje i učestaliju kontrolu plinova u krvi (50).

Oksigenacija i ventilacija su različite fiziološke funkcije koje se moraju procijeniti kod pacijenata koji su intubirani ili spontano dišu. Pulsna oksimetrija pruža trenutačne informacije o oksigenaciji, a kapnografija pruža trenutačne informacije o ventilaciji (kako se učinkovito CO₂ eliminira putem plućnog sustava), perfuziji (kako se učinkovito CO₂ transportira kroz vaskularni sustav) i metabolizmu (kako se učinkovito CO₂ proizvodi putem staničnog metabolizma) (51).

Iako je mjerenje Et-CO₂ danas standardno praćenje za sve bolesnike koji se podvrgavaju općoj anesteziji, posebno je vrijedno tijekom laparoskopskih postupaka jer se klinički značajne količine CO₂ apsorbiraju iz trbušne šupljine tijekom operacije. Povećanje IAP-a uzrokovano insuflacijom CO₂ otežava ventilaciju, stoga laparoskopija zahtijeva kontroliranu strojnu ventilaciju (s mogućim izuzetkom kratkih dijagnostičkih postupaka u kojima se koriste mali volumeni plina

za insuflaciju). Potrebno je povećanje minutne ventilacije tijekom insuflacije, inače nastupaju hiperkarbija i acidoza. To može dovesti do niza nepoželjnih učinaka, uključujući srčane aritmije. Mjerenje Et-CO₂ omogućuje racionalno prosuđivanje u prilagodbi mehaničke ventilacije kako bi se prevladali ovi dvostruki problemi apsorpcije CO₂ i povećanog IAP-a. Oblik kapnograma CO₂ pruža dodatne informacije o fiziološkom stanju bolesnika. Na primjer, prepoznavanje akutne embolije CO₂ olakšano je promatranjem kapnograma. Dijagnoza intraoperacijskog bronhospazma također može biti olakšana ovom metodom (28).

10.2. Hemodinamski monitoring

10.2.1. Elektrokardiografija

Insuflacija plina i porast IAP-a dovode do rastezanja peritoneuma, što povećava tonus vagusa i može dovesti do bradiaritmija i asistolije. U mlade zdrave populacije, učestalost bradiaritmija iznosi 14 % do 27 %, no kod kardioloških pacijenata koji koriste β -blokatore, rizik nastanka bradiaritmija raste. Usporavanje punjenja, niži IAP i primjena glikopirolata kao premedikacije mogu ublažiti vagalni odgovor i spriječiti kardiovaskularni kolaps. Ako dođe do bradikardije, kirurg mora otvoriti ulaze kako bi smanjio IAP. Nakon primjene infuzije tekućine, drugi pokušaj insuflacije s nižim IAP-om obično je siguran. Nemogućnost podnošenja PNP-a može zahtijevati konverziju u otvorenu laparotomiju. Bradikardija se mora prepoznati i pravodobno liječiti jer može biti rani pokazatelj prijetećeg srčanog zastoja, koji se rijetko javlja.

Ishemija miokarda izaziva se povećanjem potrebe srčanog mišića za O₂, što se može pojačati tijekom laparoscopske operacije uslijed povećanja srčane frekvencije, MAP-a, SVR-a i naprežanja zida lijeve klijetke na kraju sistole (52). Hiperkarbija narušava afinitet hemoglobina i transport O₂, što može doprinijeti ishemiji miokarda (53). Iako je osnovna funkcija kontinuiranog

EKG-a u operacijskoj sali praćenje srčane frekvencije i ritma, analiza ST segmenta također može pružiti vrijedne informacije o ishemiji srca. Mnogi sustavi praćenja sada uključuju automatsku analizu ST segmenata. Vrijednost EKG-a može se povećati kod nekih bolesnika praćenjem istovremeno dva voda. Najčešće se odabiru vod II i V5. Vod II se smatra najboljim za praćenje promjena ritma, jer obično ima jasno vidljiv P val. ST segmenti voda II mogu se koristiti za praćenje anteriorne ishemije, dok se ST segmenti voda V5 prate radi znakova inferiorne ishemije (28).

10.2.2. Ostale metode hemodinamskog monitoringa

Moguća je upotreba prekordijalnog ultrazvučnog doplera s ciljem ranog prepoznavanja plinske embolije (54), no njegova upotreba je rijetko indicirana zbog niske incidencije komplikacije (55). Postavljanje arterijske linije omogućuje kontinuirano mjerenje krvnog tlaka i može se razmotriti kod svakog kardijalnog bolesnika ili bolesnika s nestabilnim krvnim tlakom (npr. pacijenti s loše reguliranom arterijskom hipertenzijom ili oni s nedavno preboljelim infarktom miokarda). Bolesnici skloni aritmijama također imaju korist od monitoriranja tlaka pomoću arterijske linije jer se u slučaju nastupa aritmije odmah može procijeniti njezin hemodinamski značaj. Često uzorkovanje arterijske krvi također je jednostavnije ako se postavi arterijska linija. To se može razmotriti kod bolesnika s nereguliranim dijabetesom, koji zahtijevaju često intraoperacijsko mjerenje glukoze. Pacijenti kod kojih se očekuje neprecizno neinvazivno mjerenje krvnog tlaka također bi trebali imati postavljenu arterijsku liniju (npr. pacijenti s fibrilacijom atriya i patološki pretili pacijenti) (28).

Postavljanje plućnog katetera omogućuje praćenje SMV-a i tlaka punjenja lijevog ventrikula, no rijetko se izvodi jer se povezuje s nastankom komplikacija. Pulmonalna arterijska

kateterizacija može se razmotriti kod bolesnika s ozbiljnim oštećenjem lijeve klijetke, teškom ishemijskom bolesti srca, idiopatskom hipertrofičnom subaortnom stenozom ili teškom plućnom bolešću (28).

10.3. Monitoring tjelesne temperature

Unatoč malim otvorima na trbušnoj šupljini, tjelesna temperatura se može znatno sniziti pa se preporučuje njezino praćenje pri duljim operacijskim zahvatima. Zbog kontinuiranog protoka plina preko peritonealne šupljine i Joule-Thomsonova učinka (naglo širenje plina pod tlakom) tjelesna temperatura se snižava. Padu tjelesne temperature doprinosi i curenje plina kroz troakare te ispiranje trbušne šupljine (56).

11. KOMPLIKACIJE U LAPAROSKOPSKOJ KIRURGIJI

11.1. Intraoperacijske komplikacije

11.1.1. Kirurške komplikacije

Početni pristup u peritonealnu šupljinu može se ostvariti upotrebom Veress igle koja se postavlja kroz subumbilikalni rez. Budući da se Veress igla postavlja na slijepo, postoji mogućnost da se pogrešno plasira u potkožje, vaskularni prostor, organe, omentum, mezenterij ili retroperitoneum.

Krvarenje iz velikih krvnih žila uzrokovano kirurškim instrumentima može dovesti do značajne hipotenzije. S druge strane, prikriveno krvarenje iz krvnih žila može se javiti u poslijeoperacijskom razdoblju i prezentirati kao pad vrijednosti hematokrita.

Ozljede želuca mogu se smanjiti dekompresijom želuca prije postavljanja Veress igle. Slično tome, dekompresija mokraćnog mjehura postavljanjem urinarnog katetera ili traženjem od

bolesnika da isprazne mjehur prije operacije smanjuje mogućnost oštećenja mjehura. Komplikacije povezane s postavljanjem Veress igle mogu se izbjeći postavljanjem prvog troakara kroz mali laparotomski rez (57).

11.1.2. Komplikacije vezane uz pneumoperitoneum

11.1.1.1. Subkutani emfizem

Subkutani emfizem može nastati tijekom intraperitonealne insuflacije s nepravilno postavljenom Veress iglom ili troakrom, tijekom ekstraperitonealne laparoskopije ili laparoskopije gornjeg dijela trbuha (58). U rijetkim slučajevima, plin može proći u toraks i medijastinum, što rezultira kapnotoraksom, kapnomedijastinumom i kapnoperikardom (59). Rizični čimbenici za razvoj subkutanog emfizema tijekom laparoskopije su sljedeći: operacija trajanja dužeg od 200 minuta, upotreba šest ili više kirurških ulaza, dob bolesnika iznad 65 godina te zahvat Nissenove fundoplikacije (60).

Kada se pojavi hiperkarbija unatoč hiperventilaciji, bolesnika treba pregledati radi znakova subkutanih plinova na trbuhu, prsima i vratu. U slučaju pojave krepitacija ili oticanja, treba obavijestiti kirurga jer u tom slučaju može biti potrebno prilagoditi ulaze, smanjiti tlak PNP-a ili prijeći na laparotomiju. U većini slučajeva, subkutani emfizem se razriješi nakon desuflacije i nije potrebna posebna intervencija. Kada se krepitacije ili oticanje javljaju u glavi, vratu ili gornjem dijelu prsa, postoji rizik nastanka otežanog disanja nakon ekstubacije, posebno kod bolesnika koji mogu biti otečeni nakon dugotrajnih zahvata u Trendelenburgovom položaju. U većini slučajeva, subkutani CO₂ je površinski i ne ugrožava lumen dišnih putova. Apsorpcija CO₂ iz subkutanog emfizema može trajati i nekoliko sati nakon operacije. Zdravi pacijenti mogu povećati ventilaciju kako bi eliminirali CO₂, ali oni s kroničnom bolesti pluća ili s opioidima induciranom

respiracijskom depresijom mogu ostati u hiperkarbiji i acidozi u ranom poslijeoperacijskom razdoblju. Mogu se javiti pospanost, hipertenzija i tahikardija. Kod simptomatskih bolesnika sa subkutanom emfizemom područja glave i vrata poslijeoperacijski treba snimiti radiogram prsnog koša kako bi se isključio kapnotoraks. Bolesnici sa značajnim subkutanom emfizemom nekoliko sati trebaju biti pod poslijeoperacijskim nadzorom dok oticanje ne splasne, a vitalni znakovi se ne vrate u normalu (61).

11.1.1.2. Pneumotoraks

Pneumotoraks nastaje zbog prodora plina u torakalnu šupljinu, kao posljedica lezije dijafragme i pleure ili spontano, na mjestu prethodnih lezija. Također se može razviti širenjem subkutanog emfizema prema vratu. Rijetka je komplikacija i javlja se u 0,03% bolesnika (62). Može se dijagnosticirati pojavom povišenog vršnog tlaka u dišnim putovima, smanjenjem SpO₂ i u rijetkim slučajevima značajnom hipotenzijom i srčanim zastojem (45).

11.1.1.3. Venska embolizacija ugljikovim dioksidom

Embolizacija CO₂ je rijetka, ali najopasnija komplikacija CO₂-PNP-a. Ulazak malih količina CO₂ u cirkulaciju nije značajan s obzirom na to da je plin dobro topljiv u krvi te da se uspješno eliminira putem splahnhičke cirkulacije. Ako u cirkulaciju dospije veći volumen plina ili je protok kroz splahnhičku cirkulaciju smanjen zbog povećanog IAP-a, mogu nastati ozbiljni hemodinamski i respiratorni poremećaji. Klinički znaci CO₂ embolije ovise o volumenu emboliziranog plina i variraju od asimptomatskog stanja do kardiovaskularnog kolapsa ili čak smrti. Kod manjih volumena auskultacijom je moguće čuti promijenjene srčane tonove i tihi sistolički srčani šum, a u prisutnosti većeg embolusa, desno srce proizvodi zvučni efekt koji se

može čuti i bez stetoskopa, a opisuje se poput zvuka okretanja mlinskog kamena (“*mill-whirl*”). Zvučne fenomene prate: naglo nastala hipotenzija, aritmije, promjene Et-CO₂, cijanoza i/ili plućni edem. Nagli porast Et-CO₂ može značiti minimalnu CO₂ embolizaciju, no ako porastu Et-CO₂ slijedi nagli pad, to je znak masivne embolizacije plućne cirkulacije i akutnog popuštanja desnog srca.

Liječenje uključuje desuflaciju PNP-a kako bi se smanjio ulazak CO₂ u cirkulaciju. Treba primijeniti hiperventilaciju 100 %-tnim O₂ kako bi se smanjio volumen CO₂ embolusa, no treba imati na umu da hiperventilacija može pogoršati hipotenziju. Bolesnika treba postaviti u lijevi lateralni položaj s glavom dolje (Durantov položaj) te postaviti CVK i izvršiti evakuaciju plina iz desnog srca. Ako nastupi srčani zastoj, potrebno je započeti kardiopulmonalnu reanimaciju (45).

11.1.1.4. Hipotermija

Intraoperacijska hipotermija definirana je kao smanjenje temperature tjelesne jezgre ispod 36°C. Bez upotrebe mjera za očuvanje topline, temperatura većine pacijenata pada za 1 – 2°C tijekom operacije jer se isključuje njihova urođena termoregulacija. Zbog djelovanja opće anestezije, tijelo više nije sposobno suprotstaviti se smanjenju temperature drhtanjem ili vazokonstrikcijom. Osim toga, temperatura u operacijskoj sali često je niska, a hlađenje se odvija preko površine rane. Kožni rezovi kod laparoskopije puno su manji od onih u otvorenim kirurškim zahvatima, no cijela unutarnja površina trbuha dolazi u kontakt s hladnim i suhim plinom CO₂ koji se koristi za insuflaciju. Pad temperature tijekom laparoskopskih zahvata stoga se bitno ne razlikuje od onog koji se vidi tijekom otvorene kirurgije. Čak i blage forme intraoperacijske hipotermije mogu dovesti do značajnog povećanja morbiditeta i smrtnosti. Negativne posljedice intraoperacijske hipotermije dobro su istražene i uključuju poremećaj zgrušavanja krvi s

povećanim gubitkom krvi i povećanom potrebom za transfuzijom, disfunkciju srčanog mišića, poremećaje srčanog ritma i hipokalemiju. Osim toga, češće se javljaju sporije zarastanje rana i infekcije rana, što rezultira produljenim hospitalizacijama (63).

Metode za održavanje normotermije uključuju: zagrijavanje bolesnika prije primjene anestezije, provodno zagrijavanje pomoću cirkulirajućih vodenih odijela ili madraca, pokrivanje leđa bolesnika i/ili drugih dijelova tijela i konvekcijsko zagrijavanje pomoću sustava s prisilnim protokom zraka (64).

11.2. Poslijeoperacijske komplikacije

11.2.1. Bol u ramenom pojasu

Bol u ramenom pojasu karakteristična je za laparoskopiju. Nastaje kao posljedica nadražaja subdijafragmalne regije plinom iz abdominalne šupljine tijekom zahvata, no javlja se i u poslijeoperacijskom razdoblju zbog zaostajanja plina u abdominalnoj šupljini. Bol nastaje zbog podražaja freničkog živca koji inervira dijafragmu, a prima vlakna od trećeg i petog cervikalnog živca koji su odgovorni za inervaciju ramenog pojasa. Rezidualni CO₂ se nakuplja u subfreničnom prostoru, reagira s vodom iz abdominalne šupljine stvarajući blagu ugljičnu kiselinu koja podražuje dijafragmu. Postavljanjem abdominalnog drena, plin se eliminira što smanjuje bol. Bol je kratkotrajna, ne traje duže od 48 sati i dobro se kontrolira blagim analgeticima.

Postoji niz mjera koje mogu utjecati na smanjenje boli u poslijeoperacijskom razdoblju poput: ovlaživanje i zagrijavanje insufliranog plina, upotreba drugih plinova (He, Ar ili N₂O), smanjenje IAP-a i veličine radnih troakara te intraperitonealna aplikacija lokalnog anestetika. Prema nekim istraživanjima, intraperitonealna aplikacija lokalnog anestetika u području žučnog mjehura na kraju kirurškog zahvata smanjuje poslijeoperacijsku bol. Međutim, iako su neka

istraživanja dala oprečne rezultate, ova tehnika danas je prisutna u kliničkoj u praksi mnogih bolnica (45).

11.2.2. Poslijeoperacijska mučnina i povraćanje

PONV je komplikacija karakteristična za gotovo sve kirurške zahvate u općoj anesteziji, no učestalost PONV-a značajno je veća laparoskopiji te prema nekim autorima doseže i do 72%. Razlozi tako visoke učestalosti su: distenzija peritoneuma, podražaj dijafragme CO₂ te upotreba N₂O. Rizični čimbenici za nastanak PONV-a su: ženski spol, nepušenje, poslijeoperacijska primjena opioida te povijest PONV-a. Ovi čimbenici mogu se koristiti za izračunavanje Apfel bodovanja koje se koristi za procjenu rizika PONV-a. U Apfel bodovanju, jedan bod se dodjeljuje svakom rizičnom čimbeniku, ako je prisutan. Veći zbroj znači veći rizik nastanka PONV-a (65). Mjere smanjenja PONV-a su: odstranjenje ili smanjenje N₂O, poslijeoperacijska primjena 10 – 20 mg metoklopramida, 4 mg ondansetrona, 5 mg tropisetrona ili 3 mg granisetrona intravenski ili profilaktička primjena 0,625 mg droperidola neposredno prije kraja kirurškog zahvata. Također, izbor anestezije i anestetika može utjecati na smanjenje PONV-a. Totalna intravenska anestezija uz upotrebu propofola, anestetika za koji je poznato da posjeduje antiemetička svojstva, smanjuje PONV u odnosu na balansiranu anesteziju u kojoj se upotrebljavaju sevofluran i fentanil (45).

11.2.3. Tromboembolije

Zbog stvaranja PNP-a, venske staze te obrnutog Trendelenburgova položaja, laparoskopija povećava rizik nastanka DVT, a time ujedno i rizik nastanka tromboembolije. Međutim, učestalost tromboembolija vrlo je niska i iznosi 0 – 0,68% zbog provođenja mehaničke trombopofilakse koja uključuje upotrebu elastičnih zavoja i brze mobilizacije bolesnika pa nije jasno postoji li

potreba za provođenjem medikamentozne tromboprofilakse. Poslijeoperacijska medikamentozna profilaksa uključuje primjenu niskomolekularnog heparina, ili dekstrana tijekom hospitalizacije u pacijenata srednjeg i visokog rizika nastanka tromboembolijskih komplikacija, dok se kod bolesnika visokog rizika preporučuje primjena antikoagulantne terapije i nakon odlaska iz bolnice (45).

12. RASPRAVA

Laparoskopska kirurgija danas je preferirani pristup u mnogim kirurškim zahvatima. Pacijenti sa značajnim komorbiditetima imaju najviše koristi od laparoskopske kirurgije zbog manje invazivnosti tehnike i bržeg poslijeoperacijskog oporavka. Međutim, intraoperacijski postupci potrebni za uspješno izvođenje laparoskopske kirurgije mogu uzrokovati patofiziološke poremećaje koji ovoj skupini bolesnika mogu pogoršati stanje zbog postojeće osnovne bolesti. Stoga je za sigurnost bolesnika i optimalni ishod operacije potrebno poznavati osobitosti laparoskopije te uz njih vezane patofiziološke promjene. Ako je anesteziolog svjestan karakteristika laparoskopije, može brzo i odgovarajuće reagirati na potencijalne komplikacije i nepredvidive situacije. Iako laparoskopija omogućuje bolju vizualizaciju kirurškog polja, ona često smanjuje taktilnu percepciju kirurga što može rezultirati teškoćama u prepoznavanju organskih struktura i ozljedama tkiva. Stoga je jasna važnost komunikacije i suradnje između anesteziologa i kirurga, ali i ostalog medicinskog osoblja koje sudjeluje u izvođenju laparoskopskog zahvata. Anesteziolozi su ključni u održavanju stabilnih uvjeta anestezije i pružanju dobre mišićne relaksacije koja kirurgu olakšava izvođenje operacije. Specifičnosti laparoskopije važno je poznavati i zbog poslijeoperacijskog tijeka bolesnika. Iako laparoskopija izaziva manju traumu tkiva, iritacija peritoneuma i dijafragme može uzrokovati jaku bol. Upravo zbog toga je u poslijeoperacijskom vremenu bitno odgovarajuće upravljanje analgezijom. Periferni

živčani blokovi, epiduralna analgezija ili intravenska primjena analgetika mogu se koristiti za kontrolu boli i smanjenje potrebe za opojnim analgeticima. Osobitosti laparoskopije zahtijevaju specifično znanje i vještine anesteziologa. Upravljanje PNP-om, kontrola boli, održavanje stabilnih uvjeta anestezije i uspješna suradnja s kirurškim timom ključni su faktori za postizanje uspješnog ishoda laparoskopske kirurgije.

13. ZAKLJUČCI

- Laparoskopska kirurgija je dijagnostički i terapijski postupak koji u odnosu na laparotomiju omogućuje manje rezove, smanjuje stresni odgovor perioperacijskog razdoblja i poslijeoperacijsku bol te rezultira kraćim vremenom oporavka.
- Idealan plin za stvaranje PNP-a trebao bi biti lako dostupan, jeftin, inertan, dobro topljiv u krvi. Trebao bi se minimalno apsorbirati i brzo eliminirati te imati minimalne učinke na organske sustave, kao i minimalnu sklonost stvaranju zračnih embolusa.
- Idealan insulacijski plin ne postoji.
- Patofiziološke promjene tijekom laparoskopskih zahvata nastaju kao posljedica insulacije plina, povišenog IAP-a i promjene položaja bolesnika.
- CO₂ uzrokuje hiperkarbiju i acidozu, stimulira simpatikus te uzrokuje tahikardiju, hipertenziju, a može dovesti i do nastanka aritmija.
- Učinak PNP-a na respiratorni sustav je mehanički. Smanjuju se FRC, vitalni kapacitet i plućna rastegljivost, a raste otpor u dišnim putevima.
- Trendelenburgov položaj povećava VP, SMV i SVR, a smanjuje FRC i pospješuje stvaranje atelektaza.

- Obrnuti Trendelenburgov položaj smanjuje VP i SMV pa može uzrokovati hipotenziju, no olakšava ventilaciju pluća.
- Premedikacija uključuje sedaciju, analgeziju, amneziju te sprječavanje PONV-a.
- Premedikacija anksioznosti se postiže kratkodjelujućim benzodiazepinima poput midazolama i lorazepama.
- Premedikacija metoklopramidom smanjuje vjerojatnost regurgitacije želučanog sadržaja.
- Premedikacija antacidima i H₂-blokatorima smanjuje neželjene učinke moguće aspiracije želučanog sadržaja.
- Opća anestezija s mišićnom relaksacijom je anestezija izbora u većine laparoskopskih zahvata.
- Regionalna anestezija preporučuje se samo u dijagnostičke svrhe i u kraćim operacijama.
- Osnovni monitoring čine: pulsna oksimetrija, kapnografija, EKG i neinvazivno mjerenje krvnog tlaka. Et-CO₂ je za većinu pacijenata dobar pokazatelj PaCO₂.
- U pacijenata s bolestima pluća preporučuje se postavljanje arterijske linije te česta kontrola PaO₂ i PaCO₂ u krvi.
- Komplikacije u laparoskopskoj kirurgiji dijelimo na intraoperacijske ili poslijeoperacijske.
- Intraoperacijske komplikacije obuhvaćaju kirurške komplikacije i komplikacije vezane uz CO₂-PNP.
- Embolija CO₂ rijetka je i smrtonosna komplikacija CO₂-PNP-a.
- PONV je česta poslijeoperacijska komplikacija čiji su rizični čimbenici ženski spol nepušenje, poslijeoperacijska upotreba opioda i PONV u anamnezi.

14. SAŽETAK

Laparoskopska kirurgija je minimalno invazivna tehnika koja se danas sve više izvodi. Korištenjem posebnih instrumenata, ona omogućuje izvođenje operacija s manjim rezom, što rezultira manje traumatičnim postupkom i bržim oporavkom bolesnika. Anestezija u laparoskopskoj kirurgiji ima svoje specifičnosti i zahtijeva poseban pristup. Glavni cilj anestezije u laparoskopiji je održavanje adekvatne razine anestezije, relaksacije mišića, ventilacije i hemodinamske stabilnosti tijekom operacije. Za postizanje ovih ciljeva, koriste se različiti anestetički agensi i tehnike. Uobičajena anestezija uključuje primjenu opće anestezije s endotrahealnom intubacijom bolesnika. Međutim, sve češće se primjenjuje i regionalna anestezija kao alternativa. Također se koriste specifični mišićni relaksansi kako bi se postigla adekvatna relaksacija abdominalnih mišića, što olakšava kirurški pristup i smanjuje rizik nastanka ozljede. Jedna od brojnih osobitosti laparoskopije koja nastaje kao posljedica pneumoperitoneuma (PNP, od engl. *pneumoperitoneum*) uzrokovanog ugljikovim dioksidom (CO₂) je povećani intraabdominalni tlak (IAP, od engl. *intraabdominal pressure*), koji može uzrokovati patofiziološke promjene u respiratornom i kardiovaskularnom sustavu. Promjene može uzrokovati i položaj bolesnika koji je u laparoskopskim zahvatima važan za adekvatan operacijski pristup, bolju vizualizaciju i lakšu manipulaciju kirurškim instrumentima. Trendelenburgov položaj može uzrokovati prekomjerno opterećenje srca, poteškoće u disanju i mogućnost stvaranja plinskih embolija, dok obrnuti Trendelenburgov položaj, iako smanjuje opterećenje srca i povećava disajni volumen, zbog venske staze nosi rizik nastanka duboke venske tromboze (DVT, od engl. *deep vein thrombosis*). Stoga se praćenje hemodinamike, prilagođavanje ventilacije i održavanje stabilnih plinskih parametara smatraju ključnima tijekom laparoskopskih zahvata. Poznavanje karakteristika laparoskopije te razumijevanje navedenih patofizioloških promjena omogućuje

anesteziologu da pruži najbolju skrb pacijentu, osigura uspješan tijek operacije te brzi oporavak bolesnika nakon zahvata.

Ključne riječi: endotrahealna intubacija, laparoscopska operacija, mišićna relaksacija, Trendelenburgov položaj

15. SUMMARY

Laparoscopic surgery is a minimally invasive technique that is increasingly performed today. By using specialized instruments, it enables surgeries to be performed with smaller incisions, resulting in a less traumatic procedure and faster patient recovery. Anesthesia in laparoscopic surgery has its own specificities and requires a special approach. The main goal of anesthesia in laparoscopy is to maintain adequate levels of anesthesia, muscle relaxation, ventilation, and hemodynamic stability during the procedure. Various anesthetic agents and techniques are used to achieve these goals. General anesthesia with endotracheal intubation of the patient is commonly used. However, regional anesthesia is increasingly applied as an alternative. Specific muscle relaxants are also used to achieve adequate relaxation of the abdominal muscles, facilitating surgical access and reducing the risk of injury. One of the particularities of laparoscopy resulting from carbon dioxide (CO₂) pneumoperitoneum (PNP) is increased intraabdominal pressure (IAP), which can cause pathophysiological changes in the respiratory and cardiovascular systems. These changes can also be caused by patient's position which is important for proper surgical access, improved visualization, and easier manipulation of surgical instruments. The Trendelenburg position can cause excessive cardiac load, breathing difficulties, and the potential for gas embolism, while the reverse Trendelenburg position, although reducing cardiac load and

increasing tidal volume, carries the risk of venous stasis and deep vein thrombosis (DVT). Therefore, monitoring hemodynamics, adjusting ventilation, and maintaining stable gas parameters are considered crucial during laparoscopic procedures. Understanding the characteristics of laparoscopy and the mentioned pathophysiological changes enable the anesthesiologist to provide optimal care to the patient, ensure a successful surgical procedure and rapid patient recovery after the surgery.

Key words: endotracheal intubation, laparoscopic surgery, muscle relaxation, Trendelenburg position

16. LITERATURA

1. O'Malley C, Cunningham AJ. Physiologic Changes During Laparoscopy. *Anesthesiol Clin N Am.* 2001.;19(1):1–19.
2. Gerber JA, Borden AN, Tu DD. Physiologic Considerations in Laparoscopic Surgery. U: Gargollo PC, urednik. *Minimally Invasive and Robotic-Assisted Surgery in Pediatric Urology* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2020 [citirano 26. svibanj 2023.]. str. 19–30. Dostupno na: https://link.springer.com/10.1007/978-3-030-57219-8_2
3. Volz J, Köster S, Weis M, Schmidt R, Urbaschek R, Melchert F, i ostali. Pathophysiologic features of a pneumoperitoneum at laparoscopy: A swine model. *Am J Obstet Gynecol.* 1996.;174(1):132–40.
4. Neudecker J, Sauerland S, Neugebauer E, Bergamaschi R, Bonjer HJ, Cuschieri A, i ostali. The European Association for Endoscopic Surgery clinical practice guideline on the pneumoperitoneum for laparoscopic surgery. *Surg Endosc.* 2002.;16(7):1121–43.
5. Spaner SJ, Warnock GL. A Brief History of Endoscopy, Laparoscopy, and Laparoscopic Surgery. *J Laparoendosc Adv Surg Tech.* 1997.;7(6):369–73.
6. De Groen PC. History of the Endoscope [Scanning Our Past]. *Proc IEEE.* 2017.;105(10):1987–95.
7. Becker H, Melzer A, Schurr MO, Buess G. 3-D video techniques in endoscopic surgery. *Endosc Surg Allied Technol.* 1993.;1(1):40–6.
8. Iddan G, Meron G, Glukhovsky A, Swain P. Wireless capsule endoscopy. *Nature.* 2000.;405(6785):417–417.
9. Lacy A, Blanch XS, Visa J. Alternative Gases in Laparoscopic Surgery. U: Rosenthal RJ, Friedman RL, Phillips EH, urednici. *The Pathophysiology of Pneumoperitoneum* [Internet].

Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 1998 [citirano 29. svibanj 2023.]. str. 7–17.

Dostupno na: http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-60290-0_2

10. Menes T, Spivak H. Laparoscopy Searching for the proper insufflation gas. *Surg Endosc.* 2000.;14(11):1050–6.
11. Višnja Neseck Adam. Anestezija u laparoskopskoj kirurgiji. 1. izd. Zagreb: Medicinska naklada; 2012. 10–13, 50–51, 54–55 str.
12. Brown DR, Fishburne JI, Roberson VO, Hulka JF. Ventilatory and blood gas changes during laparoscopy with local anesthesia. *Am J Obstet Gynecol.* 1976.;124(7):741–5.
13. Koivusalo AM, Kellokumpu I, Ristkari S, Lindgren L. Splanchnic and Renal Deterioration During and After Laparoscopic Cholecystectomy: A Comparison of the Carbon Dioxide Pneumoperitoneum and the Abdominal Wall Lift Method. *Anesth Analg.* 1997.;85(4):886–91.
14. Gutt CN, Oniu T, Mehrabi A, Schemmer P, Kashfi A, Kraus T, i ostali. Circulatory and Respiratory Complications of Carbon Dioxide Insufflation. *Dig Surg.* 2004.;21(2):95–105.
15. Joris JL, Noirot DP, Legrand MJ, Jacquet NJ, Lamy ML. Hemodynamic Changes During Laparoscopic Cholecystectomy: *Anesth Analg.* 1993.;76(5):1067–1071.
16. Srivastava A, Niranjana A. Secrets of safe laparoscopic surgery: Anaesthetic and surgical considerations. *J Minimal Access Surg.* 2010.;6(4):91.
17. Hein HAT, Joshi GP, Ramsay MAE, Fox LG, Gawey BJ, Hellman CL, i ostali. Hemodynamic changes during laparoscopic cholecystectomy in patients with severe cardiac disease. *J Clin Anesth.* 1997.;9(4):261–5.
18. Safran D, Sgambati S, Orlando R. Laparoscopy in high-risk cardiac patients. *Surg Gynecol Obstet.* 1993.;176(6):548–54.

19. Girish P Joshi. Anesthesia for laparoscopic and abdominal robotic surgery in adults. U: UpToDate, Jones SB ed. UpToDate [Internet]. Waltham, MA: UpToDate; 2022 [citirano 11.05.2023.] Dostupno na: <https://www.uptodate.com/contents/anesthesia-for-laparoscopic-and-abdominal-robotic-surgery-in-adults>
20. Kim JY, Shin CS, Kim HS, Jung WS, Kwak HJ. Positive end-expiratory pressure in pressure-controlled ventilation improves ventilatory and oxygenation parameters during laparoscopic cholecystectomy. *Surg Endosc.* 2010.;24(5):1099–103.
21. Hatipoglu S. Effect of laparoscopic abdominal surgery on splanchnic circulation: Historical developments. *World J Gastroenterol.* 2014.;20(48):18165.
22. Kawanaka H, Akahoshi T, Kinjo N, Harimoto N, Itoh S, Tsutsumi N, i ostali. Laparoscopic Splenectomy with Technical Standardization and Selection Criteria for Standard or Hand-Assisted Approach in 390 Patients with Liver Cirrhosis and Portal Hypertension. *J Am Coll Surg.* 2015.;221(2):354–66.
23. Nguyen NT, Perez RV, Fleming N, Rivers R, Wolfe BM. Effect of Prolonged Pneumoperitoneum on Intraoperative Urine Output During Laparoscopic Gastric Bypass. *J Am Coll Surg.* 2002.;195(4):476–83.
24. Chiu AW, Chang LS, Birkett DH, Babayan RK. The impact of pneumoperitoneum, pneumoretroperitoneum, and gasless laparoscopy on the systemic and renal hemodynamics. *J Am Coll Surg.* 1995.;181(5):397–406.
25. Halverson A, Buchanan R, Jacobs L, Shayani V, Hunt T, Riedel C, i ostali. Evaluation of mechanism of increased intracranial pressure with insufflation. *Surg Endosc.* 1998.;12(3):266–9.

26. Lomanto D, Chen WTL, Fuentes MB, urednici. Mastering Endo-Laparoscopic and Thoracoscopic Surgery: ELSA Manual [Internet]. Singapore: Springer Nature Singapore; 2023 [citirano 30. svibanj 2023.]. Dostupno na: <https://link.springer.com/10.1007/978-981-19-3755-2>
27. Carlsson C, Islander G. Silent gastropharyngeal regurgitation during anesthesia. *Anesth Analg.* 1981.;60(9):655–7.
28. Webb TD. Monitoring for Laparoscopic Surgery. *Semin Laparosc Surg.* prosinac 1994.;1(4):223–7.
29. Hong JY. Effects of Metoclopramide and Ranitidine on Preoperative Gastric Contents in Day-Case Surgery. *Yonsei Med J.* 2006.;47(3):315.
30. Cohen SE, Woods WA, Wyner J. Antiemetic Efficacy of Droperidol and Metoclopramide. *Anesthesiology.* 1984.;60(1):67–8.
31. Perrin M, Fletcher A. Laparoscopic abdominal surgery. *Contin Educ Anaesth Crit Care Pain.* 2004.;4(4):107–10.
32. Marco AP, Yeo CJ, Rock P. Anesthesia for a Patient Undergoing Laparoscopic Cholecystectomy. *Anesthesiology.* 1990.;73(6):1268–9.
33. Herrera-Llerandi R. Laparoscopy hazard. *BMJ.* 03. travanj 1971.;2(5752):47–47.
34. Hayden P, Cowman S. Anaesthesia for laparoscopic surgery. *Contin Educ Anaesth Crit Care Pain.* 2011.;11(5):177–80.
35. Bajwa SS, Kulshrestha A. Anaesthesia for laparoscopic surgery: General vs regional anaesthesia. *J Minimal Access Surg.* 2016.;12(1):4.
36. Nguyen TK, Nguyen VL, Nguyen TG, Mai DH, Nguyen NQ, Vu TA, i ostali. Lung-protective mechanical ventilation for patients undergoing abdominal laparoscopic surgeries: a randomized controlled trial. *BMC Anesthesiol.* prosinac 2021.;21(1):95.

37. Burchard KW, Ciombor DM, McLeod MK, Slothman GJ, Gann DS. Positive end expiratory pressure with increased intra-abdominal pressure. *Surg Gynecol Obstet.* 1985.;161(4):313–8.
38. Bajwa SS, Bajwa S, Kaur J. Comparison of two drug combinations in total intravenous anesthesia: Propofol-ketamine and propofol-fentanyl. *Saudi J Anaesth.* 2010.;4(2):72.
39. Wilmore DW. Recent advances: Management of patients in fast track surgery. *BMJ.* 2001.;322(7284):473–6.
40. Yang H, Choi PTL, McChesney J, Buckley N. Induction with sevoflurane-remifentanyl is comparable to propofol-fentanyl-rocuronium in PONV after laparoscopic surgery. *Can J Anesth Can Anesth.* 2004.;51(7):660–7.
41. Chui PT, Gin T, Oh TE. Anaesthesia for Laparoscopic General Surgery. *Anaesth Intensive Care.* 1993.;21(2):163–71.
42. Cunningham AJ. Anesthetic implications of laparoscopic surgery. *Yale J Biol Med.* 1998.;71(6):551–78.
43. Sinha R, Gurwara AK, Gupta SC. Laparoscopic Cholecystectomy Under Spinal Anesthesia: A Study of 3492 Patients. *J Laparoendosc Adv Surg Tech.* 2009.;19(3):323–7.
44. Van Zundert AAJ, Stultiens G, Jakimowicz JJ, Van Den Borne BEEM, Van Der Ham WGJM, Wildsmith JAW. Segmental spinal anaesthesia for cholecystectomy in a patient with severe lung disease. *Br J Anaesth.* 2006.;96(4):464–6.
45. Nesek-Adam V, Mrić V, Smiljanić A. Specific anesthetic management in laparoscopic surgery. *Lijec Vjesn [Internet].* 2004. [citirano 27.5.2023.] ;126(1–2):22–5. Dostupno na <https://lijecnicki-vjesnik.hlz.hr/wp-content/uploads/1-2->

46. Checketts MR. AAGBI recommendations for standards of monitoring during anaesthesia and recovery 2015. *Anaesthesia*. 2016.;71(4):470–1.
47. Kober A, Scheck T, Lieba F, Barker R, Vlach W, Schramm W, i ostali. The Influence of Active Warming on Signal Quality of Pulse Oximetry in Prehospital Trauma Care: *Anesth Analg*. 2002.;95(4):961–6.
48. Beebe DS, Swica H, Carlson N, Palahniuk RJ, Goodale RL. High Levels of Carbon Monoxide Are Produced by Electro-Cautery of Tissue During Laparoscopic Cholecystectomy: *Anesth Analg*. 1993.;77(2):338–41.
49. Ott DE. Carboxyhemoglobinemia Due to Peritoneal Smoke Absorption from Laser Tissue Combustion at Laparoscopy. *J Clin Laser Med Surg*. 1998.;16(6):309–15.
50. Nunn JF, Hill DW. Respiratory dead space and arterial to end-tidal CO₂ tension difference in anesthetized man. *J Appl Physiol*. 1960.;15(3):383–9.
51. Long B, Koyfman A, Vivirito MA. Capnography in the Emergency Department: A Review of Uses, Waveforms, and Limitations. *J Emerg Med*. 2017.;53(6):829–42.
52. Atkinson TM, Giraud GD, Togioka BM, Jones DB, Cigarroa JE. Cardiovascular and Ventilatory Consequences of Laparoscopic Surgery. *Circulation*. 2017.;135(7):700–10.
53. Alshahrani W, Almaary J. Pneumomediastinum and ECG changes during laparoscopic Nissen fundoplication in a child; Case report. *Int J Surg Case Rep*. 2020.;77:830–3.
54. Yacoub OF, Cardona I, Coveler LA, Dodson MG. Carbon Dioxide Embolism during Laparoscopy. *Anesthesiology*. 1982.;57(6):533–5.

55. Wadhwa RK, McKenzie R, Wadhwa SR, Katz DL, Byers JF. Gas Embolism during Laparoscopy. *Anesthesiology*. 1978.;48(1):74–6.
56. Bessell JR, Karatassas A, Patterson JR, Jamieson GG, Maddern GJ. Hypothermia induced by laparoscopic insufflation: A randomized study in a pig model. *Surg Endosc*. 1995.;9(7):791–6.
57. Joshi GP. Complications Of Laparoscopy. *Anesthesiol Clin N Am*. 2001.;19(1):89–105.
58. Siu W, Seifman BD, Wolf JS. Subcutaneous Emphysema, Pneumomediastinum and Bilateral Pneumothoraces After Laparoscopic Pyeloplasty. *J Urol*. 2003.;170(5):1936–7.
59. Stern JA, Nadler RB. Pneumothorax masked by subcutaneous emphysema after laparoscopic nephrectomy. *J Endourol*. 2004.;18(5):457–8.
60. Murdock C. Risk factors for hypercarbia, subcutaneous emphysema, pneumothorax, and pneumomediastinum during laparoscopy. *Obstet Gynecol*. 2000.;95(5):704–9.
61. Hall D, Goldstein A, Tynan E, Braunstein L. Profound Hypercarbia Late in the Course of Laparoscopic Cholecystectomy. *Anesthesiology*. 1993.;79(1):173–4.
62. Sharma KC, Kabinoff G, Ducheine Y, Tierney J, Brandstetter RD. Laparoscopic surgery and its potential for medical complications. *Heart Lung*. 1997.;26(1):52–64.
63. Wittenborn J, Clausen A, Zeppernick F, Stickeler E, Meinhold-Heerlein I. Prevention of Intraoperative Hypothermia in Laparoscopy by the Use of Body-Temperature and Humidified CO₂: a Pilot Study. *Geburtshilfe Frauenheilkd*. 2019.;79(09):969–75.
64. Noll E, Diemunsch S, Pottecher J, Rameaux JP, Diana M, Sauleau E, i ostali. Prevention of laparoscopic surgery induced hypothermia with warmed humidified insufflation: Is the experimental combination of a warming blanket synergistic? *Puebla I, urednik. PLOS ONE*. 2018.;13(7):e0199369.

65. Hasegawa H, Abe A, Hayashi H, Furuta H, Ishihama T. Risk factors for postoperative nausea and vomiting after the removal of impacted third molars: a cross-sectional study. *BMC Oral Health*. 2021.;21(1):121.

17. ŽIVOTOPIS

Petra Šipura rođena je u Zagrebu 7. svibnja 1998. godine. Po završetku Osnovne škole Brestje upisala je V. gimnaziju u Zagrebu koju je završila 2017. godine. Iste godine upisuje Integrirani preddiplomski i diplomski sveučilišni studij medicine na Medicinskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci. Tijekom studija sudjelovala je na radionici „Kako napisati dobar prikaz slučaja?“. Aktivno se služi engleskim jezikom.