



ZBORNICA ZDRAVSTVENE IN BABIŠKE NEGE SLOVENIJE
ZVEZA STROKOVNIH DRUŠTEV MEDICINSKIH SESTER, BABIC
IN ZDRAVSTVENIH TEHNIKOV SLOVENIJE

**SEKCIJA MEDICINSKIH SESTER IN
ZDRAVSTVENIH TEHNIKOV V OPERATIVNI DEJAVNOSTI**



Odstranjevanje kirurškega dima
Vsakdo ima pravico do čistega zraka

Izdala:

Zbornica zdravstvene in babiške nege Slovenije –
Zveza strokovnih društev medicinskih sester, babic in zdravstvenih
tehnikov Slovenije

Sekcija medicinskih sester in
zdravstvenih tehnikov v operativni dejavnosti

Ob železnici 30 A, 1000 Ljubljana

Glavna in odgovorna urednica:

Tatjana Požarnik, dipl. m. s., spec. perioperativne ZN

Recenzija: Manca Pajnič, Ljubiša Pađen

Lektoriranje: Nina Štampohar

Oblikovanje in priprava za tisk: Tovarna idej d. o. o.

Tiskanje: ABO grafika d. o. o., Ljubljana

Naklada:

400 izvodov

1. izdaja

Ljubljana, maj 2018

Projekt podprla: Medis in Cimpax

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

331.43:617.5

ODSTRANJEVANJE kirurškega dima : vsakdo ima pravico do čistega zraka / [glavna urednica
Tatjana Požarnik]. - 1. izd. - Ljubljana : Zbornica zdravstvene in babiške nege Slovenije - Zveza
strokovnih društev medicinskih sester, babic in zdravstvenih tehnikov Slovenije, Sekcija
medicinskih sester in zdravstvenih tehnikov v operativni dejavnosti, 2018

ISBN 978-961-6856-07-2
1. Požarnik, Tatjana, 1974-
294774528



ZBORNICA ZDRAVSTVENE IN BABIŠKE NEGE SLOVENIJE
ZVEZA STROKOVNIH DRUŠTEV MEDICINSKIH SESTER, BABIC
IN ZDRAVSTVENIH TEHNIKOV SLOVENIJE

**SEKCIJA MEDICINSKIH SESTER IN
ZDRAVSTVENIH TEHNIKOV V OPERATIVNI DEJAVNOSTI**

Odstranjevanje kirurškega dima

Vsakdo ima pravico do čistega zraka

Ljubljana, maj 2018

Opis problema

Nastajanje kirurškega dima med operativnim posegom je neizogibno. Številne bolnišnice po svetu so že sprejele strategije varnih delovnih mest brez kirurškega dima, a vseeno mu je operacijsko osebje še vedno izpostavljeno. Vdihavanje kirurškega dima je naraščajoča skrb zdravstvenih delavcev, ki se z njim srečujejo pri vsakodnevnem delu. Pomembne raziskave zadnjih treh desetletij kažejo, da je kirurški dim, ki ga ustvarjajo elektrokirurške enote in laserske naprave, nevaren za zdravje delavcev v operacijski dvorani. Kirurški dim povzroča solzenje, pekoč občutek v očeh in slabost, še bolj pa je zaskrbljujoče, da povzroča težave z dihanjem in možnost okužbe z nevarnimi mikrobi. Čeprav se danes večina operativnih posegov opravlja s pomočjo naprav za elektrokoagulacijo ali z lasersko tehnologijo, odstranjevanje kirurškega dima v številnih operacijskih dvoranih ni postalo običajna praksa (Carbin, 2001).

Dokazi kažejo, da predstavlja kirurški dim znatno tveganje za zdravje zaposlenih v operacijski dvorani. Vsi pacienti in člani operacijske ekipe imajo pravico biti zaščiteni pred kirurškim dimom in posledicami za zdravje. Odločitev o tem, ali je treba kirurški dim odstraniti, je pogosto prepuščena presoji kirurga. Toda z dosledno uporabo opreme za odstranitev kirurškega dima v operacijskem okolju ustvarjamo varnejše okolje za vse.

Operacijsko osebje, ki uporablja elektrokirurško in drugo opremo, ki vsak dan ustvarja kirurški dim, je pogosto še vedno skeptično glede nevarnih vplivov kirurškega dima, večinoma zato, ker mnogi nimajo dovolj znanja o teh učinkih, zato težko tudi prepričujejo druge, da uporabljajo primeren način odstranjevanja kirurškega dima (Schultz, 2014).



Namen publikacije

V brošuri bomo obravnavali nevarne vplive kirurškega dima pa tudi prednosti uporabe sistema za njegovo odstranitev. Razpravljali bomo o varnostnih smernicah, ki so jih sprejele regulativne agencije in strokovna združenja po svetu. Strategije za prepoznavanje ključnih udeležencev in njihove vloge pri razvoju politike bodo obravnavane skupaj s priporočili iz veljavnih standardov, smernic in priporočil za podporo razvoju in izvajanju smernic za zaščito zaposlenih in pacientov pred nevarnostmi, povezanimi s kirurškim dimom.

Značilnosti idealnega sistema za odstranitev kirurškega dima so opredeljene tako, da lahko zaposleni uporabijo svoje znanje med postopkom izbire izdelkov, da bi odpravili ovire za uporabo sistemov za odstranitev kirurškega dima in izboljšali skladnost z varnostnimi smernicami. Predstavljeni so načini odstranjevanja kirurškega dima.

Da bi zaščitili zdravje zaposlenih in pacientov v operacijski dvorani, želi Sekcija medicinskih sester in zdravstvenih tehnikov v operativni dejavnosti informirati zaposlene o nevarnih vplivih kirurškega dima in učinkovitih ukrepih za njegovo odstranitev. V ta namen smo pregledali obstoječo, na dokazih podprto literaturo za boljše razumevanje nevarnih vplivov kirurškega dima na zdravje zaposlenih in pacientov ter sodelovanje pri ukrepih za zmanjševanje kirurškega dima, ki ga proizvajajo naprave za elektrokoagulacijo, laser in druge naprave v operacijskih prostorih. Dokazi kažejo na pomanjkanje osnovnih in dodatnih informacij o kirurškem dimu in njegovem odstranjevanju v operacijskem okolju. Pri tem lahko uporabljamo priporočila The Association of periOperative Registered Nurses (AORN), s katerimi si lahko prizadevamo za zmanjševanje kirurškega dima ter s tem zagotavljanje zdravega in varnega delovnega okolja. Varnost na delovnem mestu je prednostna naloga vsakega zaposlenega in praviloma omogoča višjo stopnjo zadovoljstva. Za doseg tega cilja zaposleni potrebujejo

znanje in informacije za doseganje višje stopnje ozaveščenosti o nevarnih vplivih z namenom ohranjanja zdravja. V tej informativni publikaciji je predstavljen pregled rezultatov raziskav, priporočil ameriških organizacij in agencij ter smernice za prakso, ki pomagajo pri pravilni odstranitvi kirurškega dima. Operacijske medicinske sestre in drugi člani operacijske ekipe se morajo zavedati nevarnega vpliva kirurškega dima, da se lahko uporabijo ustrezne metode odstranjevanja kirurškega dima.

Ciljna populacija

Publikacija je namenjena operacijskim medicinskim sestram, kirurgom, anesteziologom, medicinskim sestram pri anesteziji, študentom in drugim zdravstvenim delavcem in sodelavcem, ki morajo pridobiti kompetence glede varnosti oziroma nevarnosti kirurškega dima, pridobiti standarde in smernice za podporo pri odpravljanju nevarnih vplivov kirurškega dima ali se želijo naučiti več. S tem bodo lahko zagotovili varno delovno okolje z uporabo naprav za odstranitev kirurškega dima in filtracijo med operativnim posegom, neinvazivnimi postopki in endoskopskimi posegi.

Cilji publikacije

Po zaključku mora bralec:

- Vedeti, kaj je kirurški dim.
- Vedeti, katere naprave proizvajajo kirurški dim.
- Poznati nevarne vplive kirurškega dima za zaposlene in paciente.
- Poznati priporočila, smernice, standarde in predpise za varovanje pred kirurškim dimom.
- Poznati možne oblike zaščite pred kirurškim dimom.
- Uporabiti ustrezen sistem za odstranjevanje kirurškega dima.

Izjava o neposredovanju proizvoda

Sekcija medicinskih sester in zdravstvenih tehnikov v operativni dejavnosti ne podpira ali spodbuja nobenega komercialnega izdelka, o katerem se razpravlja v tej publikaciji. Za ozaveščanje zaposlenih o nevarnostih kirurškega dima Sekcija medicinskih sester in zdravstvenih tehnikov v operativni dejavnosti ob podpori podjetij Medis in Cimpax sodeluje pri zagotavljanju možnosti informiranja o nevarnih vplivih kirurškega dima in podajanju orodij za izvajanje varnih praks odstranjevanja kirurškega dima.

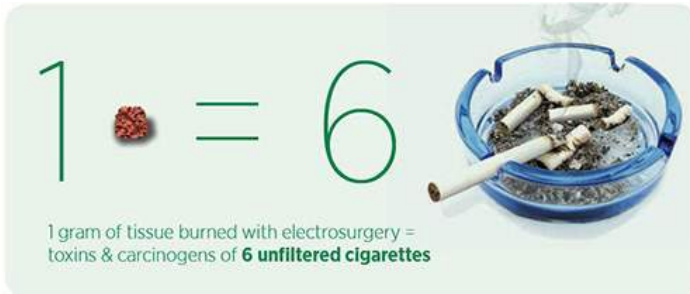


Uvod

Bolnišnice so prostor, v katerem se izvaja dejavnost zdravstvenega varstva. V okviru zdravstvenega varstva se izvaja kirurško zdravljenje številnih bolezni in stanj. Pri tem se uporabljajo naprave, ki proizvajajo kirurški dim. Kirurški dim se sprošča med operativnimi posegi z energetskimi napravami, kot so naprave za elektrokoagulacijo, laserji in drugi električni instrumenti, ki uparjajo tkivo, pri čemur pa so pacienti in zaposleni v operacijski dvorani izpostavljeni smrdljivim plinastim stranskim proizvodom, ki so ob vdihavanju nevarni (Ulmer, 2008). Kirurški dim lahko vsebuje strupene plinaste spojine, kot so vodikov cianid, toluen in benzen, pa tudi bio aerosole, kot so humani papiloma virus (HPV) in virus humane imunske pomanjkljivosti (HIV), rakave celice, zoglenelo tkivo, delce krvi, bakterij in druge trdne delce, ki lahko poškodujejo pljuča (Stephenson, et al., 2004). Te spojine, virusi in druge snovi prenašajo vsebnost vodnih hlapov iz kirurškega dima v zrak, ki ga vdihujejo vsi prisotni v operacijski dvorani med operativnim posegom (Bratu, et al., 2013). Kljub smernicam služb za varnost na delovnem mestu, kot sta ameriška uprava za varnost in zdravje pri delu (Occupational Safety and Health Administration – OSHA, ZDA) in nacionalni inštitut za varnost in zdravje pri delu (National Institute for Occupational Safety and Health – NIOSH, ZDA), ki priporočajo varnostne ukrepe za odstranitev kirurškega dima, se te še vedno ne uporabljajo dosledno v vseh operacijskih okoljih (Edwards, et al., 2008). Brez učinkovitega sistema odstranjevanja kirurškega dima so pacienti in zaposleni v operacijski dvorani izpostavljeni strupenim delcem v zraku. Na primer, uporaba naprave za elektrokoagulacijo na 1 g tkiva je enakovredna vdihavanju dima 6 nefiltriranih cigaret v 15 minutah (Alp, et al., 2006). Zdravje zaposlenih v operacijskih dvoranah je ogroženo, če se kirurški dim ne odvaja ustrezno. To

dokazujejo poročila zaposlenih, ki delujejo v operacijskih dvoranah in trpijo zaradi zdravstvenih težav, kot so astma, bronhitis, draženje oči, glavobol, alergije in resnejše težave, kot sta rak in levkemija, zaradi izpostavljenosti kirurškemu dimu (Calero, et al., 2003).

Z razpoložljivostjo tehnoloških naprav za odstranitev kirurškega dima, ki so na trgu, in smernicami, ki temeljijo na dokazih in so jih objavile tuje regulativne agencije, vključno z NIOSH, OSHA in poklicnimi združenji, vključno z novimi smernicami AORN, objavljene leta 2017, o varovanju pred kirurškim dimom ni razloga, da bi paciente ali zaposlene izpostavljali nevarnim vplivom kirurškega dima. Oblikovanje perioperativne kulture, ki zagotavlja dosledno uporabo metod odstranjevanja kirurškega dima, zahteva sodelovanje, izobraževanje in upoštevanje smernic tujih regulatornih agencij ter smernic profesionalnih organizacij za varovanje pred kirurškim dimom. S pravilnim razumevanjem potencialnih nevarnih vplivov kirurškega dima lahko zaposleni v sodelovanju z zdravstvenimi ustanovami uvedejo ustrezne sisteme za odstranjevanje kirurškega dima in varnostne ukrepe za zadovoljstvo zaposlenih ter varnost pacientov v operacijskih dvoranah (Pfiedler Enterprises, 2017a).



Jakost mutagenosti pri kirurškem dimu, ki nastane ob elektrokoagulaciji 1 grama tkiva, lahko primerjamo s cigaretним dimom 6 nefiltriranih cigaret, pokajenih v 15 minutah.

Kirurški dim: kaj vemo o njem

Dokazi o nevarnih vplivih kirurškega dima so bili predstavljeni v literaturi, predstavile so jih profesionalne organizacije že pred časom, kljub temu pa kirurški dim še danes predstavlja nevarnost za zdravje pacienta in zaposlenih.

Kakovost zraka v operacijskih dvoranh po vsem svetu vzbuja skrb že več kot tri desetletja. V nadaljevanju je sistematično prikazan zgodovinski potek raziskovanja nevarnih vplivov kirurškega dima od leta 1975 do leta 1995 (Tabela 1) (Pfiedler Enterprises, 2016).

Začetki moderne elektrokirurgije segajo v leto 1920, ko je William T. Bovie razvil za tiste čase inovativni elektrokirurški aparat, ki ga je leta 1926 v klinično prakso uvedel nevrokirurg Harvey Cushing (Križmarič, et al., 2006). V tistem času kirurški dim ni bil prepoznan in priznan kot pomembna nevarnosti, dokler leta 1985 NIOSH ni izdal in promoviral Poročila o oceni nevarnosti. V tem poročilu je bilo navedeno, da obstaja »potencialna nevarnost zaradi izpostavljenosti kirurškemu dimu«, ki nastane pri uporabi naprav za elektrokoagulacijo in drugih naprav, ki sproščajo toploto (Pfiedler Enterprises, 2015).

Tabela 1:

Pomembni mejniki v raziskovanju kirurškega dima

1975	Mihashi s sodelavci ugotovi, da je 77 % trdnih delcev zaradi laserske uparitve manjših od 1,1 mikrona.
1985	NIOSH objavi poročilo o oceni nevarnosti za zdravje, v katerem navaja, da obstaja potencialna nevarnost zaradi izpostavljenosti kirurškemu dimu.
1988	Baggish s sodelavci primerja učinke filtriranega in nefiltriranega kirurškega dima na pljuča podgan; tiste, ki dihajo nefiltriran kirurški dim, kažejo pljučno kongestijo z bronhialno hiperplazijo.
1988	NIOSH vnovič izda poročilo o nevarnosti za zdravje, v katerem opozarja na morebitno nevarnost za zdravje zaradi kirurškega dima, proizvedenega med laserskimi postopki.
1989	Tomita s sodelavci primerja nevarnosti pri uporabi laserja in naprav za elektrokoagulacijo kot enakovredne kajenju nefiltrirane cigarete.
1991	Objavljeno poročilo o norveškem kirurgu, pri katerem se je pojavila laringealna papilomatoza po zdravljenju genetsko podobnih lezij pri svojih pacientih.
1993	Ott s sodelavci dokaže, da kirurški dim med laparoskopskim operativnim posegom povzroča povišano raven karboksihemoglobina in methemoglobina, kar zmanjšuje vsebnost kisika.
1995	Hoglan navede, da so v kirurškem dimu številne nevarne kemikalije, vključno z benzenom, toluenom, akroleinom in formaldehidom.

vir: Ball, 2015

Ker se je razprava o vsebini in nevarnostih kirurškega dima nadaljevala v devetdesetih letih prejšnjega stoletja, je AORN januarja 1996 gostil prvo multidisciplinarno konferenco z okroglo mizo o vprašanju kirurškega dima. To je bil zgodovinski dogodek, ki je združeval strokovnjake iz OSHA, NIOSH, Inštituta za nujno medicinsko pomoč (Emergency Care Research Institute – ECRI, ZDA), raziskovalce, kirurge, operacijske medicinske sestre in proizvajalce medicinskih pripomočkov. Izid okrogle mize je bil opisan v članku Giordana iz leta 1996 Ne bodite žrtev kirurškega dima. Rezultat konference je bil, da je septembra 1996 NIOSH poslal opozorilo o nevarnostih kirurškega dima po vseh bolnišnicah v Združenih državah Amerike in izdal priporočila, da se kirurški dim pri uporabi laserjev in naprav za elektrokoagulacijo odstranjuje in filtrira (Slika 1) (Pfieler Enterprises, 2015).



Control of Smoke From Laser/Electric Surgical Procedures

HAZARD

During surgical procedures using a laser or electro-surgical unit, the thermal destruction of tissue creates a smoke byproduct. Research studies have confirmed that this smoke plume can contain toxic gases and vapors such as benzene, hydrogen cyanide, and formaldehyde, bioaerosols, dead and live cellular material (including blood fragments), and viruses. At high concentrations the smoke causes ocular and upper respiratory tract irritation in health care personnel, and creates visual problems for the surgeon. The smoke has unpleasant odors and has been shown to have mutagenic potential.

CONTROLS

NIOSH research has shown airborne contaminants generated by these surgical devices can be effectively controlled. Two methods of control are recommended:

Slika 1: NIOSH opozorilo iz leta 1996 o nadzoru kirurškega dima iz laserskih naprav in naprav za elektrokoagulacijo med operativnim posegom, poslano v vse bolnišnice po ZDA (vir: Pfieler Enterprises, 2016).

AORN je nadaljeval z ozaveščanjem o nevarnostih kirurškega dima, ko je februarja 1997 gostil drugo konferenco o kirurškem dimu. Drugo srečanje je združilo strokovnjake iz istih skupin kot na srečanju leta 1996, vendar so dodali predstavnike ameriškega združenja za anesteziologijo (American Society of Anesthesiologists – ASA, ZDA), Ameriško združenje kirurgov (American College of Surgeons – ACS, ZDA), Ameriško združenje medicinskih sester (American Nurses Association – ANA, ZDA) in Komisijo za akreditacijo zdravstvenih organizacij (The Joint Commission – JCAHO, ZDA). Cilj je bil vključiti čim več organizacij, da bi dosegli soglasje o najboljših metodah, ki vplivajo na spremembe pri urejanju politike glede odstranjevanja kirurškega dima. Najpomembnejši rezultat druge konference o kirurškem dimu je bil razvoj smernic iz OSHA, ki je bil namenjen podpori odstranjevanja kirurškega dima. Podrobnejši, 20-stranski dokument je bil leta 1998 poslan recenzentom v pričakovanju objave in je bil po obsegu podoben opozorilu NIOSH-a iz leta 1996. Do leta 2000 smernice niso bile objavljene. Julija 2000 je OSHA napovedal, da je zamuda posledica potrebe po dodatnih dokazih (Hollmann, et al., 2004). Kljub temu da OSHA ni objavila smernic, sta se skrb in polemika o vprašanju kirurškega dima in kakovosti zraka v operacijskih dvoranh nadaljevali. Prizadevanja za izboljšanje kakovosti delovnega okolja pri poklicnem delu so se razširila na strokovne organizacije tudi v drugih državah. Leta 2003 AORN objavi Izjavo o varnosti na delovnem mestu, v kateri je navedeno, da »varnostna kultura na delovnem mestu narašča zaradi povečane delovne obremenitve, pomanjkanja znanja in večje potrebe po produktivnosti«. Izjava navaja nevarnosti, s katerimi se soočajo zaposleni v operacijski dvorani, vključno s kirurškim dimom (Ulmer, 2008). Vendar pa kljub raziskavam v ZDA in Kanadi v številnih operacijskih dvoranh še vedno ne zagotavljajo ustrezne zaščite izpostavljenosti kirurškemu dimu, pri čemer so najpogostejša ovira za zagotavljanje ustrezne zaščite odpor kirurgov, neustrezen lokalni izpušni sistem prezračevanja ter zavrnitev uporabe odstranjevalcev kirurškega dima. Prav tako je seznanjenost o nevarnih vplivih kirurškega dima v Evropi zelo slabo razširjena.

Sestava kirurškega dima

Kirurški dim je sestavljen iz 95 % vodne pare in 5 % trdnih delcev, kemikalij in biološkega materiala. 5 % trdnih delcev sestavljajo kemikalije, kri in tkivni delci, virusi in bakterije (Pfiedler Enterprises, 2017b).

Kirurški dim ima v angleškem prevodu številna imena, kot npr. cautery smoke, electrosurgery smoke, diathermy plume, plume, aerosols, bioaerosols, vapor, and air contaminants. Kirurški dim je del pacientove okolice, je plinasti stranski proizvod uparjanja beljakovin in maščob v tkivo. Nastane kot posledica delovanja fizikalnih naprav, ki se uporabljajo za disekcijo in hemostazo na tkivo. Kirurški dim lahko vidimo in vonjamo (Pfiedler Enterprises, 2015).

Dokazi jasno kažejo, da lahko izpostavljenost kirurškemu dimu škoduje zdravju in dobrem počutju pacientov in zaposlenim. Škodo povzročajo strupene sestavine v kirurškem dimu, odvisno pa je tudi od velikosti delcev v kirurškem dimu (Pfiedler Enterprises, 2015).

Vsebina kirurškega dima

Številne študije so v kirurškem dimu dokumentirale prisotnost komponent, ki so prepoznane kot nevarnosti za zdravje zaposlenih in pacientov.

Te vključujejo:

- **hlapne organske spojine** (Choi, et al., 2014; Krones, et al., 2007; Moot, et al., 2007),
- **policiklične aromatske ogljikovodike (PAH)** – benzo [a] piren, dibenzo [a,h] antracen, antracen (Tseng, 2014; Näslund Andréasson, 2012; Moss, et al., 1990),
- **aromatske ogljikovodike** – benzen, tolen in ksilen, vodikov cianid (Moot, et al., 2007; Eickmann, et al., 2011; Moss, et al., 1990; Lippert, et al., 2011),
- **anorganske pline** – ogljikov monoksid (Alp, et al., 2006; Choi, et al., 2014; Barrett, et al., 2004; Lippert, et al., 2014; Weston, et al., 2009),
- **nitriile** – acetonitril, akrilonitril (Weston, et al., 2009; Fan, et al., 2009; Petrus, et al., 2015; Zhao, et al., 2013),
- **aldehide** – acetaldehid, formaldehid (Krone, et al., 2007; Eickmann, et al., 2011; Dobrogowski, et al., 2015; King, et al., 2006),
- **trdne delce** (Alp, et al., 2006; Näslund Andréasson, et al., 2012),
- **viruse** – HPV, HIV (Stephenson, et al., 2004; Garden, et al., 2002; Mellor, et al., 2013; Weyandt, et al., 2011),
- **bakterije** (Nogler, et al., 2003; Ishihama, et al., 2010),
- **kri** (Mellor, et al., 2013; Nogler, et al., 2003; Rautemaa, et al., 2006; Schultz, 2015) in
- **rakave celice** (In, et al., 2015; Mowbray, et al., 2013).

Tveganje za zaposlene

Nevarne snovi v kirurškem dimu predstavljajo različne nevarnosti za zaposlene, nekaj jih naštevamo v nadaljevanju.

Tveganje za dihalni sistem

Vsaka naprava za proizvodnjo toplote proizvede različno velike delce, ki so v kirurškem dimu. Manjša ko je velikost delca, dlje lahko potuje. Ti delci so v velikosti od 0,01 mikrona do več kot 200 mikronov (Pfleidler Enterprises, 2015).

Vrsta postopka in določena naprava, ki se uporablja, lahko določita velikost delcev kirurškega dima. Na primer, ugotovljeno je bilo, da elektrokirurške naprave ustvarjajo najmanjše delce aerodinamične velikosti ($< 0,07 \mu\text{m}$ do $0,1 \mu\text{m}$), z lasersko tkivno ablacijo se ustvarja večje delce ($\sim 0,31 \mu\text{m}$) in naprave z ultrazvočnim delovanjem ustvarjajo največje delce (od $0,35 \mu\text{m}$ do $6,5 \mu\text{m}$) (Pfleidler Enterprises, 2017b). Delci, ki so velikosti $5,0 \mu\text{m}$ ali večji, se naložijo na stene nosu, grla, sapnika in bronhija. Delci, ki so manjši od $2,0 \mu\text{m}$, se odlagajo v bronhiole in alveole, kjer je območje izmenjave plinov v pljučih (Slika 2). Za primerjavo, povprečen človeški las je premera približno $200 \mu\text{m}$. Virusi so najmanjši po velikosti, od približno $0,01$ do $0,3 \mu\text{m}$ (Tabela 2) (Pfleidler Enterprises, 2015). Trdi delci, ki so manjši od $0,3 \mu\text{m}$, lahko zaobidejo normalno mukociliarno obrambo zgornjega dihalnega sistema in se odlagajo v pljučnih alveolih. Ko delci dosežejo alveole, jih telo ne more izločiti s kašljanjem ali kihanjem. Treba jih je zajeti in prebaviti s sintezo makrofagov. Podobno kot tobačni dim ali premogov prah lahko

material ostane v alveolih, kar povzroči motnje izmenjave plinov v pljučih. Ko pljuča vsrkajo te nanodelce, lahko preidejo čez pregrado ter preidejo v krvni in limfatični sistem, s seboj pa nosijo kemikalije, ki se nalagajo v organe po celem telesu. To je enak mehanizem, s katerim se rak in druge bolezni pripisujejo kajenju (Pfiedler Enterprises, 2017b).

Raziskave o tobaku potrjujejo, da so velikosti tobačnih delcev povezane z boleznimi srca in pljuč, saj lahko povzročijo bronhiolitis, astmo, KOPB/emfizem, aterosklerozo in trombogenezno. Tudi delci velikosti 0,25 μm in manjši lahko prehajajo skozi placentno pregrado, kar povzroča skrb za nosečnice, ki delujejo v operacijski dvorani. To kaže, da imajo nanodelci na splošno možnost transplacentalnega prenosa (Pfiedler Enterprises, 2017b).

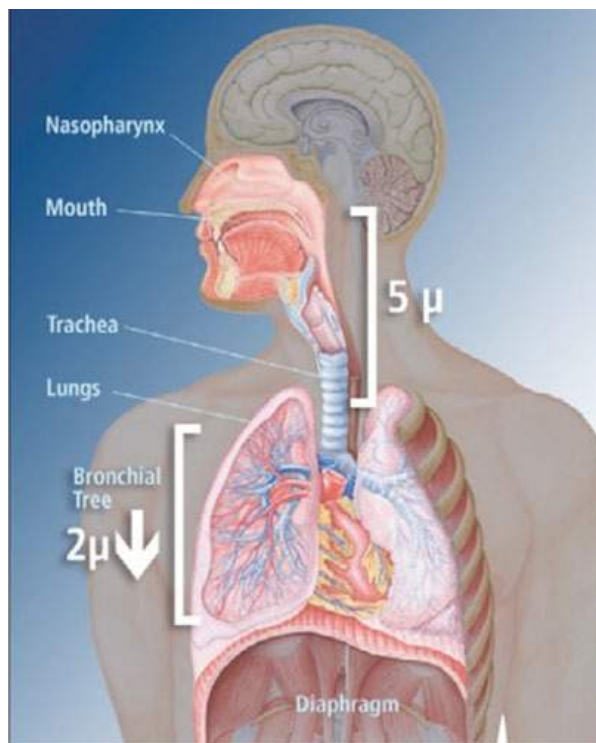
Tabela 2:

Velikost delcev

Velikosti delcev	Mikrometri (μm)
virusi	0,01–0,3
HPV	0,18
HIV	0,045
cigaretni dim	0,1–3,0
kirurški dim	0,1–5,0
bakterije	0,3–15,0
prah škodljiv za pljuča	0,5–5,0
majhni vidni delci	20

vir: Pfiedler Enterprises, 2015

Znaten delež delcev v kirurškem dimu je v razponu 0,5–5,0 μm , kar je premajhna velikost, da bi se ti delci učinkovito filtrirali skozi kirurško masko.



Slika 2: Shema dihalnih poti in ocena, kje se delci glede na velikost odlagajo (vir: Pfleider Enterprises, 2015).

Večina kirurških mask filtrira samo delce, večje od 5 μm .

Kemično tveganje

Kirurški dim vsebuje več kot 40 strupenih, mutagenih, rakotvornih in nevarnih kemikalij (Tabela 3).

Izpostavljamo nekaj najpomembnejših (Pfiedler Enterprises, 2017b; Benedičič, 2014):

- **benzen:** je kemikalija, prisotna v večini kirurških dimov in jo Mednarodna agencija za raziskave raka (International Agency for Research on Cancer –IARC, Francija) uvršča med humane karcinogene 1. skupine. Draži oči, nos in dihalne poti. Povzroča glavobol, omotico in slabost. Dolgotrajna izpostavljenost povzroča različne krvne bolezni, kot je levkemija;
- **akrilonitril:** je hlapljiva, brezbarvna kemikalija, ki se lahko absorbira skozi kožo in pljuča. Akrilonitril sprosti vodikov cianid. Kratkotrajna izpostavljenost lahko povzroči draženje oči, slabost, bruhanje, glavobol, kihanje in vrtoglavico. Dolgoročna izpostavljenost lahko povzroči raka;
- **vodikov cianid:** ta kemikalija se uporablja kot kemično bojno sredstvo in se v kirurškem dimu sprošča v majhnih količinah. Je strupen, brezbarven in se lahko absorbira tudi v pljuča, skozi kožo in skozi prebavni trakt. Metabolizira se iz akrilonitrila, druge kemikalije, ki jo najdemo v kirurškem dimu;
- **stiren:** povzroča sopenje, kratko sapo, tiščanje v prsih, zaspanost, utrujenost, glavobol, težave s koncentracijo in slabo počutje;
- **toluen:** kemikalija, ki se najpogosteje uporablja v barvnih razredčilih. Povezana je z motnjami v razvoju centralnega živčnega sistema pri otrocih mater, ki so mu bile izpostavljene med nosečnostjo. Povzroča glavobol, utrujenost, pomanjkanje apetita, začasno amnezijo, motnje koordinacije in anoreksijo;
- **formaldehid:** je znana rakotvorna snov in kemikalija, ki se uporablja v mrtvašnicah in za ohranjanje bioloških vzorcev. Uporablja se tudi za proizvodnjo lesnih izdelkov in preprog;

- **etilbenzen:** uporablja se za izdelavo stirena, sestavine stiropora. IARC jo je navedel kot potencialno rakotvorno snov. Povzroča draženje nosu, oči in zgornjih dihal;
- **ogljikov monoksid:** v kirurškem dimu je proizvod zgorevanja. Najpogosteje do izpostavljenosti pride pri grelcih, slabo delujočih grelnih napravah ali avtomobilskih izpušnih plinih. Simptomi izpostavljenosti so spremembe na koži in glavobol;
- **furfural:** je topilo, ki deluje močno dražilno, vpliva na oči, sluznice, pljuča in centralni živčni sistem;
- **ksilen:** povzroča utrujenost, razdražljivost in prebavne motnje;
- **ogljik:** zmanjša sposobnost prenosa kisika v krvi. Pri pacientih z boleznimi srca in ožilja lahko še dodatno poslabša srčno žilno delovanje.

Kemikalije v kirurškem dimu so povezane s številnimi tveganji za zdravje. V raziskavi, v kateri je bila uporabljena cev za vzorčenje, ki je bila nameščena blizu konca elektrokavterja in je vzorce zajemala iz oblaka kirurškega dima nad njim, so raziskovalci analizirali vzorce kirurškega dima, nastalega med kolorektalnim operativnim posegom, in iskali znane kemikalije, vključno s policikličnimi aromatskimi ogljikovodiki, nitrozamini, nitrati, nitriti in hlapnimi organskimi spojinami. Po analizi vzorcev kirurškega dima so raziskovalci ugotovili pomembne ravni benzena, etil benzena, stirena, ogljikovega disulfida in toluena. Zaznali so znatne količine ($71 \mu\text{g}/\text{m}^3$) benzena, znane rakotvorne snovi. Ugotovljene snovi povzročajo draženje oči, dermatitis, učinkujejo na osrednji živčni sistem ter so toksične za jetra in ledvice (Pfleidler Enterprises, 2017).

Tabela 3:

Kemične sestavine kirurškega dima

acetonitril	3-butennitril	heksadekanojska kislina	propen
acetilen	ogljikov monoksid	cianovodikova kislina	2-propilen
akrolain	kreosol	indol	piridin
akrilonitril	1-decene	metan	pirol
alkil benzen	2,3-dihidro indene	3-metil butenal	stiren
benzaldehyd	etan	6-metil indole	toluen
benzen	etil benzen	4-metil phenol	1-undecene
benzonitril	etilen	2-metil propanol	ksilen
butadien	formaldehid	metil pirazin	
buten	furfural	fenol	

vir: Barret, 2008

Te kemikalije in druge snovi so bile ugotovljene tudi pri proizvodnji kirurškega dima pri laparoskopskih operativnih posegih in predstavljajo nevarnost za zaposlene in pacienta, če je pacientka noseča, pa tudi za plod. Benzen je fetotoksičen in prehaja skozi placentno pregrado. Pri pacientih, ki so bili podvrženi laparoskopski odstranitvi žolčnika, so pri analizi urina ugotovili postopno, desetkratno povečanje benzena, toluena in ksilena (Hollmann, et al., 2004).

Hollman s sodelavci (2004) je v Švici izvedel eksperiment za določitev kemične sestave kirurškega dima. Z uporabo laserske fotoakustične spektroskopije so odkrili 11 različnih plinov, ki bi jih lahko razvrstili kot strupene in mutagene. Zaskrbljujoča je bila koncentracija 2-furankarboksaldehida (furfural), merjena 2 cm od točke izvora. Izmerjena vrednost je bila 12-krat višja od priporočene mejne vrednosti za poklicno izpostavljenost. Furfural je topilo, ki deluje močno dražilno, vpliva na oči, sluznice, pljuča in centralni živčni sistem (Pfleidler Enterprises, 2015). Več kot polovica identificiranih plinov sploh nima tehničnih omejitev pri poklicni izpostavljenosti. S pomočjo laserske fotoakustične spektroskopije je tako možno razkriti vrste plinov kot tudi njihovo koncentracijo blizu točke izvora. Ti podatki so predpogoj za nadaljnje študije, ki so obvezne in preverjajo dejanske koncentracije vdihanih plinov (Hollman, et al., 2004).



Biološko tveganje

V kirurškem dimu so odkrili številne biološke komponente, vključno z nedotakljivim in vitalnim **humanim papiloma virusom (HPV)**, **virusom humane imunske pomanjkljivosti (HIV)** in **virusom hepatitisa B (HBV)**. Te bolezni so izolirane iz kirurškega dima in vzgojene v laboratorijskih okoljih. Obstaja več dokumentiranih primerov prenosa HPV v kirurškem dimu, povezanih s kondilomom in cervikalnimi displastičnimi primeri. Obstajajo tudi primeri prenosa rakavih celic (Pfiedler Enterprises, 2017b).

Plappert s sodelavci (1999) je v Nemčiji izdelal študijo za oceno citotoksičnega, genotoksičnega, klastogenega in mutagenega potenciala stranskih proizvodov laserske pirolize tkiva. Potem ko so aerosol izpostavili več znanstvenim laboratorijskim poizkusom, je raziskovalna skupina poročala o rezultatih. Ugotovili so, da je delec laserskih piroliznih aerosolov, ki izvirajo iz bioloških tkiv, nedvomno treba opredeliti kot citotoksičen, genotoksičen, klastrogen in mutagen. Priporoča, da so zaposleni v operacijski dvorani zaščiteni pred nevarnostmi kirurškega dima (Prappert, et al., 1999).

Potencialno mutagenost kirurškega dima so preučevali s **salmonelo typhimurium** s standardnim mikrosomalnim testom salmonele (test Ames). Mutacije bakterij so bile ugotovljene po izpostavitvi kirurškemu dimu, ki ga je povzročila elektrokoagulacijska ali laserska ablacija. Podobno je bilo pri humanih celicah raka dojke MCF-7 zaradi izpostavljenosti kirurškemu dimu, kjer je od odmerka odvisno njegovo zmanjšanje (Fan, et al., 2009). V ločeni študiji, ki je analizirala skupno dnevno uporabo naprav za elektrokoagulacijo v plastični kirurgiji v dvomesečnem obdobju s povprečnim dnevnim aktiviranjem naprave 12 minut in 43 sekund, so raziskovalci kvantificirali okoljsko onesnaževanje zraka s kirurškim dimom, ki je enakovreden od 27 do 30 nefiltriranim cigaretam. Z drugimi besedami, to število nefiltriranih cigaret bi bilo treba v operacijski dvorani na dani

pokaditi za pasivno onesnaževanje zraka z enakovredno mutagenostjo (Pfleidler Enterprises, 2017a).

Heinsohn in Judett (1993) sta opravila študijo vzorčenja za oceno izpostavljenosti krvnim aerosolom v operacijski dvorani. Raziskava je pokazala, da so sluznica zgornjega dihalnega sistema in alveolarni makrofagi v območju izmenjave plinov v operacijskih prostorih izpostavljeni aerosilizirani krvi. Dokler nadaljnje raziskave niso potrdile nevarnosti okuženih krvnih aerosolov za prenos bolezni, so avtorji priporočali pravilno uporabo opreme za zaščito dihal (zaščitne maske), vendar te ne nudijo ustrezne zaščite (Heinsohn & Judett, 1993).

Bi bili presenečeni, če bi vam kdo povedal, da ste se po celem dnevu v operacijski dvorani izpostavili enaki količini kirurškega dima, kot če bi pokadili od 27 do 30 nefiltriranih cigaret?

Potencialna nevarnost prenosa virusov in bakterij na zdravstvene delavce je že dolgo časa pozornost raziskovalcev. Konec osemdesetih humanega papiloma virusa (HPV) in virusa humane imunske pomanjkljivosti (HIV) (Pfleidler Enterprises, 2015):

- Garden s sodelavci (2002) je v raziskavi pokazal prisotnost **nedotaknjene virusne DNK** v kirurškem dimu. Goveji papiloma virus so izpostavili laserskemu ogljikovemu dioksidu. Vnovič so zbrali laserski dim in ga nanесли na kožo krav, kjer je bila prisotnost papiloma virusa pozitivna. Ugotovili so, da se tumorji razvijejo v laserskem dimu na inokuliranih mestih. Histološke in kemijske analize so pokazale, da so bili tumorji okuženi z enako vrsto virusa, kot je bil v laserskem dimu. Raziskovalci so prišli do zaključka, da lahko laserski dim prenaša bolezni;

- Ferenczy s sodelavci (1990) je vzorčil 110 pacientov in vsebino odstranjevalcev kirurškega dima ter ugotovil, da je eden od petih zbiralnikov vseboval **HPV**;
- Sawchuk s sodelavci (1989) je preučeval HPV v bradavicah po laserskem in kirurškem zdravljenju. Našli so HPV v petih od osmih primerov v laserskem vzorcu in v štirih od sedmih primerov v elektrokirurškem vzorcu;
- Baggish s sodelavci (1991) je vzorčil cevke, ki se uporabljajo za odstranitev kirurškega dima iz HIV-okuženega tkiva in našel pozitivne vzorce v cevi.

Leta 1998 je Capizzi s sodelavci preučil sposobnost preživetja bakterij pri vnovični uporabi laserja v operativne namene. Posamezni vzorci so bili zbrani in preizkušeni pri 13 operativnih posegih. Od 13 bakterijskih kultur je pri 5 vzorcih prišlo do porasta koagulo-negativnega **staphylococcosa**. V enem od teh petih je prišlo tudi do porasta **corynebacterium** in **neisseria**. Raziskovalci so ugotovili, da obstaja možnost za prenos bakterij na zaposlene in da je treba uporabiti sistem za odstranitev kirurškega dima (Pfleider Enterprises, 2015).

Zdravstvene težave zaradi izpostavljenosti kiruškemumu dimu

Splošni negativni vplivi kiruškega dima, ki jih doživljajo izpostavljeni, so:

- **dihalni sistem:** nazofaringealne lezije, kihanje, draženje grla, akutne in kronične vnetne spremembe v respiratornem traktu (emfizem, astma, kronični bronhitis);
- **oči:** draženje in solzenje;
- **koža:** draženje (dermatitis);
- **prebavni sistem:** slabost, bruhanje, bolečine v trebuhu;
- **krvne bolezni:** levkemija, anemija;
- **okužbe:** izpostavljenost HPV, HIV in hepatitisu B;
- **drugo:** rak, omotičnost, hipoksija, glavobol, šibkost, anksioznost (Bovie Medical Corporation, n. d.; Okoshi, et al., 2015).

Tveganje za paciente

Glede na toksične sestavine, ki so jih našli v kirurškem dimu, so lahko ogroženi tudi pacienti, ki so kirurškemu dimu izpostavljeni med operativnim posegom. V številnih študijah so bile ugotovljene različne potencialne nevarnosti za kirurške paciente, ki so bili izpostavljeni kirurškemu dimu, vključno z nevarnostmi, ki so jim izpostavljeni tudi zaposleni in o katerih smo že govorili. Izpostavljeni so tudi nevarnostim kirurškega dima zaradi podaljšanja operativnega posega, saj povzroča moteno vidljivost pri kirurgih, zlasti med minimalno invazivnimi postopki, ter pooperativne zaplete, vključno z metastazami na mestu vstopa (npr. laparoskopski operativni poseg z resekcijo tumorja vključuje stik z rakavimi celicami, ki se prek kirurškega dima zanesejo na mesto vstopa), izpostavljenostjo ogljikovemu monoksidu, zvišanju ravni karboksihemoglobina in vnetju dihal (Pfleidler Enterprises, 2017a).

Naštevamo nekaj primerov nevarnosti izpostavljenosti in pooperativnimi zapletov, ki jih lahko doživijo pacienti, ki so med operativnim posegom izpostavljeni kirurškemu dimu (Pfleidler Enterprises, 2017a).

Kirurški dim je lahko tveganje tudi za paciente med laparoskopskimi operativnimi posegi. Študija na Univerzi v Minnesoti je merila ravni ogljikovega monoksida v peritonealni votlini med laparoskopskim operativnim posegom odstranitve žolčnika. Študija je pokazala, da je bil ogljikov monoksid prisoten v trebuhu pet minut po uporabi naprave za elektrokoagulacijo, kjer je bila zaznana srednja koncentraciji 345 delcev na milijon (ppm). Do konca operativnega posega se je srednja koncentracija dvignila na 475 ppm. To je presegalo zgornjo mejo 35 ppm za enourno

izpostavljenost, ki jo je določila Agencija za varstvo okolja (Hollmann, et al., 2004).

V raziskavi, ki so jo izvedli na Mercer University School of Engineering, je bila dokumentirana pojavnost kirurškega dima tudi v trebušni votlini. Ko kirurški dim nastaja v trebušni votlini, se ta absorbira skozi peritonealno membrano. Rezultat je povečanje koncentracij methemoglobina in karboksihemoglobina v pacientovem krvnem obtoku, s čimer se zmanjša nosilnost kisika eritrocitov. Potencialna nevarnost za pacienta je lažno povišana vrednost pulznega oksimetra, kar bi lahko privedlo do neprepoznane pacientove hipoksije (Hollmann, et al., 2004). Raven karboksihemoglobina je znašala od 2,8 % do 18,5 % saturacije krvi in je bila povišana tudi do 16 ur po koncu operativnega posega. Pacienti so pokazali tudi simptome, ki so v skladu z zastrupitvijo z ogljikovim monoksidom, vključno z omotico, slabostjo, glavobolom in šibkostjo (Pfleiderer Enterprises, 2017a).

Dodatno tveganje za pacienta zaradi izpostavljenosti kirurškemu dimu v trebušni votlini so metastaze na določenih organih. Teorija je bila, da če se maligno tkivo žge in aerosolizira v trebušni votlini, se lahko rakave celice vnovič razmnožujejo na drugem mestu. Študija, ki jo je naredil Fletcher s sodelavci (1999) v Kanadi, je zaključila, da se celice melanoma, ki jih med operativnim posegom odstranjujejo z napravo za elektrokoagulacijo, sprostijo v kirurški dim. Raziskovalci so ugotovili, da so celice sposobne preživetja in se lahko gojijo v kulturi. To bi lahko pojasnilo postoperativni nastanek metastaze na mestih, ki niso bila v neposrednem stiku s tumorjem (Hollmann, et al., 2004).

Analiza urina, izvedena pred in po laparoskopski odstranitvi žolčnika, je ocenjevala pacientovo izpostavljenost benzenu, toluenu, etilbenzenu in ksilenu v kirurškem dimu. Izsledki so pokazali bistveno povišane koncentracije benzena in toluena v pooperativnih vzorcih urina. Raven

benzena je bila celo trikrat višja kot pred operativnim posegom (Pfleidler Enterprises, 2017a).

Zaradi možnih pooperativnih zapletov pri okrevanju po laparoskopskih operativnih posegih, ki vključuje insuflacijo plinov, mora biti pacient v takšnem fizičnem stanju, ki omogoča sproščanje plinov. Kirurški dim dokazano nevarno vpliva na dihalni in žilni sistem pri pacientih, zato se njihovo okrevanje lahko podaljša, če ti sistemi zaradi izpostavljenosti kirurškemu dimu ne delujejo pravilno. To je bilo predstavljeno v kliničnem preizkusu, med katerim je bila uporabljena tehnologija za zmanjšanje vpliva kirurškega dima na vidljivost. Kot sekundarni rezultat so ugotovili krajšanje časa, potrebnega za operativni poseg, manj postankov med čakanjem na razpršitev kirurškega dima, manjkrat je bilo treba odstraniti in očistiti laparoskopsko kamero, potrebna je bila manjša količina uporabljenega CO2 za vpihovanje, več pacientov je poročalo o odsotnosti bolečin (Pfleidler Enterprises, 2017a).



Priporočene prakse, smernice, standardi in predpisi za varovanje pred kirurškim dimom

Ocenjuje se, da je 500 000 perioperativnih strokovnjakov vsako leto izpostavljenih laserskemu ali elektrokirurškemu dimu, kar poudarja potrebo po upoštevanju varnostnih praks, ki odstranjujejo to nevarnost, in zato podpirajo varnejša perioperativna okolja (Pfiedler Enterprises, 2017a).

Še vedno se razpravlja o nevarnostih kirurškega dima, a ker rezultati raziskav dokazujejo te nevarnosti, se uvajajo strožje smernice in priporočila. Nekatere smernice zdaj navajajo, da se »kirurški dim odstrani« (obvezno), namesto da bi rekli, da »bi morali odstraniti kirurški dim« (svetovanje). Sprememba v besedilu naredi izjavo veliko močnejšo, tako da mora veliko bolnišnic zdaj zahtevati, da se kirurški dim odstrani (Ball, n. d).

Tuje profesionalne organizacije, agencije in raziskovalne skupine so razvile smernice in izjave, ki obravnavajo nevarne vplive kirurškega dima. Ta priporočila morajo zdravstveni delavci nenehno spremljati, saj temeljijo na dokončnih raziskavah (Ball, n. d). Profesionalna perioperativna združenja tudi poudarjajo na dokazih temelječe prakse za preprečevanje izpostavljenosti kirurškemu dimu. Ta priporočila so izdala nacionalna združenja, kot je AORN, in mednarodna združenja, kot je Mednarodna zveza perioperativnih medicinskih sester (International Federation of Perioperative Nurses – IFPN, Kanada), s čimer je na globalni ravni prišlo do priznanja, da imajo posamezniki pravico biti zaščiteni pred nevarnostjo izpostavljenosti kirurškemu dimu (Pfiedler Enterprises, 2017a).

V nadaljevanju navajamo nekatera priporočila in smernice o nevarnostih kirurškega dima in ustrezni zaščiti pred njim. Prav tako je koristno navajati predpise in standarde, ki podpirajo politiko prepovedi proizvodnje kirurškega dima. V nadaljevanju so navedeni nekateri primeri priporočil in smernic o odstranitvi kirurškega dima (Ball, n. d).

Association of periOperative Registered Nurses (AORN)

Leta 2008 je Delovna skupina AORN ratificirala Izjavo AORN o kirurškem dimu in bioaerosolih. Ta uradna izjava določa nevarnosti kirurškega dima in bioaerosolov ter poudarja potrebo po ustreznih metodah odstranjevanja kirurškega dima in zaščiti. V izjavi je poudarjena tudi potreba po izobraževanju perioperativnega osebja o tej nevarnosti in praksah, potrebnih za zaščito kirurške ekipe (Ball, n. d).

- **Priporočilo I**

Zdravstvena ustanova mora zagotoviti okolje brez kirurškega dima.

- **Priporočilo II**

Operacijska ekipa mora odstraniti ves kirurški dim.

- **Priporočilo III**

Članom operacijske ekipe mora biti zagotovljeno ustrezno začetno in nadaljevalno usposabljanje ter stalno preverjanje njihove usposobljenosti za ravnanje s kirurškim dimom.

- **Priporočilo IV**

Treba je razviti smernice in priporočila za varnost pred kirurškim

dimom, jih redno pregledovati in po potrebi revidirati, biti na voljo v okoljih, v katerih se uporabljajo.

- **Priporočilo V**

Operacijsko osebje mora sodelovati v različnih dejavnostih za zagotavljanje kakovosti in učinkovitosti, ki so skladne z načrtom zdravstvene ustanove za izboljšanje razumevanja in skladnosti z načeli in postopki zaščite pred kirurškim dimom (AORN, 2018).

Kot je razvidno iz priporočil, smernice AORN razpravljajo o dokazih, ki podpirajo potrebo po odstranjevanju kirurškega dima, pa tudi o parametrih za varno in učinkovito uporabo odstranjevanja kirurškega dima. Na primer, tehnologija za odstranitev kirurškega dima med obratovanjem ne bi smela presegati ravni hrupa 60 dBA, pri čemer se zagotovi nemotena komunikacija med člani operacijske ekipe, kot je opisano v smernicah (Pfiedler Enterprises, 2017a).

Uprava za varnost in zdravje pri delu (Occupational Safety and Health Administration – OSHA)

Splošna delovna klavzula je pravna zahteva, ki določa, da vsak delodajalec:

1. zagotavlja vsakemu zaposlenemu delovno mesto, varno pred prepoznanimi nevarnostmi, ki povzročajo ali bi lahko povzročili smrt ali hudo telesno poškodbo;
2. spoštuje in deluje v skladu s standardi varnosti in zdravja pri delu, razglašeni s tem zakonom.

3. OSHA ima tudi Predpis o osebni zaščitni opremi in respiratorni zaščiti, ki je primeren za področje zaščite pred kirurškim dimom (Pfiedler Enterprises, 2017b).

Nacionalni inštitut za varnost in zdravje pri delu (The National Institute for Occupational Safety and Health – NIOSH)

Raziskovalna agencija, ki je del ameriškega Centra za nadzor in preprečevanje bolezni, zagovarja odstranitev kirurškega dima, s katerim se zmanjša tveganje za morebitne akutne in kronične nevarnosti za zdravje, ki vplivajo na zdravstveno osebje in paciente, ki so izpostavljeni kirurškemu dimu (Pfiedler Enterprises, 2017a).

V svojem dokumentu o nadzoru nevarnosti HC11 navaja: »Objekti morajo vključevati kombinacijo splošnih zahtev prostora in lokalnega izpušnega prezračevanja (LEV). Odvod odstranjevalca oziroma šoba sesalne cevi za odvod kirurškega dima mora biti v razdalji 2 cm od kirurškega mesta, da lahko učinkovito zajame nevarne delce v zraku, ki jih povzročajo kirurški pripomočki (Pfiedler Enterprises, 2017b)«.

Ameriški nacionalni inštitut za varnost (American National Standards Institute – ANSI) Z136.3

- Varna uporaba laserjev v zdravstvenih ustanovah
- Primarni ukrep za nadzorovanje z laserjem povzročenih zračnih onesnaževalcev (LGAC) je lokalno-izpušno prezračevalni sistem (Pfiedler Enterprises, 2017b).

Kanadsko združenje standardov (Canadian Standards Association – CSA) Z305.13-13

- Odstranjevanje kirurškega dima v kirurških, diagnostičnih, terapevtskih in estetskih okoljih.
- 4.1.1 – Kirurški dim mora biti odvajan v skladu s tem standardom (IAW).
- 4.1.2 – Če ustanova uporablja naprave, ki ustvarjajo kirurški dim, morajo imeti politiko, ki obravnava morebitne nevarnosti (Pfiedler Enterprises, 2017b).

The Joint Commission ES 02.02.0112

Zdravstvene ustanove morajo opredeliti in obvladovati tveganja, povezana z nevarnimi snovmi in odpadki, kot so nevarni plini in hlapi, vključno z:

- glutaraldehidom,
- etilenoksidom,
- tekočinami, ki nastajajo pri uporabi naprave za
- elektrokoagulacijo in laserjev,
- plini, kot je dušikov oksid (Pfiedler Enterprises, 2017b).

Mednarodna zveza perioperativnih medicinskih sester (International Federation of Perioperative Nurses – IFPN)

Smernica o tveganjih, nevarnostih in obvladovanju kirurškega dima (Pfiedler Enterprises, 2017b).

Mednarodna komisija za elektrotehniko (International Electrotechnical Commission – IEC) – TR 60825-814

Smernice za varno uporabo laserskih žarkov na ljudeh (Pfiedler Enterprises, 2017b).

Mednarodna organizacija za standardizacijo (International Organization of Standardization – ISO) – 1657115

Sistemi za odstranjevanje plinov, ki jih ustvarjajo medicinski pripomočki (Pfiedler Enterprises, 2017b).

Mednarodni svet za kirurški dim (International Council on Surgical Plume – ICSP)

Neprofitna klinična zagovorniška organizacija, zavezana, da s pomočjo izobraževanja in klinične pomoči s programskim vodenjem, raziskavami in podporo za razvoj standardov in zakonodaje stremi k odpravi kirurškega dima (Pfiedler Enterprises, 2017b).

Evropska direktiva 2000/54/ES

V Evropi imamo direktivo Evropskega parlamenta in Sveta 2000/54/ES, ki je stopila v veljavo 6. novembra 2000 in govori o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti biološkim dejavnikom pri delu. Direktiva varuje zdravje in varnost delavcev, ki so med opravljanjem dela izpostavljeni biološkim dejavnikom (npr. mikroorganizmom ali celičnim kulturam). Biološki dejavniki so razporejeni v štiri rizične skupine glede na vključeno tveganje okužbe (European Agency for Safety and Health at Work, 2000):

- skupina 1 vključuje dejavnike, ki po vsej verjetnosti ne morejo povzročiti bolezni pri ljudeh,
- skupina 2 se nanaša na dejavnike, ki lahko povzročijo bolezen pri ljudeh, vendar ni verjetno, da bi se razširili v okolico, in je zanje na voljo učinkovito zdravljenje,
- skupina 3 vključuje dejavnike, ki lahko povzročijo bolezen pri ljudeh in se razširijo v okolico, vendar je mogoče njihovo preprečevanje ali zdravljenje,

- skupina 4 se nanaša na dejavnike, ki lahko povzročijo hudo bolezen pri ljudeh. Ti dejavniki predstavljajo veliko tveganje za skupnost in zanje ni učinkovitega zdravljenja.

Ocene tveganja je treba opraviti za vse strokovne dejavnosti, ki bi lahko izpostavile delavce biološkimi dejavniki. Narava, stopnja in trajanje izpostavljenosti se določajo zaradi načrtovanja preventivnih ukrepov. Delodajalec mora sodelovati pri rednih ocenah tveganja. Če dejavnost to omogoča, mora delodajalec škodljive dejavnike nadomestiti z dejavniki, ki niso škodljivi ali so manj škodljivi, in pri tem upoštevati pogoje za njihovo uporabo in raven znanstvenega vedenja o njih.

Poleg tega mora delodajalec, če obstaja tveganje za varnost ali zdravje delavcev, zagotoviti, da se to tveganje zmanjša na dovolj nizko raven. Delodajalec lahko:

- omeji število izpostavljenih delavcev na minimum,
- s tehničnimi postopki nadzira sproščanje dejavnikov v delovni prostor,
- organizira kolektivne in/ali individualne varnostne ukrepe,
- s higienskimi ukrepi prepreči ali zmanjša nenadzirano sproščanje zunaj delovnega mesta,
- namesti opozorilne znake o tveganju,
- pripravi načrte za ravnanje v nesrečah,
- zagotovi zbiranje, shranjevanje in odlaganje odpadkov,
- uredi pogoje za varno ravnanje z biološkimi dejavniki in njihov prevoz.

Delodajalec je dolžan voditi seznam delavcev, ki so izpostavljeni dejavniki iz skupine 3 in/ali skupine 4. V nekaterih primerih je treba ta seznam voditi do 40 let. Poleg tega mora delodajalec obvestiti pristojen nacionalni organ o prvi uporabi bioloških dejavnikov iz

skupine 2, skupine 3 ali skupine 4.

Nazadnje mora delodajalec zagotoviti, da so delavci in/ali njihovi predstavniki dovolj informirani in usposobljeni glede:

- možnih zdravstvenih tveganj,
- varnostnih ukrepov, potrebnih za preprečevanje izpostavljenosti,
- higienskih pravil,
- uporabe varovalne opreme in oblačil,
- ukrepov, ki jih je treba sprejeti ob izrednih dogodkih.

V primeru nesreče ali izrednega dogodka mora delodajalec čim prej obvestiti delavce in/ali njihove predstavnike o vzrokih, tveganjih in ukrepih, ki jih je treba sprejeti.

Evropska direktiva 2000/54/ES narekuje, da morajo države EU vzpostaviti ureditve za izvajanje zdravstvenega nadzora delavcev pred izpostavljenostjo biološkimi dejavniki in po njej (European Agency for Safety and Health at Work, 2000).

Skandinavske države

Smernice v skandinavskih državah so trenutno najbolj predpisujoče glede odstranjevanja kirurškega dima.

V dokumentu je zapisano:

»Primerjave med laserskim dimom in dimom, ki ga ustvarjajo naprave za elektrokoagulacijo, kažejo, da lahko kirurški dim vsebuje nevarne snovi, zato je treba sprejeti ukrepe za odpravo takega dima« (Pfiedler Enterprises, 2016).

Velika Britanija

Britansko poklicno združenje za higieno (The British Occupational Hygiene Society – BOHS) je pripravilo navodila za kirurški dim, ki jih uporabljajo upravljavci nacionalne zdravstvene službe. Dokument priznava škodljive učinke vsebine kirurškega dima in priporoča, da se za odstranitev in filtriranje dima uporabi lokalno izpušno prezračevanje (LEV) (Pfiedler Enterprises, 2016).

Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti rakotvornim ali mutagenim snovem

Neuradno prečiščeno besedilo Pravilnika o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti rakotvornim ali mutagenim snovem obsega (Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti rakotvornim ali mutagenim snovem, 2015):

- Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti rakotvornim ali mutagenim snovem (Uradni list RS, št. 101/05 z dne 11. 11. 2005).
- Pravilnik o spremembah in dopolnitvah Pravilnika o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti rakotvornim ali mutagenim snovem (Uradni list RS, št. 38/15 z dne 4. 6. 2015).
- Ta pravilnik določa minimalne zahteve za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti rakotvornim ali mutagenim snovem ter zavezujoče mejne vrednosti za poklicno izpostavljenost v skladu z Direktivo 2004/37/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 29. aprila 2004 o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti rakotvornim ali mutagenim snovem pri delu (šesta posebna direktiva v skladu s členom 16(1) Direktive Sveta 89/391/EGS) (kodificirana različica) (UL L št. 158 z dne 30. 4. 2004, str. 35) zadnjič spremenjeno z Direktivo 2014/27/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 26. februarja 2014 o spremembi direktiv Sveta 92/58/EGS, 92/85/EGS, 94/33/ES, 98/24/ES ter Direktive 2004/37/ES Evropskega parlamenta in Sveta z namenom prilagoditve Uredbi (ES) št. 1272/2008 o razvrščanju, označevanju in pakiranju snovi ter zmesi (UL L št. 65 z dne 5. 3. 2014, str. 1) (Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi

izpostavljenosti rakotvornim ali mutagenim snovem, 2015).

- Priloge, ki so sestavni del tega pravilnika, so (Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti rakotvornim ali mutagenim snovem, 2015):
 - a) **Priloga I:** Seznam rakotvornih ali mutagenih snovi, pripravkov in procesov;
 - b) **Priloga II:** Praktična priporočila za izvajanje zdravstvenega nadzora delavcev;
 - c) **Priloga III:** Mejne vrednosti za poklicno izpostavljenost;
 - d) **Priloga IV:** Obvestilo o uporabi rakotvornih ali mutagenih snovi.

Zakon o varnosti in zdravju pri delu (ZVZD-1) (Ur. l. RS, št. 43/11)

- S tem zakonom se določajo pravice in dolžnosti delodajalcev in delavcev v zvezi z varnim in zdravim delom ter ukrepi za zagotavljanje varnosti in zdravja pri delu.
- Ta zakon določa tudi organe, pristojne za varnost in zdravje pri delu.
- Izvršilne predpise s področja varnosti in zdravja pri delu izdaja minister, pristojen za delo, in minister, na katerega pristojnost se izvršilni predpis nanaša.
- Podrobnejše varnostne ukrepe določi delodajalec v skladu s tem zakonom in drugimi predpisi (Zakon o varnosti in zdravju pri delu, 2011).

Zaščita pred kirurškim dimom

Kaj lahko storimo, da se zaščitimo pred možnimi nevarnostmi vdihavanja kirurškega dima? Uporabiti moramo razpoložljiva orodja in znanje, da zmanjšamo izpostavljenost kirurškemu dimu. Postanimo strokovnjaki za zmanjševanje poklicne nevarnosti izpostavljenosti kirurškemu dimu. V nadaljevanju so predstavljeni možni načini zaščite pred kirurškim dimom.

Prezračevanje v operacijskih prostorih

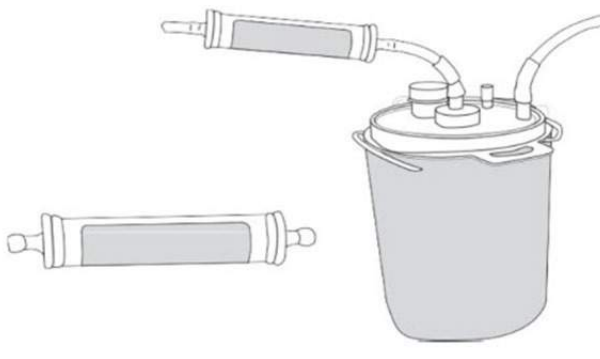
Zrak je neoporečen, kadar je v 1 m³ manj kot 100 Colony-forming unit (CFU) in ga klimatska naprava zamenja 20-krat na uro (Hunter Sword, 1996). V operacijski dvorani mora biti tlak višji kot v okoliških prostorih in med operativnim posegom morajo biti vrata zaprta, v njej pa samo za ta poseg potrebno osebje (Trotovšek, 2010). Pomembna je tudi usmerjenost zračnih tokov nad operativnim poljem. Svež in ustrezno filtriran zrak mora prihajati od zgoraj, odsesavanje iz prostora pa mora biti pri tleh. Pomembno je, da je tok zraka nad operativnim poljem laminaren in da ne nastajajo turbulence, ki bi lahko bile vir vnosa škodljivih agensov v operativno polje (Janša & Metelko Janša, 2015). Prav tako je pomembno zagotoviti, da se filtri za prezračevalni sistem v operacijski dvorani vzdržujejo in menjajo, kot priporoča proizvajalec. Umazani filtri za zrak bodo tako ovirali prostorske izmenjevalce zraka (Pfiedler Enterprises, 2016). Če v operacijskih prostorih ni ustreznega prezračevanja, ta ne omogoča zadostne odstranitve nastalega kirurškega dima.

Kirurška maska

Namen kirurške maske je zavarovati paciente pred okužbo članov kirurške ekipe. Potrebna pa je tudi zaščita zdravstvenih delavcev pred aerosoli, ki se sproščajo v ozračje pri proizvodnji kirurškega dima. Kirurške maske po navadi filtrirajo delce do velikosti približno 5 μm . Visoke filtrirne maske imajo filtrirno zmogljivost delcev v velikosti od 0,3 do 0,1 μm . Približno 77 % delcev v dimu je velikih 1,1 μm in manj. Virusni delci so lahko manjši od 0,1 μm . Bolezni, ki se prenašajo z aerosoli, zahtevajo respiratorno masko FFP3. Kirurške maske ne tesnijo na obrazu in jih je treba nositi čvrsto in pogosto menjavati. Kirurške maske ne bi smele biti edina zaščita pred kirurškim dimom (Pfiedler Enterprises, 2016).

Stenski aspirator

Priljubljen način odstranjevanja kirurškega dima, ne pa tudi učinkovit, je sesanje kirurškega dima s pomočjo stenskega aspiratorja, ki se praviloma uporablja za sesanje tekočin med operativnim posegom (Pfiedler Enterprises, 2016). Pomembno je poudariti, da to ni primerno za zajemanje plinov in hlapov, ki jih proizvajajo energetske naprave (Pfiedler Enterprises, 2017a). Če se uporablja stenski aspirator, je potrebna tudi uporaba linijskih (in-line) filtrov (Slika 3). Če se linijskih filtrov ne uporablja, lahko delci kirurškega dima okvarijo sesalni vod, kar pomeni, da ni zadovoljive zaščite pred kirurškim dimom. Linijske filtre je treba uporabljati v skladu z navodili proizvajalca. Prekomerno uporabljen filter ne zagotavlja zaščite. Odlaganje linijskih filtrov po uporabi mora biti v skladu s standardnimi previdnostnimi ukrepi (Pfiedler Enterprises, 2016).



*Slika 3: Zbiralnik stenskega aspiratorja z linijskim filtrom
(vir: Pfiedler Enterprises, 2016).*

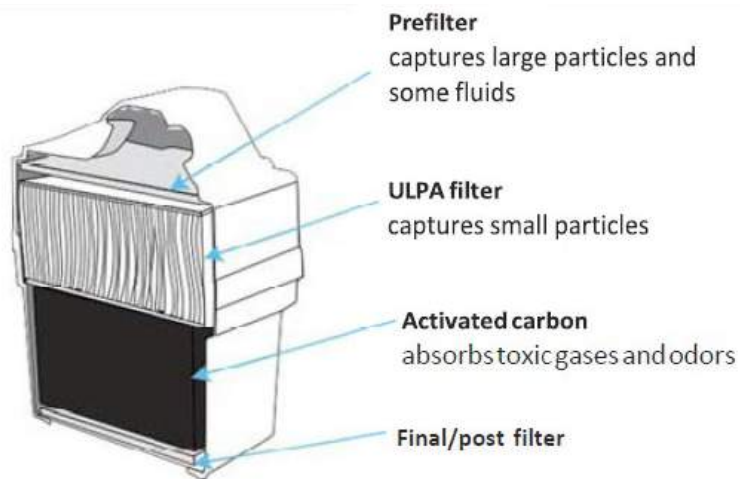
Prenosni sistem za odstranitev kirurškega dima

Prenosni sistemi za odstranitev kirurškega dima so trenutno najbolj vsestranska izbira za operacijske prostore (Slika 4). Najučinkovitejši sistem za odvajanje kirurškega dima je sistem trojnega filtra, ki je opremljen s filtrom ULPA (ultra-low penetration air). Filtri ULPA so sestavljeni iz materialov, ki lahko s stopnjo učinkovitosti 99,9999 % zajamejo delce velikosti 0,12 mikronov in večje. Pri tej učinkovitosti se le en delec od milijona delcev ne bo ujel v filter. Učinkovit prenosni sistem za odstranitev kirurškega dima naj bi imel štiristopenjski filtrirni sistem, ki ga sestavljajo: predfilter, ULPA-filter, karbonski filter in postfilter (Slika 5). Predfilter zajema velike delce. Filter ULPA je druga stopnja filtra in zajema manjše delce kirurškega dima. Končni filter je sestavljen iz posebnega oglja, ki zajema toksične kemikalije, ki jih najdemo v kirurškem dimu. Štiristopenjski filtrirni sistemi imajo po navadi spremenljivo sesalno zmogljivost, ki ustreza različnim ravnom proizvodnje kirurškega dima. Učinkovit prenosni sistem za odvajanje kirurškega dima mora imeti najmanjši pretok zraka vsaj $60 \text{ m}^3/\text{uro}$, da lahko zajame nastali

kirurški dim. Priporočilo je, da mora biti naprava za odstranitev kirurškega dima v območju 2 cm od točke nastanka kirurškega dima (Pfieler Enterprises, 2016).



Slika 4. Prenosni sistem za odstranjevanje kirurškega dima in držalo v obliki svinčnika s cevjo za odstranitev kirurškega dima (vir: CIMPAX, n. d.).



Slika 5: Štiristopenjski filtrirni sistem (vir: Pfiedler Enterprises, 2016).

Odsesavanje je lahko učinkovit način preprečevanja nevarnih posledic kirurškega dima, pomembna so tudi osebna varovalna sredstva

Značilnosti idealnega sistema za odstranjevanje kirurškega dima

Kot je razvidno iz zakonskih zahtev, priporočil in smernic tujih strokovnih združenj o ravnanju s kirurškim dimom, morajo sistemi za odstranjevanje kirurškega dima izpolnjevati določena merila in vsebovati specifične komponente. Ključni elementi idealnega sistema za odstranitev kirurškega dima vključujejo (Pfiedler Enterprises, 2017a):

Hitrost odvajanja

Hitrost zajemanja šob je ključen dejavnik učinkovitega sistema za odstranitev kirurškega dima, saj je treba delce v kirurškem dimu ujeti z največjo učinkovitostjo. Dobra ciljna hitrost zajema delce s hitrostjo 0,51–0,76 m/s na vstopni šobi, pri čemer se zagotovi, da ustrezen pretok zraka spremlja enako ustrezna količina sesanja. Ta kombinacija potegne zrak skozi ozko odprtino evakuacijske cevi pri visoki hitrosti. Zrak se nato vrti in tvori vrtinec (princip Venturija). Brez kombinacije ustreznega sesalnega in zračnega tlaka se delci kirurškega dima, ki so bili odstranjeni iz kirurškega mesta, npr. z uporabo vakuumskega aspiratorja, sproščajo v vseh smereh. Zadosten zračni vrtinec zagotavlja popolnejše zajetje delcev (Pfiedler Enterprises, 2017a). Učinkovit odzračevalni/sesalni sistem zajema dim s hitrostjo do 22 l/min (Pfiedler Enterprises, 2016).

Optimalna filtracija

Znano je, da je filter ULPA z vgrajeno fluidno pastjo ugoden za zagotovitev učinkovite filtracije najmanjših delcev (<0,07 μm do 0,1 μm), kot so tisti, ki se sproščajo iz naprav za elektrokoagulacijo. Upoštevati je treba tudi vrsto oglja, ki se uporablja v filtru. Filtri z aktivnim ogljem iz kokosove lupine

lahko zajamejo najmanjše delce kirurškega dima pa tudi njegov izrazito neprijeten vonj. Prav tako je koristen sistem opozarjanja, ki zaposlene obvesti, ko filter ULPA ne zajame 100 % kirurškega dima in ga je treba zamenjati (Pfiedler Enterprises, 2017a).

Nadzor hrupa

Parametri hrupa sistema za odstranitev kirurškega dima so pomembni za zagotovitev, da hrup ne ovira komunikacije kirurške ekipe med operativnim posegom. Ta raven hrupa mora biti 60 dB oziroma manj kot 73 dB. Upoštevati je treba mehanske elemente sistema za odstranitev kirurškega dima, ki lahko vplivajo na hrup med obratovanjem. Na primer, brezkrtačni motor v sistemski črpalki bistveno zmanjša hrup (Pfiedler Enterprises, 2017a).

Učinkovitost

Enostavnost uporabe je pomemben dejavnik pri idealnem sistemu odstranjevanja kirurškega dima. Sistem mora biti enostaven za premikanje in postavitve v operacijsko okolje. Delovanje enote za odstranitev kirurškega dima mora biti učinkovit tako za zmogljivost filtriranja kot tudi za sesalno moč. Drugi dejavniki, ki jih je treba upoštevati, so: zagotovitev preprostega delovanja ročnika, šobe in drugi dodatki, ki so preprosti za preklon oziroma zamenjavo in ne zahtevajo težav pri spreminjanju, na voljo so možnosti za prilagoditev dolžine rezila za posebne operativne posege (Pfiedler Enterprises, 2017a).

Stalna zmogljivost

Kot pri vsakem nakupu opreme je treba upoštevati dolgoročno učinkovitost sistema za odstranitev kirurškega dima. Vprašanja o pričakovani življenjski dobi izdelka, potrebnih pogodbah o vzdrževanju ter o tem, kako je sistem narejen, je treba naslavljati na proizvajalca, in to upoštevati kot del izbire izdelkov (Pfiedler Enterprises, 2017a).

AORN poudarja, da če med operativnim posegom vonjate kirurški dim, to pomeni, da ga ne odstranjujete ustrezno.

Sistem za odstranjevanje kirurškega dima je vakuumska črpalka z več filtri, ki so namenjeni za odstranjevanje kirurškega dima in aerosola z operativnega mesta. Sistem v glavnem izloči vse onesnaževalce in vrne filtriran zrak v operacijsko dvorano. Glavne sestavine sistema za odstranjevanje kirurškega dima, primerne za zdravstveno ustanovo, so:

- filtrirni sistem, ki zaustavlja delce dima in dovoljuje vračanje filtriranega zraka v operacijski prostor;
- vakuumski vir, ki sesa zrak v šobo v cev in naprej v filter;
- cev za enkratno uporabo in dodatki, ki povezujejo enoto s kirurškim mestom;
- elektronska nadzorna plošča, ki nadzoruje delovanje enot, odpravlja motnje z drugimi napravami in olajša vzdrževalne funkcije;
- aktivacijska naprava (International Social Security Association, n. d.).

Odstranjevalec kirurškega dima mora biti enostaven za uporabo in tih. Za aktiviranje sistema, ki vklopi in izklopi enoto, lahko uporabimo nožno stopalko, samodejno prek senzorja ali ročno prek enote, v kateri je filter. Odstranjevalec kirurškega dima mora biti enostaven za dostop in prenos, kadar ga je treba premikati iz ene operacijske dvorane v drugo. Na odstranjevalcu kirurškega dima mora biti oznaka (npr. svetlobni ali zvočni alarm), ki obvesti zdravstvenega delavca, ko je čas zamenjati filter. Pri menjavi filtrov je treba posebno pozornost posvetiti odstranjevanju teh, saj lahko vsebujejo biološko aktivne celice ali celične delce. Pri menjavi filtra je treba nositi rokavice, ker onesnažen filter predstavlja poklicno nevarnost za zdravstvene delavce, zato jih je treba odlagati med infektivne odpadke (Janša & Metelko Janša, 2015).

Odstranjevalci kirurškega dima so poleg lokalnega izpušno-prezračevalnega sistema edina možna učinkovita zaščita pred kirurškim dimom.

Strategije za izboljšanje izvajanja programa odstranjevanja kirurškega dima

Čeprav so nevarnosti kirurškega dima že dolgo dokumentirane, skladnost z učinkovitostjo in standardizacijo odstranjevanja kirurškega dima še vedno ne poteka dosledno v vseh operacijskih okoljih, kjer se ustvari kirurški dim. Prvi korak pri razvoju in uresničitvi programa za odstranjevanje kirurškega dima je ozavestiti zaposlene, da je prednostna naloga varovati zaposlene in paciente pred nevarnimi vplivi kirurškega dima.

Izvajanje postopkov z dosledno uporabo varnostnih metod odstranjevanja kirurškega dima in podpornih ukrepov lahko ustvari varnejše delovno okolje in zmanjša izpostavljenost kirurškemu dimu. Ti ukrepi in postopki morajo obravnavati varnost pacientov in zaposlenih na delovnem mestu ter ocenjevanje kakovosti in izboljšanje zmogljivosti za odpravljanje nevarnih vplivov kirurškega dima. Te standardizirane prakse, opisane v tujih priporočilih in smernicah, lahko zagotavljajo tudi časovni načrt za vzdrževanje in nenehno izboljševanje postopkov varovanja pred kirurškim dimom (Pfiedler Enterprises, 2017a).

Izbira izdelkov za odstranjevanje kirurškega dima za uporabo v operacijskem okolju mora temeljiti na multidisciplinarnem sodelovanju, kar vključuje kirurge, operacijske medicinske sestre, anesteziologe, medicinske sestre pri anesteziji, druge zdravstvene sodelavce in vodstvo. Soglasje celotne kirurške ekipe pred začetkom programa je pomembno in bo pomagalo pri zagotavljanju uspeha. Drugi strokovnjaki zdravstvenega varstva, ki lahko igrajo pomembno vlogo v procesu odločanja v timu, vključujejo: osebje, ki se ukvarja s preprečevanjem okužb, inženirje s področja biomedicine in strokovnjake s področja ogrevanja, prezračevanja in klimatizacije (Heating, Ventilation and Air Conditioning – HVAC) sistema ter strokovnjake za upravljanje z materiali. Vključevanje teh strokovnjakov v izbiro izdelkov daje tem strokovnjakom možnost, da svoje znanje delijo, ko gre za odločanje o izbiri najboljšega načina odstranjevanja kirurškega dima. Operacijska medicinska sestra ima temeljno vlogo pri zagotavljanju praktičnega vpogleda in strokovnega znanja v zvezi z uporabo in upravljanjem kirurških izdelkov, vključno s kirurškimi napravami za odstranitev kirurškega dima. Zato so operacijske medicinske sestre poklicno odgovorne, da razmislijo o dejavnikih, povezanih z varnostjo, vplivom na okolje ter stroškom pri načrtovanju, zagotavljanju in ocenjevanju oskrbe pacientov (Pfiedler Enterprises, 2017a).

Posebni vidiki, ki se jih mora upoštevati pri ugotavljanju izpostavljenosti kirurškemu dimu, vključujejo (Pfiedler Enterprises, 2017a):

- sistematizacija delovnih mest, ki ogrožajo zaposlene, in ocena tveganja za zaposlene glede izpostavljenosti kirurškemu dimu,
- vrsta uporabljenih naprav za proizvodnjo energije,
- število operativnih posegov, pri katerih nastaja kirurški dim,
- število operacijskih dvoran, ki potrebujejo odstranjevalce kirurškega dima,
- odstotek kirurških posegov, pri katerih se kirurški dim ne odvaja, število razpoložljivih odstranjevalcev kirurškega dima,

- uporaba naprav za odstranjevanje kirurškega dima, kot so cev za odstranitev kirurškega dima, filtri za odvod dima, in-line filtri in laparoskopski filtri.

Izvajanje priporočil in smernic, ki zagotavljajo dosledno uporabo metod odstranjevanja kirurškega dima in podpornih ukrepov, ustvari varnejše delovno okolje, ki zmanjšuje nevarne vplive kirurškega dima.

Priporočila in smernice morajo obravnavati več področij: varnost pacientov, varno delovno okolje za zaposlene, ocenjevanje kakovosti in dejavnosti za izboljšanje učinkovitosti. Standardizirane prakse, opisane v tujih priporočilih in postopkih, lahko zagotavljajo tudi časovni načrt za vzdrževanje in nenehno izboljševanje postopkov odstranjevanja nevarnih vplivov kirurškega dima. Zaposleni, ki delujejo kot multidisciplinarni tim, morajo zato sodelovati pri oblikovanju priporočil in smernic za odstranjevanje kirurškega dima, pri tem pa bi morali razmisliti o vključitvi priporočil in postopkov v delovna okolja.

Pri načrtovanju operacijske zdravstvene nege pacienta mora operacijska medicinska sestra določiti tudi, ali bo med operativnim posegom nastal kirurški dim. Načrtovanje postopka vključuje zagotovitev, da so ustrezne naprave za odstranitev kirurškega dima na voljo, v dobrem stanju in se med postopkom pravilno uporabljajo.

Povzetek

Nevarni vplivi kirurškega dima so dokumentirani že dolgo časa. Prednosti uporabe sistema za odstranjevanje kirurškega dima so jasno opredeljene in opisane v varnostnih navodilih tujih regulativnih agencij in poklicnih združenj. Z namestitvijo idealnega sistema za odstranjevanje kirurškega dima ter izvajanjem ukrepov in postopkov za varnost pred dimom, preverjanjem kompetenc zaposlenih in aktivnosti glede skladnosti, ki jih oblikuje in preverja multidisciplinarna skupina strokovnjakov, je mogoče paciente in zaposlene zaščititi pred nevarnimi vplivi kirurškega dima (Pfiedler Enterprises, 2017a).

Izobraževanje in kompetence

Zdravstvene organizacije bi morale zagotoviti začetno in stalno izobraževanje, da bi zaposleni jasno razumeli nevarnosti, povezane z izpostavljenostjo kirurškemu dimu, in prikazale ustrezne ukrepe, ki jih je mogoče sprejeti za ublažitev teh nevarnosti. Začetno izobraževanje o nevarnostih kirurškega dima bi moralo obravnavati tveganja tako za paciente kot zaposlene, ki bi razumeli specifične nevarnosti, ki predstavljajo tveganje, vključno s kemičnimi, rakotvornimi, mutageni, citotoksičnimi, virusnimi in bakterijskimi nevarnostmi (Pfiedler Enterprises, 2017a).

Preverjanje kompetentnosti zaposlenih se izvaja s preverjanjem in dokumentiranjem znanja o nevarnostih kirurškega dima, metodah odstranjevanja, ustrezni uporabi opreme in odstranjevanju uporabljenih cevi in filtrov.

Zaposleni morajo upoštevati:

- opredelitev kirurškega dima in kritičnih dejavnikov za upravljanje kirurškega dima za vse operativne posege, pri katerih nastaja kirurški dim,
- ugotovljene vire kirurškega dima,
- učinek prenosa velikosti delcev glede na velikost operacijske dvorane,
- učinke na zdravje zaradi izpostavljenosti kirurškemu dimu,
- sisteme za odstranjevanje kirurškega dima in zaloge, ki so potrebne v skladu s postopkom,
- testiranje, povezovanje, uporabo in pravilno odstranjevanje opreme za odstranjevanje kirurškega dima za enkratno uporabo,
- pregledovanje politik in postopkov za odstranjevanje kirurškega dima in
- sodelovanje v programih za izboljšanje kakovosti, povezanih z varnostjo pred kirurškim dimom (Pfiedler Enterprises, 2017a).

Pri oblikovanju smernic je treba upoštevati, da zdravstveni delavci v večini primerov nimajo zadostnega znanja o nevarnostih kirurškega dima in ustreznem načinu odstranjevanja, kar so dokazale tudi opravljene ankete. Pred uvedbo novih sistemov za odstranjevanje kirurškega dima in dodatkov je treba upoštevati dejavnosti stalnega izobraževanja in preverjanja usposobljenosti, ki bodo podpirale varne prakse (Pfiedler Enterprises, 2017a).



Spremljanje skladnosti

Za podporo zdravstvenim delavcem pri dosledni in natančni uporabi odstranjevalcev kirurškega dima in drugih dejavnosti za varovanje pred kirurškim dimom morajo zdravstvene organizacije obravnavati ovire, ki lahko ovirajo varno delo zaradi nastanka kirurškega dima. Nekatere od teh ovir lahko vključujejo: pomanjkanje dostopa do sistema za odstranitev kirurškega dima in pripomočkov, zavrnitev kirurga pri uporabi sistema odstranjevanja kirurškega dima, hrupna in/ali okorna tehnologija odstranjevanja kirurškega dima ter primanjkljaji v kompetencah za varovanje pred kirurškim dimom (Pfiedler Enterprises, 2017a).

Programi za zagotavljanje kakovosti in izboljšanje učinkovitosti so lahko koristni pri izvajanju, ocenjevanju in izboljševanju ukrepov za zaščito pred kirurškim dimom. To delo lahko privede do podatkov, ki določajo področja za izboljšave, in področja, na katerih je mogoče izboljšati skladnost. Posebni indikatorji skladnosti, ki jih je treba upoštevati, vključujejo:

- kirurški dim se pravilno in dosledno odstranjuje pri vseh operativnih posegih;
- naprava za odstranitev kirurškega dima je nameščena čim bližje napravi za ustvarjanje kirurškega dima;
- za odstranitev tekočine se uporablja dodatna standardna sesalna naprava;
- sistemi za odstranjevanje kirurškega dima in dodatki se uporabljajo v skladu z navodili proizvajalca za uporabo;
- zaposleni sledijo smernicam in priporočilom za odstranjevanje kirurškega dima (Pfiedler Enterprises, 2017a).

Zaključek

Na podlagi pregleda mednarodnih priporočil in smernic Sekcija medicinskih sester in zdravstvenih tehnikov v operativni dejavnosti priporoča, da bolnišnice razvijejo smernice za odstranjevanje kirurškega dima. Pri tem se sklicujemo na smernice in priporočila AORN, ki navajajo dokaze o nevarnostih kirurškega dima za paciente in zaposlene ter razpravljajo o metodah in parametrih za varno in učinkovito odstranitev kirurškega dima med odprtimi in laparoskopskimi operativnimi posegi. Naprava za odstranjevanje kirurškega dima mora biti nameščena čim bliže izvoru kirurškega dima, sistem za odstranjevanje kirurškega dima pa v skladu s pisnimi navodili proizvajalca za uporabo. V smernicah je opisano, da med obratovanjem tehnologija za odvajanje kirurškega dima ne bi smela presegati ravni hrupa 60 dB, da je komunikacija med člani ekipe nemotena. Uporabljene filtre za odstranjevanje kirurškega dima, cevke in ostale dele je treba obravnavati kot kužne odpadke in jih ustrezno odstraniti.

Mednarodna združenja prav tako nudijo smernice za optimalno odstranitev kirurškega dima v operacijskih okoljih. Na primer, Smernice o tveganjih, nevarnostih in obvladovanju kirurškega dima iz leta 2015, ki jih je izdala The International Federation of Perioperative Nurses (IFPN), priporočajo uporabo posebnih sistemov za odstranitev kirurškega dima, da se zmanjša tveganje nastanka kirurškega dima v operacijskem okolju. Nekatera priporočila v smernicah IFPN se osredotočajo na ustrezno filtracijo z ULPA-filtri, s katerimi se zagotovi 99,999-odstotna uspešnost filtracije tudi najmanjših (0,12 μm) delcev, ki so v kirurškem dimu. Smernice prav tako obravnavajo pomen pravilnega nameščanja naprave za odstranitev kirurškega dima in ustrezno

moč sesanja za zagotovitev njegove učinkovite odstranitve. Standard Avstralskega združenja operacijskih medicinskih sester (Australian College of Perioperative Nurses – ACORN) o kirurškem dimu obravnava kirurški dim kot nevarnost za zdravje in varnost na delovnem mestu, ki jo je mogoče ublažiti z metodami, ki so primerne za postopke in instrumente, ki so v teh postopkih uporabljeni. ACORN priporoča, da se sistemi za odstranitev kirurškega dima, ki uporabljajo ULPA-filtri, uporabljajo s katero koli napravo za proizvodnjo energije in da se sprejmejo ustrezni ukrepi za odstranjevanje pripomočkov in sredstev za odstranjevanje kirurškega dima, kot so uporabljene cevi in filtri, v skladu s standardnimi varnostnimi postopki, ki se nanašajo na ravnanje z infektivnimi odpadki. Med drugimi mednarodnimi združenji, ki nudijo navodila o odstranjevanju kirurškega dima, je tudi kanadsko Združenje medicinskih sester (Operating Room Nurses Association of Canada – ORNAC) (Pfiedler Enterprises, 2017a).

Na osnovi evropske direktive 2000/54/EC in priporočil mednarodnih združenj Sekcija medicinskih sester in zdravstvenih tehnikov v operativni dejavnosti kot najboljšo izbiro priporoča uporabo prenosnega sistema za odstranjevanje kirurškega dima z učinkovitim filtrirnim sistemom, ki je najbolj učinkovita metoda, s katero zaščitimo zaposlene in paciente pred nevarnimi vplivi kirurškega dima.

Prav tako zavzemamo stališče Zakona o varnosti in zdravju pri delu, v katerem je zapisano, da mora delodajalec zagotoviti varnost in zdravje delavcev pri delu. V ta namen mora izvajati ukrepe, potrebne za zagotovitev varnosti in zdravja delavcev ter drugih oseb, ki so navzoče v delovnem procesu, vključno s preprečevanjem, odpravljanjem in obvladovanjem nevarnosti pri delu, obveščanjem in usposabljanjem delavcev, z ustrezno organiziranostjo in potrebnimi materialnimi sredstvi (Zakon o varnosti in zdravju pri delu, 2011).

Slovar

- **AEROSOL** – suspenzija trdnih ali tekočih delcev v zraku, kot dim ali megla.
- **ALDEHIDI** – organske spojine, ki vsebujejo radikal CHO. Primeri so acetaldehid in formaldehid.
- **AROMATSKI OGLJIKOVODIK** – kateri koli razred ogljikovodikovih molekul, ki imajo več ogljikovih obročev in vključujejo rakotvorne snovi in okoljska onesnaževala.
- **BIOLOŠKI DEJAVNIKI** – mikroorganizmi, vključno s tistimi, ki so bili genetsko spremenjeni, celične kulture in človeški endoparaziti, ki so sposobni povzročiti kakršno koli okužbo, alergijo ali zastrupitev.
- **BIOLOŠKA NEVARNOST** – biološke dejavnike lahko najdemo v različnih dejavnostih. Ker so redko vidni, se ne zavedamo vedno tveganj, ki jih predstavljajo. Med biološke dejavnike spadajo bakterije, virusi, glivice (kvasovke in plesni) in paraziti.
- **DIM** – vidni hlapi in plini, ki jih povzročajo gorljive ali tlačne snovi, zlasti organskega izvora in so vidne s prisotnostjo majhnih delcev ogljika.
- **LASERSKI ONESNAŽEVALCI ZRAKA** – delci, toksini in para, proizvedeni z uparjanjem ciljnih tkiv pri uporabi laserske naprave.
- **LOKALNO IZPUŠNO PREZRAČEVANJE (LEV)** je inženirski sistem, ki se na delovnem mestu uporablja za zaščito zaposlenih pred nevarnimi snovmi v zraku, kot so prah, megla, hlapi ali plini in dim, med drugim tudi kirurški dim. Za učinkovit sistem je pomembno, da je dobro zasnovan in nameščen, pravilno uporabljen in pravilno vzdrževan.

- **KIRURŠKI DIM** – plinski proizvodi gorenja in zoglnevanja organskega materiala, nastane kot posledica uničenja tkiva z laserji, elektrokirurškimi in ultrazvočnimi napravami, električnimi instrumenti in drugimi toplotnimi kirurškimi orodji. Kirurški dim lahko vsebuje strupene pline in hlape, kot so benzen, vodikov cianid, formaldehid, bioaerozoli, mrtve in žive celične materiale, vključno z delci krvi in virusi. Pri visokih koncentracijah kirurški dim povzroči draženje oči in zgornjega dihalnega sistema pri zdravstvenih delavcih in povzroči obstruktivne vizualne težave za kirurga. Kirurški dim je neprijetnega vonja in ima dokazano mutagene lastnosti.
- **MEJNA VREDNOST ZA POKLICNO IZPOSTAVLJENOST** pomeni povprečno koncentracijo rakotvorne ali mutagene snovi v zraku na delovnem mestu, znotraj območja vdihavanja, ki na splošno ne škoduje zdravju delavca, če delavec dela pri koncentraciji nevarnih kemičnih snovi v zraku na delovnem mestu, ki je manjša ali enaka mejni vrednosti nevarne kemične snovi, 8 ur na dan/40 ur na teden polno delovno dobo, pri normalnih mikroklimatskih razmerah in pri fizično lahkem delu. Mejna vrednost je podana za 8-urno izpostavljenost. Mejna vrednost nevarnih snovi v zraku na delovnem mestu je podana pri temperaturi 20 °C in tlaku 1,013·105 Pa.
- **MIKROORGANIZEM** – mikrobiološka celična ali necelična entiteta, ki se je zmožna razmnoževati ali prenašati genski material.
- **MUTAGENA SNOV** – snov ali zmes, ki izpolnjuje merila za razvrstitev v kategorijo 1A ali 1B mutagenih snovi za zarodne celice v skladu s Prilogo I Uredbe 1272/2008/ES.
- **NANODELCI** so drobni skupki materiala, ki so velikostnega razreda od 1 do 100 nanometrov [nm].
- **NEORGANSKI PLINI** so plini, ki kot glavne elemente ne vsebujejo ogljika in vodika (npr. ogljikov monoksid, ogljikov dioksid, žveplov dioksid, dušikov oksid, dušikov dioksid).
- **NITRIL** je organska spojina, ki vsebuje cianidno skupino, CN-vezano

na alkilno skupino.

- **POKLICNA IZPOSTAVLJENOST** – različni dejavniki iz delovnega okolja, ki lahko škodljivo vplivajo na zaposlene (koža, oči, sluznica, prenos prek krvi).
- **RAKOTVORNA SNOV** – snov ali zmes, ki izpolnjuje merila za razvrstitev v kategorijo 1A- ali 1B-rakotvornih snovi v skladu s Prilogo I Uredbe (ES) št. 1272/2008 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2008 o razvrščanju, označevanju in pakiranju snovi ter zmesi, o spremembi in razveljavitvi direktiv 67/548/EGS in 1999/45/ES ter spremembi Uredbe (ES) št. 1907/2006 (UL L št. 353 z dne 31. 12. 2008, str. 1).
- **ŠKODLJIV PRAH ZA PLJUČA** – OSHA ga opredeljuje kot trdi delec velikosti 0,5 µm in manjši, ki lahko obide normalno obrambo zgornjega dihalnega trakta. Ko se ti nanesejo v pljuča in preprečujejo izmenjavo plinov, lahko potujejo v kri in limfni sistem ter prenašajo kemikalije, katerih delci se nalagajo v organih po telesu.
- **ULPA FILTER** – teoretično lahko ULPA-filter iz zraka odstrani 99,9999 % bakterij, prahu, cvetnega praha, plesni in delcev z velikostjo 120 nm ali več.
- **VODIKOV CIANID** – strupena, navadno plinasta spojina, znana tudi kot cianovodikova kislina (HCN), ki ima vonj grenkih mandljev in vre pri 25,6 °C.

Literatura

1. Alp, E., Bijl, D., Bleichrodt, R. P., Hansson, B. & Voss, A., 2006. Surgical smoke and infection control. *Journal of Hospital Infection*, 62(1), pp. 1–5.
2. American Nurses Association, 2017. Inside surgical smoke: Keeping nurses healthy. *American Nurse Today*, 12(2), pp. 25–27.
3. Association of periOperative Registered Nurses, 2018. Guidelines for Perioperative practice. Denver: AORN, Inc, pp. 469–490.
4. Ball, K., 2015. Surgical modalities. In: Rothrock, J. C., ed. *Alexander's care of patient in surgery*. 15th ed. St. Louis, MO: Elsevier Mosby, pp. 203–227.
5. Ball, K., n. d. Controlling Surgical Smoke: A Team Approach. Available at: <http://www.megadyne.com/pdf/Kay-Ball-Smoke-Booklet.pdf> [11. 2. 2018].
6. Barrett, W. L., Garber, S. M., 2004. Surgical smoke: a review of the literature. *Business Briefing: Global Surgery*. Available at: <https://surgiform.com/wp-content/uploads/2017/02/Surgical-Smoke-Literature-Review.pdf> [9. 3. 2018].
7. Beebe, D. S., Swica, H., Carlson, N., Palahniuk, R.J. & Goodale, R. L., 1993. High levels of carbon monoxide are produced by electrocautery of tissue during laparoscopic cholecystectomy. *Anesthesia and Analgesia*, 77(2), pp 338–341.
8. Benedičič, K., 2014. Laparoshield – predstavitev. Available at: <https://prezi.com/6wffhphjrzk-/laparoshield-predstavitev/> [13. 3. 2018].
9. Bovie Medical Corporation, n. d. Addressing surgical smoke in the operating room. Available at: http://www.boviemedical.com/downloads/Addressing_Surgical_Smoke_v4_Bovie.pdf [11. 2. 2018].

10. Bratu, A. M., Petrus, M., Patachia, M. & Dumitras, D. C., 2013. Carbon dioxide and water vapors detection from surgical smoke by laser photoacoustic spectroscopy. *UPB Scientific Bulletin, Series A: Applied Mathematics and Physics*, 75(2), pp. 139–146.
11. Calero, L. & Brusis, T., 2003. Laryngeal papillomatosis – first recognition in Germany as an occupational disease in an operating room nurse. *Laryngorhinootologie*, 82(11), pp. 790–793.
12. Carbin, J., 2001. A primer on smoke evacuation. *Outpatient Surgery*, 6. Available at: <http://www.outpatientsurgery.net/issues/2001/06/a-primer-on-smoke-evacuation> [7. 2. 2018].
13. Choi, S. H., Kwon, T. G., Chung, S. K. & Kim, T. H., 2014. Surgical smoke may be a biohazard to surgeons performing laparoscopic surgery. *Surgery Endoscopic*, 28(8), pp. 2374–2380.
14. CIMPAX, n. d. C – PURE 750™ Smoke Evacuation System. Interno gradivo.
15. Dobrogowski, M., Wesolowski, W., Kucharska, M., Sapota, A. & Pomorski, L. S., 2014. Chemical composition of surgical smoke formed in the abdominal cavity during laparoscopic cholecystectomy: assessment of the risk to the patient. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 27(2), pp. 314–325.
16. Dobrogowski, M., Wesolowski, W., Kucharska, M., et al., 2015 Health risk to medical personnel of surgical smoke produced during laparoscopic surgery. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 28(5), pp. 831–840.
17. Eickmann, U., Falczy, M., Fokuhl, I., Rügger, M., Bloch, M. & Merz, B., 2011. Surgical smoke: risks and preventive measures. Hamburg, Germany: International Social Security Association Section on Prevention of Occupational Risks in Health Services, pp. 1–47.
18. Edwards, B. E. & Reiman, R. E., 2008. Results of survey on current surgical smoke control practices. *AORN Journal*, 87(4), pp. 739–749.
19. European Agency for Safety and Health at Work, 2000. Directive

- 2000/54/ES. Available at: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/LSU/?uri=celex:32000L0054> [29. 3. 2018].
20. Fan, J. K. M., Chan, F. S. Y. & Chu, K. M., 2009. Surgical Smoke. *Asian Journal of Surgery*, 32(4), pp. 253–257.
 21. Fencel, J. L., 2017. Guideline Implementation: Surgical smoke safety. *AORN Journal*, 105(5), pp. 488–497.
 22. Garden, J. M., O'Banion, K., Bakus, A. D. & Olson, C., 2002. Viral disease transmitted by laser-generated plume (aerosol). *Archives of Dermatology*, 138(10), pp. 1303–1307.
 23. Heinsohn, P. & Jewett, D. L., 1993. Exposure to blood-containing aerosols in the operating room: A preliminary study. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 54(8), pp. 446–453.
 24. Moss, C. E., Bryant, C. J., Whong W-Z., Steward, J., Fleeger, A. & Gunter, B. J., 2008. HETA-88-101-2008. Available at: <https://www.cdc.gov/niosh/hhe/reports/pdfs/1988-0101-2008.pdf> [7. 2. 2018].
 25. King, B. & McCullough, J., 2006. HETA-2000-0402-3021. Available at: <https://www.cdc.gov/niosh/hhe/reports/pdfs/2000-0402-3021.pdf> [7. 2. 2018].
 26. Hollmann, R., Hort, C. E., Kammer, E., Naegele, M., Sigrist, M. W. & Meuli-Simmen, C., 2004. Smoke in the operating theater: an unregarded source of danger. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 114(2), pp. 458–463.
 27. Ishihama, K., Sumioka, S., Sakurada, K. & Kogo, M., 2010. Floating aerial blood mists in the operating room. *Journal of Hazardous Materials*, 181(1–3), pp. 1179–1181.
 28. n, S. M., Park, D. Y., Sohn, I. K., et al., 2015. Experimental study of the potential hazards of surgical smoke from powered instruments. *British Journal of Surgery*, 102(12), pp. 1581–1586.
 29. International Social Security Association, n.d. Surgical smoke: Risk and preventive measures. Hamburg: International Section of the ISSA on prevention of occupational risks in health services, pp. 32–34.
 30. Janša, V. & Metelko Janša, N., 2015. Škodljivost »kirurškega dima« -

- pregled literature. Delo in varnost: revija za varstvo pri delu in varstvo pred požarom, 60(2), pp. 44–47.
31. Križmarić, M., Jerenko, B., Rebenik Milić, M. & Brezovec, M., 2006. Analiza varnostnih sistemov sodobne elektrokirurške opreme. In: Rebernik Milić, M., ed. Zagotovimo varnost pacienta: zbornik XXI, Ljubljana, 24. november 2006. Ljubljana: Zbornica zdravstvene in babiške nege Slovenije, Sekcija medicinskih sester in zdravstvenih tehnikov v operativni dejavnosti, pp. 78–96.
 32. Krones, C. J., Conze, J., Hoelzl, F., et al., 2007. Chemical composition of surgical smoke produced by electrocautery, Harmonic scalpel, and argon beaming – a short study. *European Surgery*, 39(2), pp. 118–121.
 33. Lippert, J. F., Lacey, S. E. & Jones, R. M., 2014. Modeled occupational exposures to gas-phase medical laser-generated air contaminants. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 11(11), pp. 722–727.
 34. Mellor, G. & Hutchinson, M., 2013. Is it time for a more systematic approach to the hazards of surgical smoke?: reconsidering the evidence. *Workplace Health Safety*, 61(6), pp. 265–270.
 35. Moot, A. R., Ledingham, K. M., Wilson, P. F., et al., 2007. Composition of volatile organic compounds in diathermy plume as detected by selected ion flow tube mass spectrometry. *ANZ Journal of Surgery*, 77(1–2), pp. 20–23.
 36. Mowbray, N., Ansell, J., Warren, N., Wall, P. & Torkington, J., 2013. Is surgical smoke harmful to theater staff? A systematic review. *Surgical Endoscopy*, 27(9), pp. 3100–3107.
 37. Näslund Andréasson, S., Mahteme, H., Sahlberg, B. & Anundi, H., 2012. Polycyclic aromatic hydrocarbons in electrocautery smoke during peritonectomy procedures. *Journal of Environmental and Public Health*, 2012, ID 929053.
 38. Nogler, M., Lass-Flörl, C., Wimmer, C., Mayr, E., Bach, C. & Ogon, M., 2003. Contamination during removal of cement in revision hip arthroplasty. A cadaver study using ultrasound and high-speed

- cutters. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, 85(3), pp. 436–439.
39. Okoshi, K., Kobayashi, K., Kinoshita, K., Tomizawa, Y., Hasegawa, S. & Sakai, Y., 2015. Health risks associated with exposure to surgical smoke for surgeons and operation room personnel. *Surgery Today*, 45(8), pp. 957–965.
 40. Pfiedler Enterprises, 2015. Surgical smoke: What we know (An online continuing education activity). Available at: <http://www.pfiedler.com/ce/1311/files/assets/common/downloads/Surgical%20Smoke.pdf> [16. 1. 2018].
 41. Pfiedler Enterprises, 2016. Surgical smoke (An online continuing education activity). Available at: <http://www.pfiedler.com/ce/1258/index.html#2/z> [4. 2. 2018].
 42. Pfiedler Enterprises, 2017a. Evacuate surgical smoke: Everyone has a right to clean air (An online continuing education activity). Available at: <http://www.pfiedler.com/ce/1322/#1/z> [3. 2. 2018].
 43. Pfiedler Enterprises, 2017b. Clearing the air for surgical safety (An online continuing education activity). Available at: <http://pfiedler.com/ce/1335/#1/z> [3. 2. 2018].
 44. Petrus, M., Bratu, A.M., Patachia, M., Dumitras, D.C., 2015. Spectroscopic analysis of surgical smoke produced in vitro by laser vaporization of animal tissues in a closed gaseous environment. *Romanian Reports in Physics*, 67(3), pp. 954–965.
 45. Plappert, U. G., Stocker, B., Helbig, R., Fliedner, T.M. & Seidel, H. J., 1999. Laser pyrolysis products: genotoxic, clastogenic and mutagenic effects of the particulate aerosol fractions. *Mutation Research*, 441(1), pp. 29–41.
 46. Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti rakotvornim ali mutagenim snovem (Ur. l. RS, št. 101/05 z dne 11. 11. 2015). Available at: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV6839> [1. 4. 2018].
 47. Rautemaa, R., Nordberg, A., Wuolijoki-Saaristo, K. & Meurman, J.

- H., 2006. Bacterial aerosols in dental practice – a potential hospital infection problem? *Journal of Hospital Infection*, 64(1), pp. 76–81.
48. Schultz, L., 2014. An analysis of surgical smoke plume components, capture and evacuation. *AORN Journal*, 99(2), pp. 289–298.
49. Schultz, L., 2015. Can efficient smoke evacuation limit aerosolization of bacteria? *AORN Journal*, 102(1), pp. 7–14.
50. Stephenson, D. J., Allcott, D. A. & Koch, M., 2004. The presence of P22 bacteriophage in electrocautery aerosols. Proceedings of the National Occupational research Agenda Symposium, Salt Lake City, Utah, United States of America. Available at: https://www.researchgate.net/profile/Dale_Stephenson/publication/242419093_THE_PRESENCE_OF_P22_BACTERIOPHAGE_IN_ELECTROCAUTERY_AEROSOLS/links/00b7d52a09d15f05f3000000.pdf [3. 2. 2018].
51. Trotovsšek, B., 2010. Dejavniki tveganja in ukrepi za preprečevanje okužbe kirurške rane. In: Požarnik, T. ed. Obvladovanje bolnišničnih okužb v operacijski sobi: zbornik XXVI, Terme Čatež, 7. in 8. maj 2010. Ljubljana: Zbornica zdravstvene in babiške nege Slovenije, Sekcija medicinskih sester in zdravstvenih tehnikov v operativni dejavnosti, pp. 24–39.
52. Tseng, H. S., Liu, S. P., Uang, S. N., et al., 2014. Cancer risk of incremental exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons in electrocautery smoke for mastectomy personnel. *World Journal of Surgical Oncology*, 12, p. 31.
53. Ulmer, B.C., 2008. The hazards of surgical smoke. *AORN Journal*, 87(4), pp. 721–734.
54. Zakon o varnosti in zdravju pri delu (ZVZD-1) (Ur.l. RS, št. 43/11). Available at: <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2011-01-2039?sop=2011-01-2039> [1. 4. 2018].
55. Zhao, C., Kim, M. K., Kim, H. J., Lee, S. K., Chung, Y. J. & Park, J. K., 2013. Comparative safety analysis of surgical smoke from transurethral resection of the bladder tumors and transurethral resection of the prostate. *Urology*, 82(3), pp. 744.e9–744.e14.

56. Weston, R., Stephenson, RN., Kutarski, P.W. & Parr, N. J., 2009. Chemical composition of gases surgeons are exposed to during endoscopic urological resections. *Urology*, 74(5), pp. 1152–1154.
57. Weyandt, G.H., Tollmann, F., Kristen, P. & Weissbrich, B., 2011. Low risk of contamination with human papilloma virus during treatment of condylomata acuminata with multi-layer argon plasma coagulation and CO2 laser ablation. *Archives of Dermatological Research*, 303(2), pp. 141–144.



Projekt podprla:



M E D I S



CIMPAX®