

Chirurgische rook maakt meer kapot dan je lief is

Wanneer u een laag hangende wolk ziet, met daaraan labels met woorden als benzeen, formaldehyde, toluen, bioaërosols, dood en levend cellulair materiaal en virussen, zou u dan door deze wolk heen lopen en vervolgens de toxische chemicaliën en carcinogene partikels inhaleren? Natuurlijk niet. Toch wordt u dagelijks met zo'n dergelijke wolk geconfronteerd. Iedere keer dat in een operatieve ingreep elektrochirurgie gebruikt wordt, ontstaat er een rookdamp met voor uw gezondheid gevaarlijke, schadelijke en risicovolle componenten.

Jacco Vroegop

Het is alom bekend, dat het zowel passief als actief in aanraking komen met rooksoorten, schadelijk en risicovol is voor onze gezondheid. Op de operatiekamer wordt gedurende 85% van alle ingrepen gebruikgemaakt van elektrochirurgie; ook wel diathermie genoemd. Het doel van elektrochirurgie is enerzijds het stelpen van bloedingen en anderzijds het doorsnijden van weefselstructuren. Beide effecten worden verkregen door het vernietigen van weefsels met een hoge frequentie elektrische stroom. Tijdens het gebruik van elektrochirurgie verbranden en verdampen weefselcellen, waardoor er celmutaties en weefseldestructies plaatsvinden. Hierdoor komen weefselcomponenten en haar cel-eigenschappen vervolgens vrij in een aërosol getransporteerd in gemuteerd intracellulair H₂O. Deze damp of rookpluim wordt ook wel chirurgische rook genoemd.

Chirurgische rookcomponenten

Naast dat rook hinderlijk is - het belemmert immers vaak het gezichtsveld en ruikt vervelend - bestaan alle rooksoorten uit

een aërosol met daarin *carbonaten, toxische gassen, carcinogenen* en *bijproducten*. Volgens het bekende Nederlandse woordenboek de 'dikke Van Dale' wordt rook als volgt gedefinieerd: 'Rook is het zichtbare mengsel van gassen, dampen en fijne vaste partikels, dat bij verbranding opstijgt.' Dit geldt ook voor de typische chirurgische rooksoort. Echter wat deze rooksoort zo laat verschillen van andere soorten, is de samenstelling van de bijproducten. Anders dan andere rooksoorten bevat de chirurgische rook naast de 'normale' rookcomponenten bestanddelen, welke afkomstig zijn van patiëntenweefsel. Namelijk:

- Viruspartikels
- Bacteriën
- DNA
- Bloed
- Bloedbevattende pathogenen.

De afwijkende bijproducten maakt de chirurgische rook gevaarlijker en risicovoller voor de gezondheid, dan bijvoorbeeld het actief en passief inhaleren van sigarettenrook. Bovendien ontstaan er tijdens het

verhitten van weefsel chemische veranderingen in en van de celinhoud. Chemische structuren muteren of worden nieuw gevormd. Op dit moment zijn er ongeveer 200 chemische componenten geanalyseerd, waarbij de Hydrocarbonaten, Nitraten, Aminen, Aldehyden de grootste groepen vormen.¹ Tevens is chirurgische rook voor 90% niet-steriel, iets wat juist zo optimaal mogelijk wordt gecreëerd en gehandhaafd tijdens een operatie. Wel dient aangemerkt te worden dat het volume van chirurgische rook en de schadelijkheid hiervan wel afhangt van een aantal facetten. Van invloed kan zijn het voltage en de tijdsduur van het loslaten van energie op het weefsel, het type weefsel en de soortelijke weerstand op en van het weefsel.

Onderzoeken

Onderzoeken naar chirurgische rook vinden sinds het einde van de jaren zeventig plaats. In het begin met name gericht op laserrook, maar naarmate bleek dat de elektrochirurgische rook mutagener was,

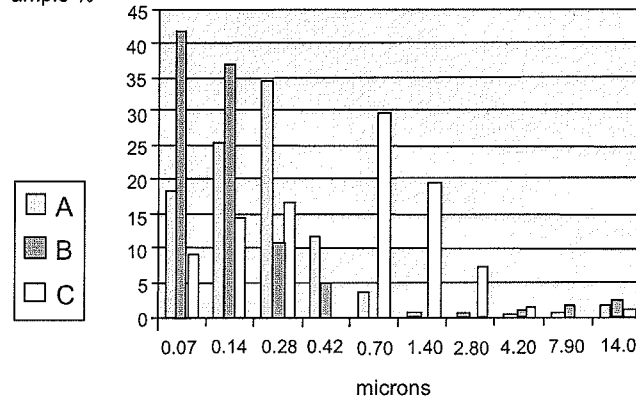
verplaatsten de onderzoeken zich naar deze vorm van rook.^{2,3}

Een van de eerste onderzoeken waarin men de mutagene eigenschappen van de chirurgische rook ontdekte, was in 1981 door een Japans onderzoeksteam.⁴ Sigarettenrook werd vergeleken met rook, afkomstig van zowel de laser- als elektrochirurgie. Dit vanwege het feit dat vele chemische structuren in deze drie rooksoorten overeenkomen. Eén gram weefsel werd behandeld, totdat het verbrand ofwel verdampst was. De rook werd continu geëvacueerd en geanalyseerd. Het bleek dat de laserrook dezelfde potentiële mutagene eigenschappen bevatte, als het over de longen roken van drie ongefilterde sigaretten. De elektrochirurgische rook bleek daarnaast tweemaal zoveel schadelijker; het had de mutageniteit van zes ongefilterde sigaretten.

Vele onderzoeken vonden plaats in het kader van het aantonen van de effecten van de chirurgische rook op het respiratoire systeem.⁵ De meeste testen werden uitgevoerd op ratten, aangezien deze over vergelijkbaar longweefsel beschikken als mensen. Wanneer de rook niet geëvacueerd werd, ontstonden veelal histologische alveolaircongestie, longemphyseem en significante pathologische transformaties in en op de longen.⁶

Onderzoeken, gericht op het aantonen van de bloedaërosol- en partikelconcentratie uit chirurgische rook in de ademhalingszone, hebben plaatsgevonden gedurende vele soorten operaties bij diverse specialismen.⁷ Tijdens een onderzoek waar tijdens het coaguleren(A), het puur(B)- en het blendsnijden(C) de partikelgrootte werd geanalyseerd, vond men partikelgrootten variërend van 0.07 µm tot 14 µm. Tijdens het snijden was circa 40% kleiner dan 0.07 µm (coaguleren 18%, blendsnijden 10%). Het beste operatiemasker filtert partikels kleiner dan 0.52 µm. Daarnaast kunnen partikels kleiner dan 0.52 µm doordringen tot de kleinste alveolus. In figuur 1 staat een grafiek met de gevonden waarden afgebeeld. Gedurende een ander onderzoek werden gedurende 30 diverse operatieve ingrepen batches met verschillende stadia, welke gelijk stonden aan ademhalingszones, op

ample %



Figuur 1 Partikelgrootte in de elektrochirurgische rook aërosol

de kleding van leden van het opererend team geplaatst.⁸ Men wilde analyseren of de chirurgische rook bloed bevatte. Na de operaties werd bij elk operatieteamlid, op ieder stadium van de batches, hemoglobine teruggevonden. Het kleinste stadium was 0.52 µm.

Opzien baarde een nieuwe generatie onderzoeken naar de aanwezigheid van DNA in chirurgische rook. Intacte DNA structuren en bijbehorende virussen werden geanalyseerd.^{9,10,11} Daarbij bleek dat

Opzien baarde nieuwe onderzoeken naar de aanwezigheid van DNA in chirurgische rook.

HPV, HIV en Hepatitis zich konden verspreiden via de rook en de levensduur van het virus veelal werd verlengd tot vier weken. Deze tijd is genoeg om in een nieuw lichaam bij inademing of het bijvoorbeeld inhechten op de ogen, een nieuw volwaardig gelijksoortelijk virus van menselijk DNA te vormen. Bij proefdieren is dit inmiddels aangetoond; bij mensen is het nog theorie.

Gevaren en gevolgen

Tijdens een onderzoek in 1995 werden rookaërosolpartikels afkomstig van laserchirurgie, elektrochirurgie, sigaretten en dieseluitlaatgassen met elkaar vergeleken.¹ Tussen alle groepen werden er slechts minieme verschillen gevonden wat betreft

de toxische en carcinogene samenstelling. Tevens bleek dat de intensiteit van het gebruik van laser- en elektrochirurgie niet of nauwelijks invloed heeft op de partikelgrootte in de chirurgische rookaërosol. 90% van deze partikels heeft in de laserrook een grootte tussen de 0.9-12.0 µm. Dit betekent dat minimaal 90% van de rookpartikels geïnhaled kan worden en zich vervolgens mogelijk in kunnen hechten in het bovenste respiratoire oppervlak van de longen. Naarmate het weefsel dieper en langer wordt verbrand, ontstaan er kleinere deeltjes - meestal tussen de grootte van 0.08 en 0.15 µm. Deze kunnen vervolgens gemakkelijk tot in de kleinste delen van de longen komen.

Door de extreem hoge temperaturen gedurende de interactiefase in het weefsel en de daaropvolgende carbonisatie, ontstaan al bij zeer lage doses voor onze gezondheid zeer extreme carcinogenen zoals benzeen, toluen en xyleen, maar ook PAH's.^{1,12} Alle behoren tot de groep hydrocarbonaten. De PAH's (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons), met vrije ongesatureerde radicalen, zijn hierbij voor onze gezondheid het meest schadelijk en carcinogeen. Van benzeen en aanverwanten is bekend dat ze carcinogeen zijn en dat bij hoge concentraties hoofdpijn, spierzwakte, vermoeidheid, eetlustvermindering, beenmerg- en respiratoire beschadigingen kunnen ontstaan of optreden. MAC-waarden (Maximale Aanvaardbare Concentratie) zijn door gezondheidsorganisaties ingesteld als blootstellinglimiet

voor schadelijke stoffen bij werknemers. Voor benzeen is dit 3.0 mg/m³, met daarnaast 1 partikel per één miljoen gevonden deeltjes. De aanwezige concentratie in chirurgische rook varieert gemiddeld van 0.7 tot 6.7 mg/m³.¹³ Voor de PAH's is dit nog niet vastgesteld, maar inhalatie van deze stoffen geeft wel een goede absorptie in

op dit moment nog niet duidelijk bekend, daar dit veelal processen en onderzoeken van langere duur betreffen, doch er kan worden aangenomen dat het DNA zich net als de chemische toxische rookdeeltjes kan hechten en muteren in en op de longen. Bovendien is DNA snel verspreidbaar (viraal) en mede daardoor zeer gevaarlijk,

soneel. Desalniettemin is het risico voor patiënten vele malen kleiner. Er is 'slechts' één ingreep waarbij elektrochirurgie gebruikt wordt. Na de ingreep heeft men, mits er geen ré- of andere operatie volgt, geen contact meer met chirurgische rook, terwijl het personeel wel dag in dag uit blootgesteld wordt aan de gevaren en de risico's van de chirurgische rook.

De relatie tussen het inhaleren van chirurgische rook en longkanker is nog niet bekend.

de longen met aantoonbare beschadigingen in en op de longen, met daarnaast respiratoire irritaties. Bij chemische samenstellingen als toluen, formaldehyde, isopropanol en aceton zijn wel MAC-waarden ingesteld. Deze zijn over het algemeen tienmaal lager als de gevonden waarden in de chirurgische rook.¹⁴ De relatie tussen het inhaleren van chirurgische rook en longkanker is op dit

daar veelal niet de gehele pathologie van een patiënt bekend is. Bekend is een praktijkvoorbeeld van een laserchirurg uit Noorwegen.¹⁵ Hij ontwikkelde een laryngeus papillomatosis uit HPV DNA afkomstig van vele door hem geholpen patiënten.

Alle componenten uit de chirurgische rookaërosol kunnen zich gemakkelijk hechten in alle slijmvlies bevattende

Protectie en preventie

Iedere keer dat er een chirurgische rookwolk ontstaat en deze vervolgens niet wordt geëvacueerd, wordt het operatiekamerpersoneel geconfronteerd met de inhoud van de rookaërosol. Significatief voor de bescherming tegen de risico's en gevaren van chirurgische rook, is het dragen van goede spatbrillen of spatmaskers, goede operatiemaskers en rookafzuiging (smoke-evacuator).

Het operatiemasker is van origine niet gemaakt om rookpartikels tegen te houden. Vrijwel alle standaard gedragen maskers bieden dan ook een onvoldoende bescherming tegen de kleinste en daarbij schadelijkste partikels. Deze maskers filteren namelijk rookpartikels vanaf een grootte van 1.0 µm; partikels kleiner dan 0.52 µm kunnen zich al inhechten in de kleinste alveolus. Speciale lasermaskers en spatschermmaskers bieden een betere bescherming; hierbij is er een ondoordringbaar partikelvermogen vanaf 0.1 µm. (Ondanks dat de contaminatiefunctie en deze preventieve kwaliteit naar de patiënt al snel tijdens het dragen afneemt.) De meeste chemische componenten uit de chirurgische rook worden door deze speciale maskers gefilterd en geabsorbeerd. Desalniettemin zullen onder andere bepaalde benzeengroepen en virale DNA partikels als HPV (0.045 µm), Hepatitis B (0.042 µm) en HIV (0.10 µm) nog gemakkelijker door deze maskers heendringen.^{16,17}

Zuigsystemen zijn voor het oog effectief in het wegzuigen van de chirurgische rook. De geur en mist verdwijnt bij het juist afzuigen, doch zullen de kleinste partikels door de lage en specifieke zuigkracht niet worden geëvacueerd. Daarnaast bevatten

Tabel 1 Symptomen bij contact met chirurgische rook

Allergische reacties	Loopneus
Chronische astma symptomen	Misselijkheid
Conjunctivitis	Neusirritaties
Duizeligheid	Niezen
Droge mond + keel	Respiratoire irritaties - Hoesten
Griepsymptomen	Respiratoire problemen
Hoofdpijn	Rhinitis
Huidirritaties	Vermoeidheid aan spieren
Irritaties aan de ogen - Branderig	Waterige ogen

moment nog niet bekend. Mede doordat het besef over de schadelijke effecten relatief kort geleden is erkend en onderzoek naar een mogelijke relatie een lange termijn bestrijkt. Wel is tijdens vele laboratoriumstudies op dieren duidelijk aangetoond dat chirurgische rook, respiratoire problemen zoals pneumoniën, bronchiolitis en longemphyseem stimuleert en mede doet ontwikkelen.^{5,17}

Naast de chemische componenten worden ook virale DNA partikels als HPV, Hepatitis en HIV verspreid. De gevolgen hiervan zijn

weefsels, waaronder de tractus respiratorius en de ogen. Virussen, infecties en mutaties kunnen zo gemakkelijk opgelopen worden. De voornaamste klachten van het operatiekamerpersoneel, tijdens of na het blootstellen aan de chirurgische rook, zijn de nare geur, respiratoire irritaties en jeukende ogen. Tabel 1 toont een overzicht van de symptomen, die contact met chirurgische rook bij mensen kunnen veroorzaken.^{3,14,16,17}

De gevaren voor de patiënten zijn equivalent aan die van het operatiekamerper-

de filters in de zuigpotten meestal alleen filters voor carbon- en grotere partikels. Mede om de rook effectief af te zuigen, te filtreren, partikels te verzamelen en vast te houden, zijn speciale voor de monopolaire elektrochirurgie bedoelde smoke-evacuators ontwikkeld. Hierin bevindt zich een drie-filterlagen-systeem. Een préfilter voor absorptie van 'grote' partikels van 3.0-20.0 µm; een carbonfilter om de giftige koolwaterstoffen, toxische en chemische bestanddelen en de specifieke chirurgische rookgeur te evacueren; en een ULPA (Ultra Low Penetrating Air) filter, welke ter filtratie en absorptie dient van kleine partikels

kamer. Een spatmasker of een laseroperatiemasker, in combinatie met een spatbril dient tijdens iedere ingreep gedragen te worden. Hetzelfde geldt voor het gebruik van speciale smoke-evacuators, daar de operatiemaskers niet geheel preventief jegens de chirurgische rookcomponenten zijn. Zowel betere maskers als een smoke-evacuator zullen ruimte vragen in het budget van het operatiekamermanagement. Toch kan en mag een menselijk leven niet vergeleken worden met geld. Chirurgische rook maakt meer kapot dan je lief is - 25 jaar geleden hadden mensen, die in contact stonden met de rookaërosol van

Het operatiemasker is van origine niet gemaakt om rookpartikels tegen te houden.

en rookcomponenten vanaf 0.01 µm. De smoke-evacuator zal hierdoor 99,999% van alle partikels groter dan 0.01 µm evacueren.¹⁸ Hiermee worden alle op dit moment bekende schadelijke partikels geëvacueerd en wordt bijvoorbeeld een laseroperatiemasker (0.1 µm) overtroffen. Om de rook af te zuigen naar het apparaat zijn diverse mogelijkheden, zoals een elektrochirurgie-penceel met geïntegreerde zuig of zuigtube op het penceel. Een zuigtube bij het operatieoppervlak houden kan ook. Een nadeel hierbij is dat het gezichtsveld frequent wordt gehinderd. Daarnaast moet de rook afgezogen worden op maximaal twee centimeter van de plaats van oorsprong en dient één operatielid zich continue hiermee bezig te houden.

Ten slotte

Al het medisch personeel zou zich er bewust (awareness) van moeten zijn, dat de chirurgische rook gevaarlijk, risicovol en infectieus kan zijn. Iedere keer wanneer er elektrochirurgische apparatuur zonder smoke-evacuator wordt gebruikt, worden operatieteamleden blootgesteld aan een aërosol van gassen, mutagenen, carcinogenen, toxische chemicaliën, DNA, bloed en pathogenen. De verplichte inhalatie van deze vorm van rook is absoluut een negatief aspect van het werken in een operatie-

asbest, ook nooit verwacht dat de oorzaak van hun kanker juist daar vanaf zou stammen.

Verantwoording

Jacco Vroegop is eindejaars operatie-assistent, differentiatie chirurgie en verbonden aan het Academisch Ziekenhuis Rotterdam. Voor zijn studie heeft hij een uitgebreide literatuurstudie uitgevoerd, waarin inzicht gegeven wordt in de schadelijke en risicovolle effecten en gevolgen van het werken met en het vrijkomen van met name elektrochirurgische rook.

Literatuur

- 1 Albrecht e.a., *Evaluation of potential health hazards caused by laser and RF-surgery: Analysis of gaseous, vaporized and particulate debris produced during medical treatment*. International Laser Safety Federation (10-1995).
- 2 Emergency Care Research Institute, *Health Devices: Laser Smoke Evacuators*, 19 (1990), p. 3-19.
- 3 Ulmer, B.C., *Air Quality in the Operating Room. Surgical Services management*, 3-3 (03-1997), p. 18-21.
- 4 Nagata e.a., *Mutagenicity of smoke condensates induced by CO₂-laser irradiation and electrocauterization*. *Mutation Research* 89 (1981), p. 145-149.

- 5 NIOSH, *Hazard Evaluations and Technical Assistance Branch*, 1989.
- 6 Wenig e.a., *Effects of plume produced by the Nd:YAG laser and electrocautery on the respiratory system. Lasers in Surgery and Medicine*, 13 (1993), p. 242-245.
- 7 Heinsohn e.a., *Blood-containing aerosols generated by surgical techniques: a possible infectious hazard. American Industrial Hygienist Association Journal* 53(4), (1992), p. 228-231.
- 8 Heinsoh e.a., *Exposure to blood-containing aerosols in the operation room; a preliminary study. American Industrial Hygienist Association Journal* 54(8), (1993), p. 446-453.
- 9 Garden e.a., *Papillomavirus in the vapor of CO₂-laser treated verrucae. Journal of the American Medical Association* 259, (02-1988), p. 1199-1202.
- 10 Sawchuck e.a., *Infectious papillomavirus in the vapor of warts treated with CO₂- laser or electrocoagulation: Detection and protection. Journal of the American Academy of Dermatology* 21, (07-1989), p. 41-49.
- 11 Baggish e.a., *Presence of Human Immunodeficiency Virus DNA in laser smoke. Lasers in Surgery & Medicine* 11, (1991), p. 197-203.
- 12 Kokosa e.a., *Chemical composition of laser-tissue interaction smoke plume. Journal of Laser Applications* (07-1989), p.59-63.
- 13 Health Hazard Evaluation Report No. 85-126-1932, NIOSH, *Hazard evaluations and Technical Assistance Brach* (1989).
- 14 NIOSH, *Health Hazard Evaluation Report: University of Utah Health Sciences Center. HETA 88-101-2008* (1990).
- 15 Hallmo e.a., *Laryngeal papillomatosis with human papillomavirus DNA contracted by a laser surgeon. European Archives of Otorhinolaryngology* 248, no7 (1991), p. 425,427.
- 16 Yeh, *Surgical Smoke Plume; principles and function of smoke, aerosol, gases, and smoke evacuators. Surgical Services Management* (1997), 2:4, p. 41-45.
- 17 Chen e.a., *Aerosol penetration through surgical masks. American Journal of Infection Control*, no 20 (08-1992), p. 177-184.
- 18 Sowerby, *How to choose a smoke evacuator. Medical Laser Buyers Guide* (1994), p. 107-108.