

Humane Papillomviren in chirurgischem Rauch

Zur Gefährdung des Personals im gynäkologischen OP

S. Willems¹, M. Rausch², A. Pettke³, S. Korte¹, R. J. Lellé⁴, F. Kipp¹

Bei der Behandlung humaner Papillomvirus-assoziiierter Erkrankungen mittels elektrochirurgischer Verfahren entsteht Rauch. Neben chemischen Schadstoffen kann bei Abtragung von Präkanzerosen, die durch humane Papillomviren (HPV) ausgelöst wurden, auch HPV-DNA im Rauch nachgewiesen werden und das medizinische Personal gefährden. Möglichkeiten, sich zu schützen, liegen in einer adäquaten Absaugung und der Wahl der richtigen Schutzmaske. Eine flächendeckende Impfung des OP-Personals gegen HPV scheint einen zusätzlichen Schutz zu bieten, ist aber aufgrund der derzeitigen Datenlage nicht generell zu empfehlen.

Durch elektrochirurgische, laser- und ultraschallbasierte Verfahren entstandener Rauch im OP stellt eine Geruchsbelästigung dar (1). Die Reizwirkung von Rauch auf die Atemwege wurde bereits an Ratten (2, 3) und an Schafen (4) nachgewiesen. Dosisabhängig kann chirurgischer Rauch auch zu Symptomen einer akuten Intoxikation einhergehend mit Kopfschmerzen, Schwächegefühl, Übelkeit, Muskelschwäche, Reizungen der Augen und der Atemwege führen.

Dieser Beitrag befasst sich mit der Frage, ob chirurgischer Rauch über die beschriebenen direkten Sympto-

me hinaus eine Gesundheitsgefahr für das medizinische Personal darstellt, welche Präventionsmaßnahmen es gibt und welche für sinnvoll erachtet werden.

Chirurgischer Rauch setzt sich aus unterschiedlichen Komponenten zusammen und beinhaltet u.a. biologische Schadstoffe. Wenn eine Abtragung von durch humane Papillomviren (HPV) ausgelöste Präkanzerosen mittels Laser und anderen raucherzeugenden chirurgischen Verfahren durchgeführt wird, können zusätzlich im Rauch freigesetzte HPV-DNA-Partikel entstehen. Generell ist eine genital-orale Ansteckung von HPV möglich, es wurde bereits ein Zusammenhang zwischen mütterlichen genitalen Kondylomen und kindlicher Papillomatose beschrieben (5, 6) und auch die Übertragung von genitalen Warzen zwischen Erwachsenen durch oro-genitalen Kontakt, die beim Sexualpartner zu einer Papillomatose führen, kann nicht ausgeschlossen werden. Eine HPV-Übertragung durch chirurgischen Rauch vom Genitaltrakt der Patientin auf den Larynx des OP-Personals mit anschlie-

ßender Infektion ist somit ebenfalls denkbar.

Humane Papillomviren

Humane Papillomviren sind unbefüllte, doppelsträngige DNA-Viren (dsDNA), die zur Familie der Papillomaviridae gehören und in über 200 verschiedene Typen eingeteilt werden können. Papillomviren weisen eine hohe Spezies- und Gewebespezifität auf. So infizieren humane Papillomviren nur den Menschen und bestimmte HPV-Subtypen nur bestimmte Gewebearten.

Genitale HPV werden in zwei große Gruppen eingeteilt: die Low-Risk-Gruppe mit einem geringen Risiko für die Entstehung von Krebserkrankungen und die High-Risk-Gruppe (7, 8). Zur Low-Risk-Gruppe zählen unter anderem HPV 6 und 11, welche Hauptverursacher genitaler Kondylome sind. Weitere Low-Risk-Typen sind HPV 40, 42, 43, 44, 54, 61, 70, 72, 81 und CP6108. Nahezu alle (99,7%) Zervixkarzinome sind HPV-assoziiert, davon 70% durch die High-Risk-Typen HPV 16 (50%) und HPV 18 (20%) (9). Weitere zu den High-Risk-Typen zählende HPV sind: HPV 31, 33, 35, 39, 45, 51, 52, 56, 58, 59, 73 und 82 und möglicherweise auch HPV 26, 53 und 66. Auch das Analkarzinom ist mit dem High-Risk-HPV-Typ 16 vergesellschaftet.

■ Pathogenese

Humane Papillomviren können diverse Krankheitsbilder auslösen, je nachdem welches Gewebe befallen wird. Beispielsweise zählen dazu die Papillomatose und Kondylome. Im Allgemeinen werden sie durch direkten Hautkontakt, aber auch über kontaminierte Oberflächen übertragen (10). Nach dem Eindringen in die Basalzellschicht der Haut, welches höchstwahrscheinlich durch Mikroverletzungen des Gewebes möglich wird, beginnt die Replikation der Viren in den Hautzellen. Im Laufe der weiteren Differenzierung der Hautzellen wird auch die Expression der

¹ Institut für Hygiene, Universitätsklinikum Münster

² Arbeitsmedizinischer und Sicherheitstechnischer Dienst, Universitätsklinikum Münster

³ Institut für Mikrobiologie, Standort Virologie, Universitätsklinikum Münster

⁴ Klinik für Frauenheilkunde und Geburtshilfe, Universitätsklinikum Münster

viralen Onkogene E6 und E7 angestoßen. Diese Onkogene blockieren einen bei nicht infizierten Zellen in diesem Differenzierungsstadium erfolgenden Arrest des Zellzyklus. Folglich werden auch in Zellen in oberen Epithelschichten funktionsfähige Viren gebildet. Gleichzeitig ist die Produktion der viralen Onkogene ein wichtiger Schritt zur Entstehung der mit HPV in Zusammenhang stehenden Malignome (11).

■ **Epidemiologie, Prävalenz**

Die weltweite Prävalenz von HPV liegt bei jungen Frauen bei etwa 10 %, wobei es große regionale Unterschiede gibt. Die HPV-Prävalenz bei Frauen in Westeuropa in der Vorimpfära wird auf 21 % geschätzt, wobei es einen Peak bei jüngeren Frauen unter 25 Jahren gibt. In Subsahara-Afrika liegt sie bei 24 %, in Lateinamerika bei 16 % und in Nordamerika bei rund 5 % (12). Bei deutschen Frauen aus dem Jahrgang 1988/89 lag 2013 der Anteil der Hochrisikotypen bei 23,7 %, wobei HPV 16 in 7,35 % und HPV 18 in 2,8 % der Fälle nachgewiesen werden konnten. Besonders die Zahl der Sexualpartner und der Zeitpunkt des ersten Geschlechtsverkehrs hatten Einfluss auf das Risiko, an einem Hochrisikotyp zu erkranken (13). Weitere Risikofaktoren für eine HPV-Infektion sind auch die Anzahl der Sexualpartner des Partners und ein Partnerwechsel (14).

Mit zunehmendem Alter sinkt die HPV-Prävalenz (15). Bei Frauen, die nach der Menopause HPV-positiv getestet werden, handelt es sich zu meist um Reaktivierungen oder persistierende Infektionen. Patientinnen mit einer persistierenden Infektion haben ein erhöhtes Entartungsrisiko (16).

Auch unter Männern ist die Infektion mit HPV verbreitet. Bei Männern unterscheidet sich die Prävalenz nicht nur regional, sondern auch nach sexueller Orientierung. Unter Homosexuellen liegt die Prävalenz in den

USA bei bis zu 57 % und sinkt nicht mit dem Alter (17). Dabei machen anale Infektionen, vor allem mit dem High-Risk-Typ 16, den größten Anteil aus (18).

Infektionen mit HPV sind meist transient, nicht nur im Anal-, sondern auch im Genitalbereich. Eine flächendeckende Untersuchung, zum Beispiel im Rahmen der allgemeinen gynäkologischen Vorsorgeuntersuchungen, wäre nicht zielführend. Im Gegenteil würde dies nur zur Verunsicherung bei Ärzten und Patientinnen führen (19). Koinfektionen mit anderen sexuell übertragbaren Erkrankungen sind häufig, insbesondere mit HIV. Dabei begünstigt die defizitäre Immunabwehr unter einer HIV-Erkrankung scheinbar die Infektion mit und vor allem die Persistenz von HPV (20). Gleichzeitig scheint eine lokale Schwächung der Immunabwehr durch HPV eine Infektion mit dem HI-Virus zu begünstigen (21).

■ **Inzidenz**

Die Zahl der Neuerkrankungen liegt in England und den USA bei jungen Frauen zwischen 15 und 19 Jahren innerhalb eines Zeitraums von 3 Jahren bei etwa 43–44 % und in England innerhalb eines Zeitraums von 5 Jahren bei 60 % (22). Es gibt keine belastbaren Daten zur Inzidenz von HPV-Infektionen bei Männern.

Auswahl einiger durch HPV verursachter Krankheitsbilder

■ **Hautwarzen**

Flachwarzen, *Verrucae planae juvenilis*, treten an der Stirn, den Wangen, perioral und den Händen und Armen auf. Sie stellen sich als rundlich-ovale, flache, epidermale Papeln dar und werden vorwiegend durch HPV 3 verursacht. Sie können spontan abheilen, weshalb zurückhaltend behandelt werden sollte.

Vulgäre Warzen, benigne infektiöse Papillome, sind zunehmend verhorrende Hyperkeratosen und Hyperplasien der Epidermis, ausgelöst durch

HPV 1, 2, 4 und 7. Auch hier kann die Spontanremission berücksichtigt werden, gegebenenfalls mit flüssigem Stickstoff vereist oder operativ auch mit dem Laser behandelt werden.

■ **Kondylome**

Genitale Kondylome werden meist durch eine HPV-6- und 11-Infektion der Genitalien hervorgerufen und treten multifokal-disseminiert im Genitalbereich, anal, perianal, im Bereich der Transformationszone der Zervix uteri und urethral nach einer Inkubationszeit von drei Wochen bis mehreren Monaten auf.

Die schmerzlosen und spitzen Feigwarzen, *Condylomata acuminata*, wachsen exophytisch-spitzkegelig beziehungsweise hahnenkammartig und schmalbasig und finden sich bei etwa 1 % aller Frauen. Die Therapie besteht in der Beseitigung anderer Infektionen und gegebenenfalls der lokalen Behandlung mit zytotoxischen Wirkstoffen oder Immunmodulatoren, operativ durch Kryotherapie, Elektrochirurgie oder CO₂-Laser. Hyperkeratotische Stellen werden bei Betupfen suspekter Regionen mit 3 %iger Essigsäure weißlich und stellen sich als teils erhabene Flecken dar. Therapeutische Optionen wie Vaporisation mit dem CO₂-Laser, Diathermie, Vereisung, chirurgische Entfernung mit dem Messer und gegebenenfalls systemischer Verabreichung von Interferon- α sind in den meisten Fällen rein symptomatisch und führen zu keiner dauerhaften Viruselimination. Es kann zu Spontanrückbildungen der Kondylome kommen.

Condylomata plana stellen eine besondere Erscheinungsform der *Condylomata acuminata* dar. Sie treten bevorzugt im Bereich der Zervix, des Präputiums und perianal auf, wo sie flächig gerötet mit Infiltrationen, die zum Teil weißlich verfärbt sind, ein Analekzem vortäuschen können. Eine weitere Sonderform stellen *Condylomata gigantea* dar, die als blumenkohlartige Tumoren (Buschke-Löwenstein-Tumor) auftreten.

■ **Bowenoide Papulose**

Bei der bowenoiden Papulose treten multiple, linsengroße, rotbraune, nichtschmerzhafte Papeln auf. Sie werden meist durch HPV 16, 18, 31 sowie 33 hervorgerufen. Können in der Histopathologie Merkmale eines Carcinoma in situ (ähnlich dem Morbus Bowen) nachgewiesen werden, sichert dies die Diagnose. Die Therapie entspricht der der Condyloma acuminata.

■ **Oropharyngeale Papillome**

Generell wird in der Dermatologie unter einer Papillomatose die Verbreiterung der Papillarkörper der Haut verstanden, die durch Proliferation der Epithelzellen und daraus folgender Wellung der Epidermis entsteht. Oropharyngeale Papillome werden durch HPV 6 und 11 hervorgerufen und haben eine samtartige oder blumenkohlartige Oberfläche. Prädisloktionsstellen der Mundhöhle sind Gaumen, Zunge, Wange und die Lippeninnenseite. Bei der respiratorischen Papillomatose können Papillome im gesamten oberen Aerodigestivtrakt auftreten. Der Kehlkopf ist jedoch die häufigste Lokalisation.

■ **Zervixkarzinom**

Karzinomatöse Veränderungen beginnen häufig im Bereich der Transformationszone, der Grenze zwischen Zylinderepithel und unverhorntem Plattenepithel der Zervix. Das Zervixkarzinom weist im Frühstadium in der Regel keine Symptome auf, fortgeschrittene Karzinome zeigen häufig Blutungen, wie Schmier- und Zwischenblutungen oder Kontaktblutungen. Bei der Kolposkopie wird zur Detektion dysplastischen Materials die Portiooberfläche mit Essigsäurelösung betupft, welches sich daraufhin weißlich färbt. Kausal für das Zervixkarzinom ist eine HPV-Infektion insbesondere mit den High-Risk-Typen 16 und 18. Therapie der Wahl ist die LEEP (Loop Electrosurgical Excisional Procedure) oder die LLETZ (Large Loop Excision of the Transformation Zone). Die Messerkonisation führt zu einem größeren Gewebeerlust. Bei der CO₂-Laservaporisation

kann das behandelte Areal anschließend nicht mehr histologisch beurteilt werden.

Chirurgische Verfahren mit Rauchentwicklung

Die Zusammensetzung der gasförmigen und festen Phasen des Rauchs ist abhängig von der Art der Energiequelle, aber auch der Art des behandelten Gewebes und der Dauer der Behandlung. Eine pauschale Aussage zur Gefahr, die von OP-Rauch ausgeht, kann somit nicht getroffen werden.

■ **Laserskalpell**

Beim CO₂-Laserskalpell wird ein Lichtstrahl auf das zu schneidende und vaporisierende Gewebe geleitet. Bei niedrigen Temperaturen erzeugt der Laser eine Enzyminduktion, Ödembildung und den Zelltod, bei höheren Temperaturen dann eine Austrocknung, eine Karbonisierung und eine Verdampfung des Gewebes. Es gibt unterschiedliche Laser wie den CO₂-Laser oder den Nd:YAG-Laser, die mit verschiedenen Wellenlängen arbeiten.

■ **Hochfrequenzchirurgie**

Bei der Hochfrequenz-(HF-)Chirurgie werden Geräte mit hochfrequenten Wechselströmen eingesetzt, wie der Elektrokauter. Der verwendete Frequenzbereich liegt im Allgemeinen zwischen 300 kHz und 4000 kHz. Bei einem Schnitt kann gleichzeitig eine Blutungsstillung erfolgen. Von den drei verschiedenen Effekten, die fließender elektrischer Strom im menschlichen Körper erzeugt (Erwärmung – thermischer Effekt, Nervenstimulation, Elektrolyse – chemische Wirkung), macht man sich in der Hochfrequenz-Chirurgie die Erwärmung zunutze. Durch Wechselströme verdampft das Gewebe explosionsartig und wird an den Schnittstellen koaguliert. Am häufigsten wird die monopolare Technik angewendet.

In der Gynäkologie wird die Loop Electrosurgical Excision Procedure häufig bei der Abtragung von Präkan-

zerosen der Zervix eingesetzt. Bei der LEEP wird eine dünne Schlinge mit niedriger elektrischer Spannung genutzt, um Gewebe, beispielsweise dysplastisches Zervixgewebe, abzutragen. Das Gewebe kann dabei in einem Stück entfernt und für die histologische Begutachtung genutzt werden. Gleichzeitig werden blutende Gefäße kauterisiert (23).

■ **Ultraschallgetriebene Chirurgie**

Das ultraschallaktivierte Skalpell schneidet und koaguliert gleichzeitig aufgrund hochfrequenter mechanischer Schwingungen (24). Die hohe Vibrationsfrequenz von etwa 55.500 Hz generiert Reibung im Gewebe, die zu Hitze und damit einer folgenden Proteindenaturierung führt. Es kann gleichzeitig koagulieren, während es schneidet.

Rauchzusammensetzung

Zum größten Teil besteht der entstandene Rauch aus Wasserdampf (ca. 95 %). Bei Betrachtung des restlichen Rauchanteils finden sich dort die bei einer Pyrolyse üblichen Gefahrstoffe. Der erzeugte Rauch stellt somit eine Mischung aus gas- und dampfförmigen partikulären Schad- und Biostoffen dar.

Durch Art, Leistung und Dauer des Eingriffs bedingt, variiert die Zusammensetzung der Partikelgrößen sowie



Rauchentwicklung bei abgeschalteter Absaugung

der Inhaltstoffe, zum Beispiel Toluol, Xylol, Phenol und Benzene, im ppb- (parts-per-billion-)Bereich. Hinzu kommt, dass in der Gynäkologie das Operationsfeld teilweise vorher mit Färbesubstanzen (Essigsäure/Jod) behandelt wird. Hierbei entstehen weitere toxikologisch relevante Spaltprodukte wie das Acetamid, bei dem der begründete Verdacht auf kanzerogenes Potenzial besteht (25). Diese Rauchpartikel können eingeatmet werden und sich in den Alveolen der Lunge ablagern.

■ Partikelgröße

Die mit 0,35–6,5 µm Durchmesser (d) größten Partikel entstehen beim mechanisch arbeitenden Ultraschallskalpell (24, 26). Rauch entsteht beim Elektrokauter und Laser durch die Erhitzung der Zielzellen, die hierbei zum Kochen gebracht werden. Durch die folglich entstehende Zellmembranruptur gelangen so noch feinere Partikel in die Luft. Partikel im Laserrauch sind um die 0,3 µm groß. Der Elektrokauter produziert die kleinsten Partikel: $d < 0,1 \mu\text{m}$ (24, 26). Je kleiner die Partikel sind, desto tiefer können sie in den Bronchialbaum eindringen. Sie können eine Rhinitis oder Bronchitis auslösen, eine Irritation der kleineren Atemwege verursachen und unter Umständen zu bösartigen Tumoren führen. Bei Eindringen in das Blutssystem können diese Partikel systemisch-toxisch wirken. Bei einem Durchmesser von weniger als 0,1 µm spricht man von Nanopartikeln. Die Auswirkung dieser Fraktion ist bislang noch nicht in ausreichendem Maße untersucht.

■ Chemische Schadstoffe organischer und anorganischer Art

Qualitativ kann der entstandene Rauch organische Schadstoffe, wie beispielsweise Acetonitril, Acetylen, Acrolein, Acrylonitril, Alkylbenzene, Benzene, Butadien, Buten, Cyanwasserstoff, Ethan, Ethylen, Formaldehyd, Methan, Phenol, Propen, Pyridin, Pyrrol, Styrol, Toluol, Xylol (22) oder anorganische Schadstoffe wie Ammoniak, Kohlendioxid, Kohlen-

monoxid, Stickstoffoxide und Schwefel enthalten. Die Gefahrstoffeigenschaften der genannten Schadstoffe reichen von kanzerogen, mutagen und/oder reproduktionstoxisch über giftig und reizend. Häufig beschriebene Symptome des OP-Personals, die mit der Intoxikation der chirurgischen Rauche in Verbindung gebracht wird, sind Schwindel und Übelkeit sowie Reizungen der Atemwege.

Die entstandenen Schadstoffe sind vergleichbar mit denen im Zigarettenrauch, auch wenn die gefundenen Konzentrationen im chirurgischen Rauch sehr viel geringer sind. Die in vitro gesammelten toxikologischen Daten bestätigen den Verdacht möglicher gesundheitlicher Gefahren. Relevante Grenzwerte (sofern vorhanden) sind in den medizinischen Berufen bisher jedoch nicht erreicht worden. So verglichen Fitzgerald et. al. (27) 2012 die Konzentration verschiedener Inhaltsstoffe von durch LEEP und Elektrokauter entstandenen Rauchbestandteilen mit denen von Zigarettenrauch und Stadtluft. Sie konnten zeigen, dass sowohl im Rauch der LEEP als auch im Rauch der Elektrokauter eine signifikant geringere Kohlenwasserstoffkonzentration zu finden war als in Zigarettenrauch.

■ Biostoffe

Neben den chemischen Substanzen finden sich im Rauch auch Biostoffe wie intakte (Blut-)Zellen, Zellfragmente (28) oder virale DNA-Fragmente. Die Datenlage bezüglich Quantität und Qualität der Biostoffe ist divergent. Aus Laserrauch konnten allerdings lebensfähige Bakterien wie *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* oder *Mycobacterium tuberculosis* (29) gezüchtet werden.

Papillomviren können hingegen nicht ohne Weiteres angezüchtet werden. Dies ist nur möglich in mehrschichtigen, organotypischen Keratinozytenkulturen („Raft“-Kulturen) (30). Bislang existiert kein Testverfahren, um die Virulenz von im Rauch nach-

gewiesener HPV-DNA zu bestimmen. Die Freisetzung aktiver viraler DNA durch Verfahren, bei denen Rauch generiert wird, insbesondere die Freisetzung vermehrungsfähiger Papillomviren beziehungsweise deren intakter Genome, wird in der Literatur immer wieder beschrieben und diskutiert (31–38) und kann nach aktueller Studienlage nicht ausgeschlossen werden. Garden et al. (39) haben CO₂-Laserrauch mit bovinen Papillomviren aufgefangen und in die Haut von Kälbern eingebracht, welche daraufhin Tumoren mit dem gleichen Virustyp entwickelten, wie er im Laserrauch vorhanden ist. Bei Untersuchungen des Laserrauchs bei Einsatz eines Erbium-YAG-Lasers konnte dagegen nach Abtragen von Plantarwarzen keine Virus-DNA im Rauch nachgewiesen werden (40). Bei der LEEP, die trotz Narbenbildung dennoch zeitweise zur Kondylomtherapie eingesetzt wird (41), konnte HPV-DNA im Rauch nachgewiesen werden (35). Da hier nicht durch Hitze geschnitten wird, ist die Gefahr höher, überlebensfähige Zellen und infektiöse Partikel in die Luft zu tragen, als bei Aerosolen mit höheren Temperaturen (26).

Die beschriebenen Wirkungen des Rauchs und seiner Bestandteile wurden mittels In-vitro-Untersuchungen und Tierexperimenten gewonnen. Die praktischen Auswirkungen auf den Menschen, also die Frage, inwiefern die Schadstoffe, insbesondere die biologischen Schadstoffe, im Rauch tatsächlich für den Menschen gefährlich sind, ist nur schwer zu beantworten. Es gibt jedoch einige Fallbeschreibungen, die im Zusammenhang mit HPV stehen.

Da die Anzahl der Berichte und auch der Untersuchungen gering ist, gestattet dies keine endgültige Schlussfolgerung. Diesen Kasuistiken steht allerdings eine aktuelle Studie entgegen (45), bei der 287 Personen, die in der Dermatologie und Pathologie tätig waren, mittels oraler Spülungen und nasaler Abstriche untersucht wur-

Fallberichte zu Erkrankungen durch chirurgischen Rauch

Bei einem 44-jährigen Chirurgen wurde eine HPV-6- und 11-Larynxpapillomatose diagnostiziert. Anamnestisch wurde keine andere Kontaktmöglichkeit mit HPV als seine berufliche Exposition mit anogenitalen Kondylomen gefunden. Er hatte zuvor einige Jahre lang mit einem Nd:YAG-Laser Krebsgeschwüre und Tumoren im distalen Kolon und Rektum sowie Condylomata acuminata im Anogenitalbereich abgetragen (42). In einem Fall wurde eine Larynxpapillomatose einer 28-jährigen OP-Schwester als Berufskrankheit anerkannt (43). Sie assistierte mehrfach bei CO₂-Laser- und bei Elektroauter-gestützten Abtragungen von anogenitalen Kondylomen und entwickelte eine rezidivierende und histologisch nachgewiesene Larynxpapillomatose, „offenbar auf dem Boden einer HPV-Infektion“. Es wurde kein DNA-Nachweis mit Typisierung durchgeführt. Teilweise fanden diese Eingriffe in einem Raum ohne raumlufttechnische Anlage statt, über den Eingriffsbereich hielt sie jedoch einen trichterförmigen Sauger.

Ein 62-jähriger Gynäkologe mit HPV-16-positivem Oropharynxkarzinom hatte keine besonderen Risikofaktoren für ein solches Karzinom, bis auf die Abtragung von zervikalen und vulvären Läsionen mittels CO₂-Laser und LEEP über einen Zeitraum von mehr als 30 Jahren (44), teilweise unter schlechter Belüftung. Im selben Case Report wird zudem ein 53-jähriger Gynäkologe beschrieben, mit einem HPV-16-positiven Tonsillenkarzinom, der über 20 Jahre lang Laserablationen und LEEPs durchgeführt hat. Er hatte dabei meistens weder eine angemessene Belüftung bzw. Absaugung verwendet noch eine Maske. Weitere Risikofaktoren konnten nicht identifiziert werden.

den und zu denen die Anamnese bezüglich durchgemachter HPV-Erkrankungen und Risikofaktoren aufgenommen wurde. Bei Mitarbeitern, die mit CO₂-Lasern arbeiten, konnte zwar, verglichen mit denen, die keine Lasernerfahrung hatten, eine Tendenz zum Tragen mukosaler HPV festgestellt werden, diese Tendenz war jedoch nicht signifikant. Auch bei Kryotherapien, LEEPs und elektrochirurgischen Verfahren konnte keine höhere Prävalenz festgestellt werden. Weitere Studien konnten ebenfalls keinen Zusammenhang zwischen HPV-bedingten Erkrankungen und einer HPV-assoziierten medizinischen Tätigkeit im OP herstellen (35).

Konsequenzen

Auch wenn von den einzelnen Bestandteilen des Rauchs ab einer gewissen Konzentration Gefahren ausgehen können, ist bisher nicht eindeutig belegt, dass diese den Menschen langfristig belasten können. Neben dem potenziell gesundheitsschädlichen Aspekt durch die einzel-

nen Rauchbestandteile und der möglichen viralen Gefährdung beeinträchtigen aber Rauch und unangenehmer Geruch die Leistungsfähigkeit des Operationsteams.

Die empfohlenen Schutzmaßnahmen resultieren aus einer Gefährdungsbeurteilung des Arbeitgebers (Arbeitsschutzgesetz, § 5). Sie hat zum Ziel, die Sicherheit und Gesundheit der Mitarbeiter unter Einhaltung definierter Wege kontinuierlich zu verbessern. Bestimmende Faktoren in dieser Gefährdungsbeurteilung sind die Art und Dauer sowie die Anzahl der Eingriffe pro Zeitraum. Neben den Gefährdungen durch anhaftende Biostoffe oder chemische Schadstoffe im Rauch sollte auch die Geruchsbelästigung oder die Beeinträchtigung durch nicht vorhandene Sicht durch Rauch beim Operieren beurteilt werden.

In § 4 des Arbeitsschutzgesetzes wird ein Weg zum Schutz vor Gefährdungen der Sicherheit oder Gesundheit definiert: die Einhaltung der Reihen-

folge der Schutzmaßnahmen. Die Gefahrstoffverordnung § 7 (Grundpflichten) und die dazugehörigen „Technischen Regeln für Gefahrstoffe“ (TRGS 500) präzisieren dies: Erst sind alle technischen Möglichkeiten zu berücksichtigen, um dann in einem nächsten Schritt über organisatorische oder andere (persönliche Schutzausrüstung) Lösungen nachzudenken.

Grundsätzlich ist das Ableiten des entstehenden Rauchs die beste Lösung. In Operationsräumen mit modernen raumlufttechnischen Anlagen (z. B. DIN 1946 Teil 4) sollte damit die Umsetzung des Schutzzieles erreicht sein. Das Abführen des Rauchs direkt am Ort des Entstehens durch die unterschiedlichen am Markt erhältlichen Absaugvorrichtungen (Handstück mit integrierter Absaugung oder getrennte lokale Absaugung) könnten eine Alternative darstellen. Sie haben gleich mehrere Vorteile: Die Sichtbehinderung, die Geruchsbelästigung durch den Rauch und eine Ausbreitung des Rauchs in den Raum werden unterbunden, die Luft wird sauber gehalten, und Oberflächen werden nicht kontaminiert. Eine adäquate Absaugung des Rauchs direkt am Ort des Geschehens sollte jedoch mit allen Vor- und Nachteilen, wie zum Beispiel Lautstärke, mögliche Sicht Einschränkungen, Stolperfallen, Platzmangel und der Wartungsintensität im Operationsraum, im gesamten Kontext betrachtet werden.

Ist nach der durchgeführten Gefährdungsbeurteilung eine Absaugung des OP-Rauchs nicht erforderlich, ist die Standard-OP-Kleidung mit Einmalkittel, OP-Haube, Einmalhandschuhen, Augenschutz und der Mund-Nasen-Schutz (MNS) bereits eine erste Barriere. Wichtig zu wissen ist hierbei, dass der MNS (in der Regel erfüllt dieser die FFP1-Eigenschaft) den Patienten vor Tröpfchen in der Ausatemluft des Personals schützt und nicht den Chirurgen vor Infektionen oder Gefahrstoffen. Ein MNS,

wie er im OP aus hygienischen Gründen getragen wird, bietet keinen Schutz für das medizinische Personal gegen Partikel im Rauch: Die Filterleistung eines MNS an sich scheint zwar ausreichend zu sein (32), aber er ist kein Einatemschutz, da die Luft den Weg des kleinsten Widerstandes am Papierfilter seitlich vorbei nimmt. Um sich adäquat vor organischen und biologischen Schadstoffen in der Luft zu schützen, hilft eine FFP2-Maske. Als adäquater Schutz gegen die wenig erforschten Nanopartikel ist die mit Aktivkohle belegte Einmal-Atemschutzmaske zu nennen.

■ Impfungen

Seit 2007 (46) gibt es die HPV-Schutzimpfung, welche die ständige Impfkommission (STIKO) für Mädchen im Alter von 12–17 Jahren, seit 2014 von 9–14 Jahren (47) empfiehlt. Impferfolge in der HPV-Prävention legen einen Schutz auch für durch Laserrauch gefährdetes Personal nahe. Allerdings besteht nur ein sehr geringes Risiko, an rauchgetragenen HPV-Infektionen zu erkranken. Auch Pfister (48) schätzt unter Einhaltung bestimmter Prophylaxemaßnahmen die Gefährdung medizinischen Personals aufgrund der bisher verfügbaren Literatur als sehr gering ein.

■ Umweltresistenz

In der Literatur ist wenig bis nichts über die Sensibilität von HPV gegenüber Desinfektionsmitteln bekannt (49). Es existiert lediglich eine Studie aus dem Jahr 2014: Meyers et al. (49) führten eine Untersuchung mit rekombinanten HPV-16-Partikeln und authentischen humanen Papillomviren durch. Sie überprüften die Empfindlichkeit von High-Risk-HPV gegenüber klinischen Desinfektionsmitteln. Dabei stellten sie fest, dass HPV 16 resistenter sind als andere unbehüllte Viren. Unter anderem sind sie resistent gegen Desinfektionsmittel, die auf Alkoholbasis wirken, sowie gegen die häufig zur Instrumentendesinfektion eingesetzten Aldehyde Glutaraldehyd und Ortho-Phthalaldehyde.

hyde. Sensibel reagieren HPV 16 bei einer 45-minütigen Kontaktzeit mit Hypochlorit oder höherkonzentrierten (1,2%) PAA-Silber-basierten Desinfektionsmitteln.

Eine Grundreinigung des gesamten Raumes nach einem laserchirurgischen Eingriff bei Einhaltung der TRBA-250- (Biologische Arbeitsstoffe im Gesundheitswesen und in der Wohlfahrtspflege) und TRBA-462- (Einstufung von Viren in Risikogruppe) basierten Empfehlungen ist bei Einhaltung der empfohlenen nahen Absaugung nicht notwendig. Selbst bei einer fernen Absaugung kann das Risiko als gering eingeschätzt werden: Laserrauch kann zwar Viren/Viruspartikel enthalten, kleine Partikel fliegen jedoch nicht weiter als 100 cm. Größere Partikel fliegen weniger weit (24). HPV breiten sich also nicht über den Rauch im gesamten Raum aus.

Schlussfolgerungen

Eine Operation mit Rauchentwicklung sollte in gut belüfteten Räumen mit adäquater Rauchabsaugung stattfinden. Bei der Belüftung des Raumes ist eine natürliche Lüftung oft nicht ausreichend. Eine Kombination aus Absaugvorrichtung in der Nähe des Operationsfeldes (2 bis 5 cm) in Verbindung mit einer besseren Maske (FFP2) bietet somit einen insgesamt guten Schutz bei Fehlen moderner raumluftechnischer Anlagen nach DIN 1946 Teil 4.

Wegen der hohen Umweltresistenz sollten Desinfektionsmittel angewandt werden, die HPV sicher inaktivieren. Gleichwohl ist es nicht erforderlich, die Desinfektion über die patientennahen Oberflächen hinaus auszuweiten.

Eine flächendeckende Impfung des OP-Personals gegen HPV scheint einen zusätzlichen Schutz zu bieten, ist aber aufgrund der derzeitigen Datenlage nicht generell zu empfehlen.

Literatur

bei der Autorin oder in der Online-Version dieses Beitrags unter www.frauenarzt.de



Für die Autoren

Dr. med.

Stefanie Willems

Institut für Hygiene,
Universitätsklinikum Münster
Robert-Koch-Straße 41
48149 Münster
stefanie.willems@ukmuenster.de