

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКАЯ МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ
ПОСЛЕДИПЛОМНОГО ОБРАЗОВАНИЯ»

Кафедра акушерства и гинекологии

П. С. Русакевич

**ХИРУРГИЧЕСКИЙ ДЫМ И ЕГО ВРЕДНОСТЬ
ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ УЧАСТНИКОВ ОПЕРАЦИИ:
медицинское обоснование необходимости индивидуальной
и коллективной защиты**

Учебно-методическое пособие

Минск, БелМАПО
2022

УДК 617-089:615.849.19]-051:614.8.086.4(075.9)

ББК 54.5+51.244.34я78

Р 88

Рекомендовано в качестве учебно-методического пособия
НМС государственного учреждения образования
«Белорусская медицинская академия последипломного образования»

протокол № 5 от 23.05.2022

Авторы:

Русакевич П. С., профессор кафедры акушерства и гинекологии государственного учреждения образования «Белорусская медицинская академия последипломного образования», доктор медицинских наук, профессор

Рецензенты:

Мавричев С. А., заместитель директора (по лечебной работе) ГУ «РНПЦ онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова», доктор медицинских наук
Кафедра акушерства и гинекологии УО «Белорусский государственный медицинский университет»

Русакевич П. С.

Р 88

Хирургический дым и его вредность для здоровья участников операции: медицинское обоснование необходимости индивидуальной и коллективной защиты : учеб-метод. пособие / П. С. Русакевич. – Минск : БелМАПО, 2022. – 11 с.

ISBN 978-985-584-738-1

В учебно-методическом пособии автором представлено описание вредности для здоровья участников операции хирургических дымов, образующихся в процессе проведения деструктивного лечения во время хирургических вмешательств (включая лапароскопию), осуществляемых в гинекологической и хирургической практике. Дано медицинское обоснование необходимости использования медицинскими работниками индивидуальной и коллективной защиты.

Данное учебно-методическое пособие предназначено для слушателей, осваивающих содержание образовательных программ: переподготовки по специальности «Акушерство и гинекология» (дисциплина «Гинекология»), «Онкология» (дисциплина «Диагностика и общие принципы лечения злокачественных опухолей»), «Онкохирургия» (дисциплина «Диагностика и общие принципы лечения злокачественных опухолей»); повышения квалификации врачей-акушеров-гинекологов, иных врачей хирургического профиля, врачей-онкологов, врачей-дерматовенерологов, врачей-косметологов, а также аспирантов, клинических ординаторов, врачей-интернов, использующих в своей клинической практике деструктивных (прижигающих) методов лечения, сопровождающихся выделением хирургических дымов.

УДК 617-089:615.849.19]-051:614.8.086.4(075.9)

ББК 54.5+51.244.34я78

ISBN 978-985-584-738-1

© Русакевич П. С., 2022

© Оформление БелМАПО, 2022

Содержание

Введение и актуальность проблемы	4
Дефиниции хирургического дыма	5
Состав хирургического дыма в зависимости от лечебного повреждающего фактора	5
Характер вредных веществ, входящих в состав хирургического дыма, и необходимость индивидуальной и коллективной защиты	8

Хирургический дым и его вредность для здоровья участников операции. Медицинское обоснование необходимости индивидуальной и коллективной защиты

Целью данного раздела является доказательство возможности образования хирургического дыма во время использования современных технологий при проведении оперативных вмешательств разного объема в хирургической практике включая гинекологию и установление необходимости при этом непременно использования безопасных и эффективных методов его эвакуации.

Предназначение. Целевой аудиторией при этом являются непосредственные исполнители хирургического вмешательства (хирурги), которые применяют данные технологии и лица, создающие безопасные условия работы во время хирургических операций, опосредованно подвергающиеся влиянию указанного дыма (врачи-анестезиологи, операционные сестры, медсестры-анестезистки, младший медицинский персонал). Потому что понятно, что при этом все работники операционного блока и оперируемые пациенты, как правило, вдыхают образующийся дым, или шлейф дыма, а также аэрозоли, которые образуются при рассечении и гемостазе тканей во время операции.

Введение и актуальность проблемы

Общеизвестно, что по своему объему оперативные вмешательства в любой специальности могут быть *«большими»* и *«малыми»*. Тем не менее, при них могут использоваться различные приспособления, которые при воздействии на живую ткань могут вызывать образование дыма, который и будет именоваться как *«хирургический дым»*. Частота его возникновения и длительность воздействия на организм лиц, участвующих в оперативном вмешательстве всегда индивидуальная. Медицинские работники не всегда осведомлены о сути образующихся дымов и тем более, об их вредном действии на организм.

«Хирургический дым» по своей сути является результатом взаимодействия тканей с механическими инструментами и/или теплообразующим оборудованием, используемым для рассечения тканей и/или для гемостаза. По своей сути, видимые и имеющие запах компоненты хирургического дыма представляют собой не что иное, как *газообразные побочные продукты разрушения и выпаривания белков и липидов тканей.*

Наиболее часто хирургический дым образуется при применении электрохирургического оборудования. Это токи высокой и сверхвысокой частоты (радиоволны), энергия высокоэнергетических лазеров с разной длиной волны, ультразвуковых воздействий, в сочетании с инструментами,

которые используются для разрушения тканей разной плотности (сверла, боры и др.).

Дефиниции хирургического дыма

«Хирургический дым» представляет собой фактор окружающей среды оперируемого пациента и всех медицинских работников операционного блока, в котором проводится хирургическое и/или другое инвазивное вмешательство. Хирургический дым на 95 % состоит из воды или пара и на 5 % — из продуктов распада клеток в виде взвешенных частиц. А 5 % взвешенных частиц представлены химическими соединениями, кровью, частицами ткани, вирусами и бактериями. Дым, образующийся во время хирургических операций, имеет целый ряд других названий: «дым от прижигания», «шлейф при хирургической диатермии, вапоризации», «аэрозоль», «биоаэрозоль», возникающий при испарении тканей и загрязняющий воздух. Он имеет характерный вид и запах.

В хирургическом дыме, *независимо от способа его получения, могут содержаться* различные опасные для здоровья химические соединения, такие как токсичные газы, пары бензола, синильной кислоты, толуол, акролеин и формальдегид. Помимо химических соединений хирургического дыма, возникла обеспокоенность и в отношении наличия частиц крови, вирусов и бактерий в твердых частицах дыма. Хирургический дым также может содержать и биоаэрозоли, с мертвыми и живыми клетками (включая фрагменты клеток крови) и вирусы. В случаях выполнения лапароскопии с использованием дымообразующих средств, образующиеся у пациентов дымы приводят к повышению уровней карбоксигемоглобина и метгемоглобина, способствующих гипоксии и гипоксемии. Однако во многом состав образующегося дыма еще определяется и *характером используемого лечебного повреждающегося фактора.*

Состав хирургического дыма в зависимости от лечебного повреждающего фактора

Электрохирургия. Является наиболее часто используемым для деструкции шейки матки физическим фактором. Его применяют почти во всех случаях лапароскопических вмешательств и при «малой амбулаторной» хирургии в гинекологии и онкологии. Это во всех случаях влечет образование хирургического дыма, затрудняющего физически проведение операции.

В современных условиях относительно более часто стали применять токи сверхвысокой частоты, называемые *радиоволнами*. Их контакт с живыми тканями менее травматичный, но также всегда влечет образование

хирургического дыма. Образование хирургического дыма при этом констатирует и целый ряд директивных документов отечественного и зарубежного формата. Так, по данным Государственного института по охране труда и промышленной гигиены США (NIOSH), было показано, что при работе с электрохирургическими «ножами» всегда образуются дымы, воздействие которых при отсутствии средств фильтрации представляет потенциальную опасность для здоровья человека, особенно для легких (застойные явления), гортани (папилломатоз при ВПЧ) и бронхов.

В итоге сам факт образования хирургического дыма при применении в оперативных вмешательствах токов высокой и сверхвысокой частоты является доказанным и требует решения проблемы *эффективной защиты*.

Лазерхирургия. Высокоэнергетические лазеры (аргоновый, углекислотный, эрбиевый, инфракрасный определенной частоты и др.) в современных условиях в оперативной практике применяют все чаще. При использовании хирургических лазеров в 77 % случаев *также образуется дым* в виде аэрозоля, содержащего твердые частицы, средний диаметр которых колеблется от 0,22 до 0,056 мкм. При этом всегда очень принципиален вопрос размера имеющихся частиц. Он во многом зависит от характера используемого физического фактора (табл. 1).

Известно, что частицы размером 5,0 мкм и более оседают на стенках *полости носа, глотки, трахеи и бронхов*. Частицы размером менее 2,0 мкм также оседают *в бронхиолах и альвеолах*, где происходит обмен воздуха в легких и **не безразличны для здоровья человека**. А частицы диаметром менее 100 мкм *остаются в воздухе*. Кроме того, использование углекислотного (CO₂) лазера, в особенности, с целью вапоризации (выпаривания) тканей шейки матки, иногда вульвы способствует образованию в дыме в условиях вирусного инфицирования *специфической вирусной ДНК*, которая может вызывать у пациента фибропапилломатоз гортани. Доказано, что вирусы являются мельчайшими частицами, их размер которых варьирует в диапазоне от 0,01 до 0,3 мкм.

Таблица 1

Характер физического фактора, применяемого во время операции и средний размер аэродинамических частиц, образующихся в выделяемом дыме

Технология	Средний размер аэродинамических частиц, мкм (микрометр)
Электрохирургический инструмент	0,07
Высокоэнергетический лазер	0,31
Ультразвуковой скальпель	0,35 - 6,5

Использование плазмы. Применяется в хирургической практике более редко из-за отсутствия большого количества аппаратов. Вместе с тем, применение для рассечения тканей и гемостаза плазмы также сопровождается образованием дыма.

Ультразвуковое хирургическое воздействие. Данные устройства приобрели особую популярность в рамках рассечения тканей и для гемостаза. Ультразвуковое рассечение позволяет удалять ткань путем быстрого механического воздействия. Звуковые волны при этом не образуются. Данный метод назван ультразвуковым, потому что частота возникающих вибраций составляет 2355 кГц, что превышает звуковой диапазон слухового восприятия человека. Для защиты применяют ультразвуковые аспираторы, которые *снабжены полыми наконечниками*. При использовании полого наконечника воздействию подвергаются только ткани, находящиеся в непосредственном контакте с периферическим краем или сердцевинной наконечника. Возникающее термальное повреждение минимально, поскольку тепло, генерируемое наконечником, отводится через омывающую жидкость. Промывание наконечника приводит к образованию мелкодисперсного аэрозоля, однако, операционное поле непрерывно очищается путем всасывания в наконечник.

В ультразвуковых скальпелях в качестве режущего инструмента используют твердые наконечники или лезвия. При вибрации наконечника на режущей поверхности лезвия образуется тепло. Данная технология позволяет *хирургам коагулировать и разделять ткани*. Наконечник вибрирует с частотой 55000 раз в секунду, *стимулируя денатурацию молекул коллагена с образованием коагулята*. Движения наконечника вызывают образование пара, который из-за более низких температур наконечника, который также может содержать в себе *инфекционные аэрозоли*.

В ультразвуковых приборах быстрые механические движения вызываются преобразователями, расположенными в области наконечника. Обычно используются *два типа преобразователей: пьезоэлектрический эффект кристаллов и магнитострикционные пластины*. *Пьезокерамический преобразователь* состоит из серии смонтированных вместе керамических дисков. При воздействии электрической энергии диски изменяют форму, вызывая вибрации наконечника. Керамические диски охлаждаются воздухом, поэтому рукоятка прибора более легкая. Также она является более хрупкой, и может сломаться при падении. *Магнитострикционный преобразователь* состоит из наложенных друг на друга 2224 пластин из никелевого сплава. Электрическая энергия вызывает удлинение и укорачивание пластин, что

приводит к движениям наконечника. Пластины нагреваются, но тепло отводится через внутреннюю закрытую непрерывную систему водяного охлаждения.

Характер вредных веществ, входящих в состав хирургического дыма и необходимость индивидуальной и коллективной защиты

При высокой концентрации в хирургическом дыме выделяющихся во время лечебных хирургических воздействий опасных веществ *возникает целый ряд опасных и нежелательных для здоровья медработников операционного блока и оперируемых опасностей и неудобств*, требующих эффективной индивидуальной и коллективной защиты. К ним относятся:

1) раздражение глаз и верхних дыхательных путей у медицинских работников-участников операции и пациентов;

2) задымление операционного поля — зависит от его степени, но оно всегда ухудшает видимость и вызывает затруднения в действиях оперирующего хирурга и удлиняет время операции;

3) дым имеет неприятный запах, и может оказывать мутагенное воздействие;

4) каждый компонент хирургического дыма способен у человека (операционный персонал) вызывать целый ряд нежелательных побочных влияний на организм.

По всей совокупности их можно суммировать в *следующем виде*:

— раздражение слизистой верхних дыхательных путей (чихание, аллергический насморк), раздражение глаз и слезотечение, заболевания носоглотки в последующем;

— острые и хронические воспалительные изменения в органах дыхания (эмфизема, астма, хронический бронхит);

— симптомы гипоксии и гипоксемии: головная боль, головокружение, общая слабость, недомогание, тошнота, возможная рвота, проявления изменений со стороны сердечно-сосудистой системы (тахикардия, болевой синдром и др.);

— различные проявления раздражения кожи (зуд, гиперемия, разнообразная сыпь) с развитием дерматита);

— другие системные проявления (спастические боли в животе, тревога, анемия, лейкоз, вирус иммунодефицита человека, гепатит).

В целом, химический состав хирургического дыма хорошо изучен.

Перечень химических соединений, присутствующих в хирургическом дыме представлен в сводной таблице 2.

Особое беспокойство у медицинских работников, работающих с хирургическими дымами, вызывает *нитрил акриловой кислоты и*

цианистоводородная кислота. Нитрил акриловой кислоты представляет собой летучее, бесцветное химическое соединение, которое может *всасываться через кожу и легкие*. Нитрил акриловой кислоты, кроме того, высвобождает *цианистоводородную кислоту*.

Она является токсичным, бесцветным соединением, которое также *может всасываться в легких, через кожу и желудочно-кишечный тракт*.

Таблица 2.

Токсические химические компоненты хирургического дыма и их влияние на состояние здоровья человека

Химическое соединение	Влияние на состояние здоровья
Ацетальдегид	Оказывает раздражающее действие на глаза, кожу и дыхательный тракт. Клинические проявления воздействия паров также могут включать эритему, кашель, отек легких и потерю чувствительности. Возможно проявление тератогенных свойств. Раздражающее действие может наблюдаться при воздействии концентрации 50×10^6 на протяжении 15 мин. Вещество может облегчать захват эпителием бронхов прочих загрязнителей, содержащихся в воздухе
Акролеин	Способен вызывать раздражающее действие для слизистой оболочки глаз, верхних дыхательных путей и на кожу. Может повышать время свертываемости крови и вызывать повреждение печени и почек
Ацетонитрил	Оказывает раздражающее действие на слизистую оболочку носа, может вызывать удушье и в эксперименте повреждение печени и почек
Бензол	Вызывает головную боль, общую слабость, потерю аппетита и утомляемость. Серьезным является возможность повреждения при хроническом воздействии низких концентраций костного мозга с изменениями в крови. Периодические ингаляции вещества на протяжении одного года могут привести к нарушению состояние питания и общего метаболизма в организме
Формальдегид	Способен оказывать раздражающее действие на глаза, слизистую оболочку верхних и нижних дыхательных путей. Относительно часто вызывает кашель и бронхоспазм (удушьё). Отмечена сенсбилизация к

Химическое соединение	Влияние на состояние здоровья
	веществу, в эксперименте у крыс доказан тератогенный эффект со стороны носа
Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ): нафталин	Всасывается через респираторный тракт. Оказывает раздражающее действие на глаза и респираторный тракт. Имеет широкий диапазон чувствительности. Клинические неблагоприятные эффекты наблюдаются после вдыхания частиц даже при воздействии в очень малых концентрациях. Стирол и акролеин могут также повышать эффект от ингаляции
Стирол	Оказывает раздражающее действие на респираторный тракт, особенно на эпителиальную выстилку полости носа
Толуол	Пары хорошо всасываются при вдыхании. Обладают раздражающим действием на слизистую глаз и дыхательные пути. В эксперименте нарушает функцию ЦНС, а в высоких концентрациях обладает тератогенным действием

Считают правилом, что любое устройство (например, электрический ток, хирургический лазер или др.), которое выделяет *тепло с высокой энергией*, сопровождается *высвобождением внутриклеточного содержимого и образованием дыма или аэрозолей, нежелательных для здоровья.*

Поэтому при использовании электрохирургии в любом варианте (высоковольтная диатермия, радиоволновое воздействие) или высокоэнергетических лазеров (вапоризация), всегда *актуальна стратегия эвакуации хирургического дыма*, как потенциальной угрозы здоровью всех участников оперативного вмешательства.

Именно поэтому целесообразно использовать различные профилактические мероприятия в виде инженерных средств и/или индивидуальной защиты от побочных продуктов горения.

Учебное издание

Русакевич Петр Сергеевич

**ХИРУРГИЧЕСКИЙ ДЫМ И ЕГО ВРЕДНОСТЬ
ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ УЧАСТНИКОВ ОПЕРАЦИИ:
медицинское обоснование необходимости индивидуальной
и коллективной защиты**

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск П. С. Русакевич

Подписано в печать 23.05.2022. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».

Печать ризография. Гарнитура «Times New Roman».

Печ. л. 0,69. Уч.- изд. л. 0,52. Тираж 50 экз. Заказ 117.

Издатель и полиграфическое исполнение –
государственное учреждение образования «Белорусская медицинская
академия последипломного образования».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/136 от 08.01.2014.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1275 от 23.05.2016.

220013, г. Минск, ул. П. Бровки, 3. корп. 3.