

外科手术中产生的烟气 :仅仅是大量的热空气吗 ?

Surgical smoke :a review of the literature. Is this just a lot of hot air ?

Barrett WL Garber SM^① 黄文海^② 朱江帆^③ 摘译

(Indian Health Service , Ada , OK 74820 , USA)

【摘要】 外科医生和手术室人员经常接触手术设备产生的烟气 ,病人也会暴露于烟气中 ,特别是腹腔镜手术中产生的烟气滞留于腹腔内这一密闭空间并被吸收。这些烟气是一种与香烟烟气相似的毒性物质 ,然而对这种毒性物质的影响还未引起足够重视。应该采取必要措施尽可能减少手术中烟气的不良影响。

【关键词】 职业性危害 ; 烟雾 ; 组织切除 ; 电刀 ; 激光刀 ; 超声刀

中图分类号 R61

文献标识 :A

文章编号 :1009 - 6604(2005)04 - 0263 - 03

手术中使用电刀、激光刀以及超声刀都会产生有害的烟气。已有大量研究探讨其对工作人员和病人的危害。由于手术室中烟气普遍存在 ,但没有典型的快速致病效应 ,因此很容易使人忽视其危险性。目前还没有关于如何处理外科烟气的一致意见和强制性保护措施。

1 不同止血设备产生的烟气

1.1 电刀

电刀烟气中最多的化学物质是碳氢化合物、腈类、脂肪酸和酚。其中一氧化碳(CO)和丙烯腈的作用最为重要 ,其它的化学物质如腈化氢、甲苯和苯 ,产生数量虽少 ,但所起作用十分重要。

一氧化碳产物在腹腔镜手术中受到特别关注。腹腔镜手术中烟气被密闭和集中于腹腔内 ,导致血液中碳氧血红蛋白(COHb)水平升高。腹腔镜胆囊切除术结束时 ,腹腔内 CO 浓度可达 100 ~ 1 900 ppm ,远远高于环保局(EPA)制订的 1 h 暴露量 35 ppm 的水平。

丙烯腈是一种无色易挥发的液体 ,可以很容易的经皮肤和肺吸收 ,通过释放出氰化物来发挥毒性作用。职业安全健康管理组织(OSHA)规定的周围环境中这种物质暴露量的上限是 2 ppm ,手术室工作人员的暴露量为 1.0 ~ 1.6 ppm ,刚低于上述标准上限。氰化氢是一种有毒的无色气体 ,很容易通

过肺、胃肠道和皮肤吸收。其毒性作用机理为结合细胞色素氧化酶中的 Fe^{3+} ,从而抑制细胞对氧的利用 ,同时其在削弱组织氧合作用方面与 CO 有协同作用。

在结、直肠手术中所使用的电刀附近可检测出高浓度的苯($71 \mu g/m^3$)。手术室内的周围空气中也可检测出有高浓度苯($0.5 \sim 7.4 mg/m^3$)。最近的研究表明 ,使用电刀时血液高铁血红蛋白(MetHb)、氰化氢以及丙烯腈浓度虽然升高 ,但还未达到毒性水平。

在电刀烟气中已检测出完整的病毒颗粒 ,其传染性也已被证实。据估计电刀烟气的诱变性至少达到香烟烟气的水平 ,且其诱变性具有多样性。苯在电刀烟气的诱变性中起主要作用。

1.2 激光刀

激光刀切割组织时产生的羽状物中发现多种化学物质 ,包括苯、甲醛、丙烯醛、CO 和氰化氢。从 CO₂ 激光刀治疗足底疣过程中产生的羽状物和激光治疗复发的呼吸道乳头状瘤产生的烟气中 ,已分离出完整的人乳头状瘤病毒 DNA 链。在激光烟气中还检测出存活的噬菌体。带有存活噬菌体微粒的平均尺寸相当大 ,平均气体动力学直径为 $7 \sim 55 \mu m$ 。最近研究证实了激光烟气中存在传染性病毒基因、传染性病毒和可存活细胞。激光刀切割组织时产生的烟气比电刀更具传染性的潜在危险。已证实激光

① Long Island Institute for Minimally Invasive Surgery(488 Great Neck Road , Suite 300) , Great Neck , NY 11021 , USA

② (复旦大学附属金山医院普外一科 ,上海 200540)

③ (现在上海同济大学东方医院 ,上海 200120)

烟气具有细胞、基因毒性,并具有诱变和致畸变性,其诱变性估计至少达到香烟烟气的程度。

1.3 超声刀

在超声刀所产生的羽状物中发现有大量的细胞碎片($> 1 \times 10^7$ 微粒/ml),与电刀解剖相当数量的组织产生的羽状物相比,其微粒浓度约为后者的 1/4。当用钩形或球形刀头时,在其作用方向中可产生液体(血液或血清)气雾的聚集,范围可达作用部位 40 cm 处。脂肪组织比非脂肪组织产生的气雾多 17~23 倍。

超声刀制造商认为其产生的是蒸气而不是烟气,而且是低温气化。但值得注意的是,冷气雾要比高温气雾有更多的机会携带传染性或可存活物质。一项研究表明,超声刀所产生的微粒由组织、血液和血液副产物构成,几乎没有形态学上完整的细胞,也未发现成活的细胞。

2 外科烟气的潜在性危害

外科烟气对手术室工作人员及病人都存在潜在性危害。对工作人员的危害包括肺部刺激作用、炎症、感染的传播和基因毒性作用。对病人潜在危险最初发生于腹腔镜手术过程中。由于这些烟气集中于腹腔内,从而产生 CO 毒性作用、通过雾化细胞导致癌细胞扩散转移,以及对腹膜间隔及其所含脏器的毒性作用。腹腔内的烟气也会影响手术野的清晰。

2.1 呼吸道刺激作用

许多由组织高温分解产生的副产物对呼吸道具有刺激作用,可以诱发急、慢性炎症变化,包括肺泡充血、间质性肺炎、支气管炎和肺气肿。国家职业安全与健康机构(NIOSH)所做的一项研究评估激光刀操作过程中手术室工作人员所暴露的空气,发现乙醇、异丙醇、葱、甲醛、氰及经空气传播的诱变微粒等都较容易被测出。当短期内产生大量烟气时,周围环境中存在的甲醛将刺激敏感的个体,同时也产生经空气传播的诱变性微粒,但其究竟对手术室工作人员有什么危害尚不清楚。

一项乳房成形术中的研究表明,手术室工作人员周围经空气传播微粒的浓度为 $0.4 \sim 9.4 \text{ mg/m}^3$,这个水平稍低于职业安全与健康管理局(OSHA)关于公害性粉尘所订的标准(15 mg/m^3)及美国政府工业卫生学家会议所订的标准(10 mg/m^3)。另外,我们发现 3 g 组织经激光刀气化后可以产生大量丙烯醛和多环芳香族碳氢化合物,超过了 OSHA 关于这些化学物质在 1 m^3 空气中含量的界限。

2.2 感染的传播

尽管通过外科烟气有可能传播某些疾病,但是实际上经证实的病原体传播的病例很少。然而,有 1 个病例已基本被证实。一位外科医生用激光治疗湿疣病人后感染了喉乳头状瘤。在其喉部检出 6 型和 11 型人乳头状瘤病毒。在 Mayo Clinic 中用激光治疗疣的医生中,疣的总发病率相对于总体人群来说并没有升高,但其中有 13%(31 例中有 4 例)在鼻咽部长出疣,而在普通人群中鼻咽部疣并不常见。

2.3 基因毒性

烟气具有诱变性,也可以说是具有基因毒性。这种基因毒性的具体作用方式极有可能是多因素的,可能包括化学或生物学的形式。某些常感染生殖器部位的 HPV 类型已经在大部分的宫颈肿瘤和一些口腔和喉部的恶性肿瘤中发现,说明 HPV DNA 暴露是一个危险因素。一项研究指出,部分病毒或癌基因 DNA 序列能对暴露人群造成重要的健康危害,因为它们可能有转化的潜力,并且已被证实离烟气产生部位越远,危险性越小。

3 腹腔内的 CO 的作用

3.1 全身毒性作用

CO 是外科烟气中最主要成分之一,暴露于 CO 可以引起头痛、疲劳、恶心、呕吐、心律失常、心肌缺血、乳酸酸中毒、晕厥、抽搐和昏迷,其症状的严重程度取决于 CO 暴露量和个体的敏感性。

尽管还不知道腹腔内 CO 安全界限值是多少,但环保局制订的周围环境中最多允许的 1 h 暴露量是 35 ppm,最高限制浓度为 200 ppm。腹腔镜胆囊切除术中,由于腹膜对 CO 的吸收,导致血液中 COHb 浓度的升高。腹腔内 CO 的绝对水平从平均值 4.7 ppm 上升到平均 326 ppm,在胆囊取下来时达峰值 686 ppm。COHb 水平从 $(0.7 \pm 0.6)\%$ 上升到 $(1.2 \pm 0.7)\%$,未发现血液动力学变化。

腹腔镜手术产生的烟气不能及时排出,就会发生血液中 MetHb 和 COHb 浓度升高,组织供氧量减少。血液中 MetHb 水平在术后 6 h 内可能保持正常以上,这些变化可以影响脉搏血氧定量法的准确性。一项研究发现,腹腔镜手术中及时排出密闭在腹腔内的烟气,并给以高浓度吸氧,可以减缓血液中 COHb 水平的升高。

3.2 对腹腔内脏器的毒性

外科烟气的化学成分可能对腹腔内脏器有轻微不良影响。最近的一项研究发现,在 CO_2 环境中使用电刀可产生有毒的烟气,可能对腹腔和全身免疫系统的细胞成分有亚致死作用。这在处理腹腔内感

染和肿瘤手术时可能很重要,因为腹腔内免疫力在对抗感染性生物和(或)恶性肿瘤时起重要作用。

3.3 通道效应

腹腔镜胃肠道肿瘤手术时,癌细胞在电刀或超声刀作用下被气雾化,沿套管周围泄漏出来,种植于皮下组织,此即通道效应。套管插入局部创伤引起的炎症反应,可使肿瘤细胞种植的可能性增加。通道效应于 1995 年首次提出,发表在当年的《英国外科杂志》,并在随后的一项研究中被进一步阐明。由于气腹的存在形成一个压力梯度,肿瘤细胞可以随气体向外流出,通过伤口形成种植。常规开腹手术时不存在通道效应。

早期的研究表明,气腹可能是通过细胞气雾化机理使肿瘤细胞在穿刺孔聚集并发生转移。1998 年一项研究提供了支持通道效应的证据。这项研究表明在引起泄露的地方,肿瘤细胞的存在也增加。为了支持通道效应的假说,1995 年病例报告提出发生穿刺孔转移的伤口并未用于取出肿瘤标本,故局部种植转移并非由于肿瘤直接接触所引起。其它的研究对通道效应假说提出疑问,并提出穿刺孔肿瘤细胞种植的其它可能原因。关于通道效应的动物实验结果也是有争议的,少量的人体研究结果也不能支持这个假说。

4 减少外科烟气暴露量的措施

4.1 开放性手术

一些简单措施可以避免外科烟气对手术室工作人员的不良影响。当有大量羽状物存在时,可以暂时离开手术室,确信口罩已安全系紧,不要在口罩周边留有大量漏口等方法来避免吸入外科烟气,也可以使用高质量的过滤口罩或双层口罩。尽管口罩可以捕获较大微粒(一般直径 $5\ \mu\text{m}$ 或更大),但是对烟气并无足够的保护作用。不同的口罩性能差别很大,一些口罩可以过滤平均直径 $1\ \mu\text{m}$ 的微粒,然而直径达 $9\ \mu\text{m}$ 的微粒仍能穿透另外一些口罩,表明口罩并不能完全避免烟气中颗粒性物质的穿过,其可靠性取决于口罩的过滤性能。手术中用吸引器及时吸去产生的烟气,或使用排烟系统,也是防止烟气吸入的有效方法。

4.2 腹腔镜手术

腹腔镜手术中产生的烟气具有两个方面的影响,其一是产生并存在于气腹中的烟气,既模糊了外科医生的视线,也给病人带来潜在的危险;其二是从套管中释放到手术室中的烟气对外科医生和手术室工作人员都构成潜在的威胁。

万方数据

使用电刀前后持续排气,可以保证腹腔内的 CO 和其它有害物质处于最低水平,也使潜在的存活细胞不断稀释(例如胆囊癌细胞),从而理论上可导致的穿刺孔转移机会大为降低。

烟气从套管中排出时,其浓度通常高于开放性手术所产生的烟气。其原因是由于烟气逐渐积累,然后以一个特定的方向从一个相对高速度的“喷嘴”中突然全部释放出来。假如这个“喷嘴”对着外科医生或手术室工作人员,他们就会暴露于高浓度的烟气中。因此,手术室人员应该尽可能避开这类“喷嘴”。我们也可以在 luer-lok 瓣上放一块纱布以阻止烟气从一个方向上喷射出来。另外一个办法就是在使用电刀时,部分打开套管中的 luer-lok 瓣,以防止烟气的聚集和迅速排出。这些技术的有效性还有待于证实。使用与套管 luer-lok 瓣配套的滤器,可以滤掉烟气中大多数有害的化学物质,清除烟气的大部分气味,保护手术室工作人员,避免烟气带来的不利影响。

5 总结

尽管在大多数病例中,外科烟气对病人、外科医生和手术室工作人员不会马上产生危害,但是外科医生和手术室工作人员应该意识到外科烟气可能导致的潜在性危险,并采取合理的措施尽量减少暴露量和防止不利的影响。

组织切割时产生的含有高浓度病毒的烟气可能导致病毒的传播,烟气排出器或高性能的过滤口罩或通气装置有助于阻止病毒的传播。使用电刀时腹腔内产生高浓度 CO,能导致高铁血红蛋白血症,也可能是导致腹腔镜手术后呕吐和头痛的重要因素。高浓度氧通气或使用电刀前后持续通气可减少腹腔中 CO 浓度。

电刀烟气中可以存在活细胞,可能通过被称为通道效应的方式而引起穿刺孔转移。避免穿刺孔气体泄漏、尽量防止处理时细胞的脱落和气雾化,以及通过套管持续或间断放气,有助于防止穿刺孔转移。使用超声刀所产生的气雾的危险性目前还不清楚。由于其产生的微粒较大,可能含有更多的生物性可存活微粒,故超声刀产生的烟气危险性可能更大。

外科烟气对肺有刺激性,并具有与香烟烟气类似的诱变性,暴露于这些烟气中的危险性具有累积效应,且越靠近烟气产生的部位危险性越大。手术室工作人员应尽可能减少暴露量。

(收稿日期 2003-12-04)

(修回日期 2004-02-02)