

内镜操作导致的脑空气栓塞临床病例特点分析

向钱 李琦龙 董晓旭 郑晓或 武格帆 沈阳 方巍 杨洪娜

山东第一医科大学附属省立医院重症医学科, 山东济南 250000

通信作者: 杨洪娜, Email: 7216263@163.com

【摘要】 目的 通过分析内镜操作导致脑空气栓塞(CAE)患者的临床表现、影像学表现、治疗及预后等资料,以加强对CAE的认识。**方法** 检索美国国立医学图书馆PubMed数据库、中国知网(CNKI)、万方数据库中有关CAE的文献,检索时间为建库至2024年6月。对数据库中内镜检查治疗导致CAE的相关文献和本研究报告的1例因胆囊癌切除术后合并消化道出血患者在胃镜检查过程中发生CAE的相关资料进行回顾性分析。**结果** 共筛选出符合内镜相关CAE且能获取全文内容的文献47篇,包括1篇中文文献和46篇英文文献;共报告内镜诊疗操作相关CAE病例49例,加上本研究报告的1例共50例患者,其中男性33例,女性17例。发病时间:术中发病23例,手术结束时立即发病2例,术后发病25例。临床表现:100.0%(50/50)的患者出现神经系统症状(包括意识障碍43例,局灶性神经症状24例,癫痫发作18例),52.0%(26/50)的患者出现呼吸系统症状[包括脉搏血氧饱和度(SpO₂)下降24例,呼吸频率改变8例],36.0%(18/50)出现循环系统症状(包括心律失常14例,血压下降10例)。影像学表现:47例行头颅计算机断层扫描(CT),15例行头颅磁共振成像(MRI),其中13例同时行头颅MRI与CT。44例头颅CT显示颅内积气,15例行头颅MRI提示缺血性病变。危险因素:6例证实存在卵圆孔未闭,其中1例为既往有卵圆孔未闭病史,2例为尸检证实存在卵圆孔未闭,3例为超声证实存在卵圆孔未闭。1例无黏膜或结构破坏,2例危险因素不详,47例存在黏膜或结构破坏。治疗方法:19例患者接受高压氧及对症支持治疗,其余31例患者仅接受对症支持治疗。预后:19例接受高压氧及其他对症支持治疗的患者中存活12例(治愈4例,残疾8例),死亡7例。31例仅接受对症支持治疗的患者中存活12例(治愈3例,残疾9例),死亡17例,2例患者结局不详。**结论** 对于疾病本身导致的黏膜和(或)局部解剖结构病变或内镜操作导致局部解剖结构变化的患者,在内镜检查治疗过程中或结束后出现不能用脑血管疾病解释的意识障碍、局灶性神经症状、癫痫发作和SpO₂下降时,建议尽早行颅脑CT检查并动态监测颅脑CT或MRI改变,警惕CAE的发生。对于怀疑CAE患者建议尽早行高压氧治疗可改善患者预后。

【关键词】 脑空气栓塞; 内镜检查; 意识障碍; 癫痫发作; 脉搏血氧饱和度; 头颅计算机断层扫描; 头颅磁共振成像

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2026.02.007

Analysis of clinical characteristics of cerebral air embolism due to esophagogastroduodenoscopy

Xiang Qian, Li Qilong, Dong Xiaoxu, Zheng Xiaoyu, Wu Gefan, Shen Yang, Fang Wei, Yang Hongna

Department of Critical Care Medicine, Shandong Provincial Hospital Affiliated to Shandong First Medical University, Jinan 250000, Shandong, China

Corresponding author: Yang Hongna, Email: 7216263@163.com

【Abstract】 Objective To analyze the clinical manifestations, imaging findings, treatments, and prognoses of patients with cerebral air embolism (CAE) induced by endoscopic procedures, aiming to enhance the clinical understanding of this complication. **Methods** A comprehensive literature search was conducted in PubMed, China National Knowledge Infrastructure (CNKI), and Wanfang databases from their inception to June 2024 for studies related to CAE. A retrospective analysis was performed on literature regarding CAE induced by endoscopic procedures, alongside a newly reported case in this study involving a patient with gastrointestinal bleeding following cholecystectomy who developed CAE during gastroscopy. **Result** A total of 47 full-text articles meeting the criteria for endoscopy-associated CAE were identified (1 Chinese, 46 English), a total of 49 cases of CAE related to endoscopic diagnosis and treatment procedures were reported. Combined with the 1 new case from our study, 50 patients (33 males, 17 females) were analyzed. Onset timing: 23 cases occurred during the procedure while 25 cases occurred after completing procedure. The left 2 cases occurred at the end of the procedure. Clinical manifestations: 100.0% (50/50) patients presented with neurological symptoms (including altered consciousness in 43 cases, focal neurological symptoms in 24 cases, and seizures in 18 cases). Respiratory symptoms were observed in 52.0% (26/50) of cases [including decreased pulse oxygen saturation (SpO₂) in 24 cases and altered respiratory rate in 8 cases]. Circulatory symptoms were observed in 36.0% (18/50) of cases (arrhythmias in 14 cases and hypotension in 10 cases). Imaging: 47 patients underwent cranial computed tomography (CT) while 15 patients underwent cranial magnetic resonance imaging (MRI). More importantly, 13 patients performed both cranial MRI and cranial CT. Cranial CT showed intracranial pneumatosis in 44 cases; cranial MRI suggested ischemic lesions in 15 cases. Risk factors: patent foramen ovale was confirmed in 6 cases, including 1 case

with a prior history of patent foramen ovale, 2 cases confirmed by autopsy, and 3 cases confirmed by ultrasonography. Mucosal or structural disruption was absent in 1 case, risk factors were unknown in 2 cases, and mucosal or structural disruption was present in 47 cases. Treatment method: 19 cases received hyperbaric oxygen and symptomatic supportive treatment while 31 cases only received symptomatic supportive treatment. Prognosis: among the 19 patients who received hyperbaric oxygen and other supportive treatments, 12 survived (4 cured, 8 disabled), and 7 died. Among the 31 patients who only received symptomatic supportive treatment, 12 survived (3 cured, 9 disabled), 17 died, and the remaining 2 cases had unknown outcomes. **Conclusions** For patients with mucosal and/or local anatomical structural lesions caused by the disease itself, or with local anatomical changes induced by endoscopic procedures, if during or after endoscopic diagnosis and treatment they develop disturbances of consciousness, focal neurological symptoms, epileptic seizures, and decreased SpO₂ that cannot be explained by cerebrovascular diseases, it is recommended to perform cranial CT as early as possible and to dynamically monitor changes on cranial CT or MRI, with vigilance for the occurrence of CAE. For patients suspected of having CAE, early hyperbaric oxygen therapy is recommended to improve patient outcomes.

【Key words】 Cerebral air embolism; Esophagogastroduodenoscopy; Consciousness loss; Seizure; Pulse oxygen saturation; Cranial computed tomography; Cranial magnetic resonance imaging

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2026.02.007

脑空气栓塞(cerebral air embolism, CAE)是指空气进入脑血管并造成阻塞,从而引起的一种罕见、进展迅速且致死率较高的疾病。目前认为医源性因素是导致 CAE 的主要原因,常见的医源性因素包括心胸外科手术、介入放射学技术或导管操作、深静脉置管拔管、正压机械通气、内镜检查、解剖变异(卵圆孔未闭和肺动静脉畸形)、血液透析等,非医源性创伤则相对少见^[1]。由于 CAE 发病率低且缺乏典型的临床症状和体征,经常被漏诊或误诊而延误治疗。目前关于 CAE 多为个案报告,只有 1 篇关于 30 例 CAE 的病例特点回顾性分析^[2],但没有再进行诱因分析。随着内镜检查治疗越来越广泛,有不少是关于内镜检查操作引起的 CAE 个案报告,但对于因内镜检查导致 CAE 的临床特点尚无相关研究。为明确内镜诊疗相关 CAE 的临床特点,本研究回顾性分析了山东省立医院 1 例胆囊癌根治术后消化道出血患者于电子胃镜检查中发生 CAE 的病例,并结合文献荟萃分析,从疾病诱因、临床表现、影像学特点、治疗及预后等角度总结了 CAE 的特征。现报告如下。

1 资料与方法

1.1 病例选择:除了山东省立医院报告的 1 例 CAE 患者外,其余病例均来自美国国立医学图书馆 PubMed 数据库、中国知网(CNKI)和万方数据库。以“脑空气栓塞和内镜检查治疗”为检索词检索 CNKI、万方数据库;以“cerebral air embolism”和“esophagogastroduodenoscopy”为检索词检索 Pubmed,检索时间为建库至 2024 年 6 月。总结出 50 例因内镜检查治疗导致 CAE 患者的临床资料,详细信息见表 1。

1.2 本组患者临床资料:患者女性,72 岁,既往糖尿病史,否认高血压等其他病史。因胆囊癌行腹腔镜胆囊癌根治切除术+腹腔镜下肝部分切除术+腹腔镜下腹腔淋巴结清扫术+腹腔镜下肝门胆管空肠吻合术,术后 1 月余因出现呕血、黑便行电子胃镜检查,在检查开始 3 min 后患者突然出现胸闷憋喘、脉搏血氧饱和度(pulse oxygen saturation, SpO₂)下降,最低降至 0.70,停止操作后给予吸氧,SpO₂逐渐恢复至正常,但随后又出现意识丧失及双侧瞳孔不等大,4 h 后出现全身强直痉挛性癫痫发作,转入山东省立医院重症医学科。查体:昏迷,格拉斯哥昏迷评分(Glasgow coma scale, GCS)3 分,右侧瞳孔 3 mm,左侧瞳孔 2 mm,对光反射可,双眼向右上凝视;疼痛刺激可见四肢屈曲,双下肢肌张力低,肌力查体不配合,双侧病理征阴性。双肺呼吸音粗,右肺可闻及哮鸣音。心率 131 次/min,余未见异常。腹部膨隆,触软,叩鼓音,可见腹腔引流管 2 根,见墨绿色液体流出。全腹压痛及反跳痛无法配合。

在转入山东省立医院重症医学科前,患者在症状发生后立即行头颅计算机断层扫描(computed tomography, CT),结果示(图 1A):①双顶部极低密度灶,考虑少量颅内积气;②符合颅内多发缺血灶 CT 表现。头颅 CT 检查表现不能解释临床症状,随即行头颅磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)结果示:①颅内多发缺血灶,结合病史,怀疑急性或亚急性脑血管事件,需鉴别特鲁索综合征;②符合脑动脉粥样硬化磁共振血管成像(magnetic resonance angiography, MRA)表现。结合症状、体征及辅助检查,考虑特鲁索综合征,给予脱水、降颅

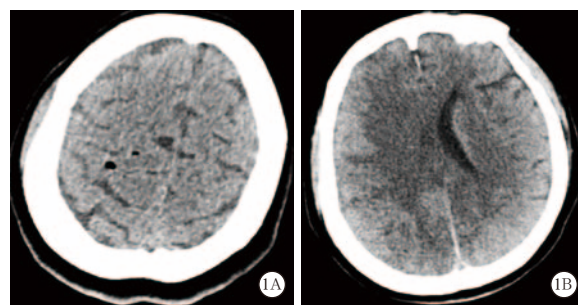
表 1 50 例内镜诊疗 CAE 患者的临床资料

文献	危险因素	临床表现	文献	危险因素	临床表现
Ghannam 等 ^[2]	黏膜损害	术后偏瘫、局灶神经症状、癫痫发作	Pee 等 ^[25]	结构破坏	术后意识模糊
Whall 等 ^[3]	不详	术后局灶神经症状、癫痫发作	Baban 等 ^[26]	结构破坏	术后意识模糊
Yang ^[4]	黏膜损害	术后意识模糊	Koster 等 ^[27]	结构破坏	术中局灶神经症状、癫痫发作
Shah 等 ^[5]	黏膜损害	术后未醒、意识丧失	Truyols 等 ^[28]	黏膜损害	术毕 SpO ₂ 下降；术后昏迷及癫痫发作
Hamilton 等 ^[6]	结构破坏	术中局灶神经症状	Nem 等 ^[29]	结构破坏	术中呼吸窘迫、SpO ₂ 下降；术后意识丧失及局灶神经症状
Farouji 等 ^[7]	黏膜损害	术中 SpO ₂ 下降；术后意识丧失、 休克及脑干反射消失	Efthymiou 等 ^[30]	结构破坏	术中 SpO ₂ 下降；术后意识丧失
梅雪灿等 ^[8]	黏膜损害	术中局灶神经症状	Pandurangadu 等 ^[31]	结构破坏	术后意识改变、局灶神经症状、癫痫发作
Betancourt-Torres 等 ^[9]	黏膜损害	术后麻醉未醒、意识丧失	López 等 ^[32]	结构破坏	术后意识丧失、低血压、局灶神经症状
Fang 等 ^[10]	黏膜损害	术中 SpO ₂ 下降、意识丧失	Vinetti 等 ^[33]	结构破坏	术中 SpO ₂ 下降、意识丧失、局灶神经症状
Bai 等 ^[11]	黏膜损害	术中癫痫大发作、意识丧失及心搏、呼吸骤停	Kolluru 等 ^[34]	无	术后局灶神经症状、呼吸窘迫、意识改变、癫痫发作
Kjellberg 等 ^[12]	结构破坏	术中活检后 SpO ₂ 下降、癫痫发作及意识丧失	Popa 等 ^[35]	不详	术中癫痫发作；术后昏迷、SpO ₂ 下降、局灶神经症状
Cooper 等 ^[13]	黏膜损害	术后偏瘫、局灶神经症状	van Boxel 等 ^[36]	结构破坏	术后 SpO ₂ 下降、低血压、意识丧失
Cooper 等 ^[13]	黏膜损害	术中心律失常、SpO ₂ 下降、意识丧失	van Boxel 等 ^[37]	结构破坏	术中 SpO ₂ 下降、低血压、意识丧失
Park 等 ^[14]	黏膜损害	术后昏迷、休克、呼吸频率减慢	ter Laan 等 ^[38]	黏膜损害	术中局灶神经症状、意识改变；术后癫痫发作
Park 等 ^[14]	结构破坏	术后意识丧失、SpO ₂ 下降、休克、心搏、呼吸骤停	McAree 等 ^[39]	结构破坏	术毕意识丧失、癫痫发作、局灶神经症状
Mishra 等 ^[15]	黏膜损害	术后意识丧失、脑干反射消失	Stabile 等 ^[40]	结构破坏	术后 SpO ₂ 下降、心律失常、低血压、意识丧失
Trabanco 等 ^[16]	结构破坏	术后呼吸窘迫、SpO ₂ 下降、昏迷	Green 等 ^[41]	结构破坏	术中休克、SpO ₂ 下降、癫痫发作；术后呼吸暂停、昏迷
Marchesi 等 ^[17]	结构破坏	术中 SpO ₂ 下降、短暂室性心动过速、 低血压、心搏骤停、意识丧失	Takeuchi 等 ^[42]	结构破坏	术后癫痫发作、意识丧失、SpO ₂ 下降
Fuhs 等 ^[18]	黏膜损害	术后麻醉未醒、意识丧失	Demaerel 等 ^[43]	黏膜损害	术中呼吸窘迫、SpO ₂ 下降、意识丧失、术后偏瘫
Vachalová 等 ^[19]	结构破坏	术后癫痫发作、昏迷	Weber 等 ^[44]	结构破坏	术后癫痫发作、局灶神经症状、意识改变
Eoh 等 ^[20]	黏膜损害	术中心律失常、SpO ₂ 下降；术后 意识丧失、偏瘫、癫痫	Akhtar 等 ^[45]	黏膜损害	术后意识丧失、局灶神经症状
Oatis 等 ^[21]	黏膜损害	术中休克；术后局灶神经症状	Raju 等 ^[46]	黏膜损害	术中 SpO ₂ 下降、意识丧失、局灶神经症状
Athauda 等 ^[22]	结构破坏	术中意识丧失、局灶神经症状	Covington 等 ^[47]	结构破坏	术中局灶神经症状、意识丧失； 术后 SpO ₂ 下降、心律失常
Zampeli 等 ^[23]	黏膜损害	术后昏迷	Christl 等 ^[48]	黏膜损害	术后意识改变、局灶神经症状、心律失常、呼吸暂停
Niehaus 等 ^[24]	黏膜损害	术后局灶神经症状、癫痫发作	本例患者	结构破坏	术中憋喘、SpO ₂ 下降；术后意识丧失、 瞳孔不等大、癫痫发作

压、抗感染、抗癫痫、禁饮食治疗原发病及抑制胰腺分泌等对症支持治疗。转入重症医学科后第 2 天再次行头颅 MRI：① 颅内广泛脑回肿胀；② 颅内多发弥散受限病灶，较前 1 天进展明显。转入重症医学科后第 3 天复查头颅 CT(图 1B)：符合弥漫性脑水肿、左侧颞枕叶梗死 / 软化灶 CT 表现，未再发现颅内积气。转入重症医学科后第 2 天行心脏超声检查，未见结构异常。转入重症医学科后第 6 天复查头颅 MRI：脑弥漫性异常信号，符合脑缺氧或炎性损伤并细胞毒性水肿 MRI 表现。胃镜检查当天、检查后第 2 天、检查后第 6 天头颅 MRI 影像见图 2。转入重症医学科后第 9 天复查头颅 CT：颅内多发低密度区，考虑缺血缺氧性 CT 表现。此时考虑患者发生脑静脉系统空气栓塞，建议行高压氧治疗，患者家属拒绝。患者癫痫逐渐控制未再发作，GCS 评分从 3 分升高至 7 分。出院 2 个月后随访，患者仍处于昏迷状态。

2 结果

2.1 文献检索结果：在数据库中检索并筛选出符合内镜相关 CAE 且能获取内容的文献共 47 篇，中文

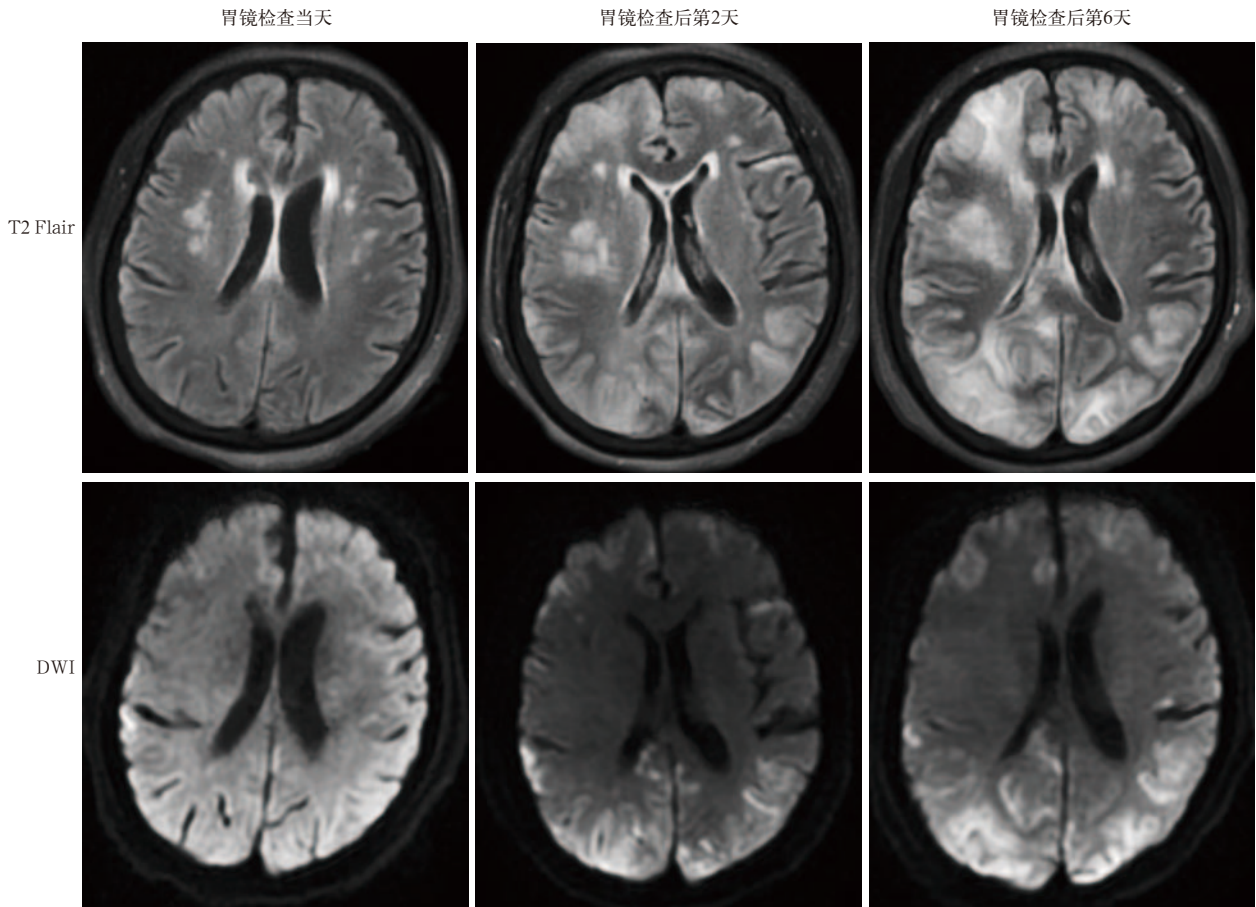


注：A 为患者胃镜检查当日的头颅 CT 影像，
B 为胃镜检查后第 3 天复查的头颅 CT 影像

图 1 1 例 72 岁女性 CAE 患者头颅 CT 影像

1 篇，英文 46 篇，均为病例报告，共报告 49 例内镜诊疗操作相关 CAE 患者的临床资料，包括本组 1 例患者共 50 例。

2.2 CAE 的高危因素：患者既往存在的或由检查治疗所致的局部解剖结构异常，是内镜相关 CAE 的高危因素。在所有确诊的 CAE 患者中只有 12.0% (6 例) 存在卵圆孔未闭，其中 4.0% (2 例) 为尸检证实存在卵圆孔未闭，6.0% (3 例) 为超声证实，2.0% (1 例) 为既往有卵圆孔病史，大部分患者并不存在



注：Flair 为液体衰减反转恢复序列，DWI 为弥散加权成像

图 2 1 例 72 岁女性 CAE 患者头颅 MRI 影像

卵圆孔未闭(图 3),提示卵圆孔未闭并不是 CAE 的必要条件。94.0% (47/50) 患者存在局部解剖改变,其中 24 例患者因活检、食管穿孔或破裂、胃肠道手术等原因导致局部结构破坏,23 例患者因溃疡、黏膜糜烂出血、胃肠道支架植入及更换等原因导致局部黏膜损害。1 例无黏膜破坏及结构破坏,2 例不详(表 1)。提示局部组织结构和(或)黏膜损害可能是引起内镜检查导致 CAE 的高危因素和原因。

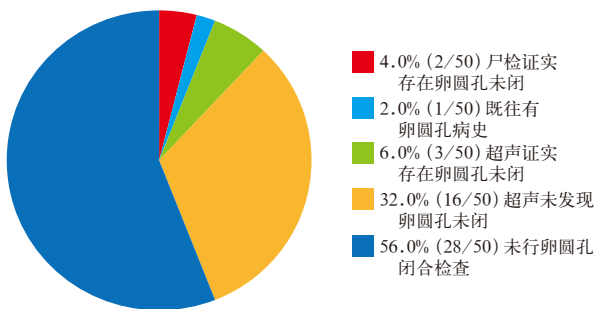


图 3 50 例确诊 CAE 患者卵圆孔闭合情况

2.3 因内镜检查治疗导致 CAE 的患者,其发病情

况存在性别和年龄差异(图 4):50 例患者中男性占 66.0% (33/50), 年龄 36~85 岁、平均(63.91±13.46)岁;女性占 34.0% (17/50), 年龄 46~90 岁、平均(64.65±13.21)岁,提示内镜检查治疗导致的 CAE 多见于老年男性,且每个年龄段男性多于女性。

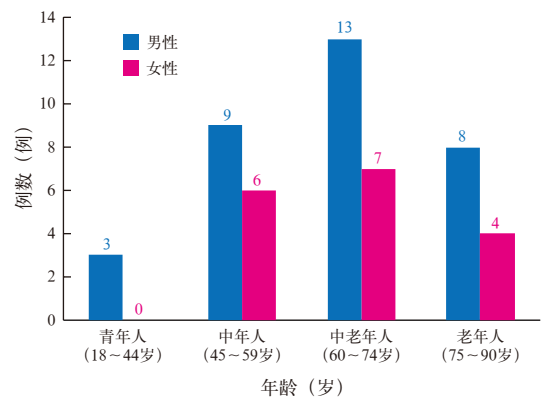


图 4 50 例因内镜检查治疗导致 CAE 患者的年龄分布

2.4 内镜检查治疗导致的 CAE,临床表现主要为检查治疗后出现意识障碍及癫痫发作:23 例患者为内镜检查过程中发病,2 例为手术结束时发病,

25 例为内镜检查结束后发病(表 1)。患者出现的症状主要分 3 个系统,全部患者有神经系统表现, 52.0%(26/50) 的患者有呼吸系统表现, 36.0%(18/50) 的患者有循环系统表现(图 5)。神经系统表现: 86.0%(43/50) 的患者出现不同程度的意识障碍(如意识模糊、嗜睡、昏迷), 36.0%(18/50) 的患者出现不同类型的癫痫发作(如四肢抽搐、肌阵挛、全身强直-阵挛发作), 48.0%(24/50) 的患者出现局灶神经症状(包括偏瘫、偏盲、凝视、构音障碍、面瘫)。呼吸系统表现: 48.0%(24/50) 的患者出现 SpO₂ 下降, 16.0%(8/50) 出现呼吸频率异常(包括呼吸急促、呼吸过缓、呼吸停止)。循环系统表现: 28.0%(14/50) 的患者出现不同类型心律失常(心动过速、心动过缓、心房颤动、心搏骤停), 20.0%(10/50) 出现低血压。提示内镜检查治疗导致的 CAE 主要临床表现为意识障碍、癫痫发作和 SpO₂ 下降。

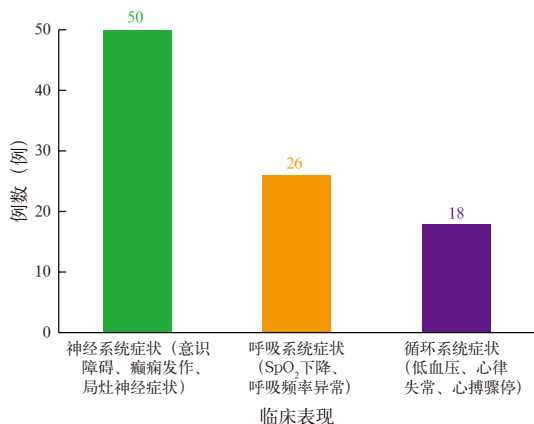


图 5 50 例内镜检查治疗导致 CAE 患者的临床表现

2.5 内镜检查治疗导致的 CAE,其典型影像学表现为头颅 CT 提示颅内积气: 50 例患者中 47 例行 CT 检查,其中 44 例头颅 CT 提示在颅内发现气体灶, 3 例未发现颅内积气(图 6)。15 例患者行 MRI 提示皮层下缺血性病变。提示头颅 CT 比 MRI 敏感且有代表性发现,如颅内积气。

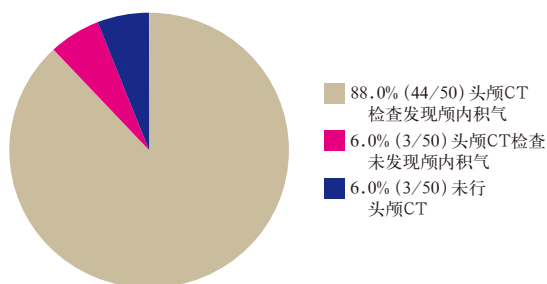


图 6 50 例内镜检查治疗导致 CAE 患者的头颅 CT 检查结果

2.6 早期给予高压氧治疗可明显改善内镜检查治疗导致 CAE 患者的预后: 36.0%(19/50) 的患者接受高压氧及其他对症支持治疗,其中存活 12 例(治愈 4 例,残疾 8 例),生存率 63.2%(12/19),死亡 7 例,病死率 36.8%(7/19); 62.0%(31/50) 的患者仅接受对症支持治疗,存活 12 例(治愈 3 例,残疾 9 例),生存率 39.7%(12/31),死亡 17 例,病死率 54.8%(17/31),结局不详者 2 例(图 7)。提示高压氧治疗可明显提高内镜检查治疗导致 CAE 患者的生存率。

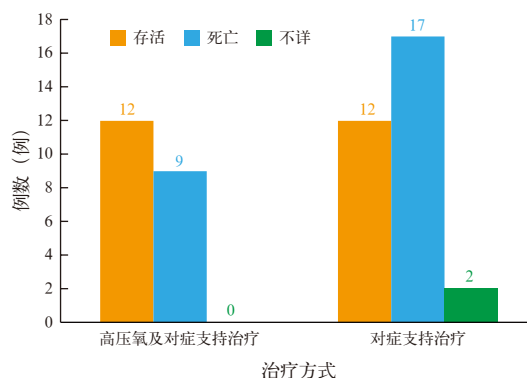


图 7 50 例内镜检查治疗导致 CAE 患者的治疗方式及结局

3 讨论

CAE 作为空气栓塞的一种,临床罕见且预后较差,且经常被误诊或漏诊。CAE 发病多认为与医源性因素有关。本研究以内镜检查治疗这一医源性操作为切入点,总结了该操作引发 CAE 的临床特点。

既往研究显示,卵圆孔未闭是发生空气栓塞尤其是静脉空气栓塞的高危因素^[49],但本研究显示,仅有 6 例患者合并有卵圆孔未闭,而 48 例患者存在局部黏膜或解剖结构破坏,因此局部黏膜或解剖结构破坏是引起 CAE 的高危因素。内镜检查或治疗过程中为了更好地成像需要注入气体,而破损的黏膜或局部解剖结构变化,使血管更容易暴露于高压气体中,因此可使高压气体通过门静脉系统进入颅内引起 CAE^[50]。此外,内镜除了用于前视或侧视的光学系统外,还配备了一个用于注入冲洗液以清洁黏膜的装置,这个装置也可以通过吸入液体或充气来扩张中空器官,以便注入药物或扩大检查视野。研究显示,在无冲洗功能的状态下,系统压力最高可达 323.3 mmHg(1 mmHg≈0.133 kPa),而如果同时操作冲洗功能,则系统压力最高可达 338.3 mmHg,冲洗液(纯净水)的最大无阻力流速为 100 mL/min,空气的最大流速为 2 000 mL/min,在与血管系统存

在连接的情况下,比如黏膜破损、内镜注入气体均可能会在几秒钟内导致严重的空气栓塞^[51]。有研究显示,胃溃疡穿孔患者也可出现 CAE^[52],与本研究结果一致。本研究结果显示,CAE 的发病年龄集中在 49~72 岁,平均(64.16±13.25)岁;从各个年龄段及总体来看,男性发病率较女性高,这符合男性消化系统疾病发病率高于女性的流行病学特点^[53]。

CAE 可分为动脉系统和静脉系统的栓塞。CAE 常表现为失语、偏瘫、感觉障碍、复视、意识障碍。而脑静脉栓塞的临床表现多为头痛、单纯颅内高压症状、局灶性功能缺损、癫痫发作^[54-55]。CAE 最常见的神经系统表现是意识改变、局灶性神经症状和癫痫发作。此外,患者还出现了呼吸系统与循环系统的受累症状,这可能与气体进入肺循环和冠状动脉循环有关,分别引起呼吸窘迫和心律失常。其中,呼吸窘迫的发生率高于心律失常,这一现象与空气栓塞最容易发生于肺循环的病理特点一致^[56]。内镜检查治疗后,如患者出现意识改变、局灶性神经症状、癫痫发作或呼吸窘迫,临床医生应高度警惕 CAE 的可能。

头颅 CT 检查对于 CAE 的敏感度要高于 MRI,本研究中 47 例患者行头颅 CT,其中 44 例患者颅内见气体;而 15 例患者行头颅 MRI,其中 5 例表现为缺血性病变,6 例为区域弥散受限,3 例表现为区域梗死,1 例表现为区域高密度影,缺少典型的头颅 MRI 影像学表现。本研究的病例早期头颅 CT 发现气体,而第 2 天头颅 CT 未再发现气体,头颅 MRI 第 1 天局灶性改变,第 2 天提示病灶增多,显示为缺血缺氧性改变,建议及早行头颅 CT 检查而非 MRI 检查。对于接受内镜检查治疗的患者,存在黏膜破损或局部解剖结构改变,在检查治疗过程中或之后出现意识改变、局灶性神经症状、癫痫发作及呼吸窘迫,建议尽快行头颅 CT 检查,警惕 CAE 的发生。

CAE 紧急处理措施:立即停止操作,改变患者体位,消除手术部位静脉负压,早期接受高压氧治疗^[57]。本研究显示,接受高压氧治疗患者生存率为 63.2%,未接受高压氧治疗的生存率为 39.7%,高压氧能明显提高 CAE 患者的生存率。这与第十届欧洲高压氧医学共识^[57]结果是一致的:栓塞和高压治疗之间的间隔时间较短(<6 h)与更好的结果相关。因此,建议尽早行高压氧治疗改善预后。

本研究存在一定局限性,首先是样本量小,且部分详细临床资料不能获得,因此对于早期高压氧

治疗是否对其预后起决定性影响尚不明确;其次对于影像学表现缺乏连续性头颅 MRI 监测,无法看到 CAE 的影像学动态演变,很难与缺血缺氧性脑病鉴别。

4 结 论

对于疾病本身导致的黏膜破损和(或)解剖结构病变或内镜操作引起黏膜破损和(或)局部解剖结构变化的患者,在内镜检查治疗过程中或结束后出现意识障碍、局灶性神经症状、癫痫发作和(或)SpO₂下降时,建议尽早行头颅 CT 检查并动态监测头颅 CT 改变,警惕 CAE 的发生。对于怀疑 CAE 的患者建议尽早行高压氧治疗,以改善预后。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Brown AE, Rabinstein AA, Braksick SA. Clinical characteristics, imaging findings, and outcomes of cerebral air embolism [J]. *Neurocrit Care*, 2023, 38 (1): 158-164. DOI: 10.1007/s12028-022-01664-3.
- [2] Ghannam M, Beran A, Ghazaleh D, et al. Cerebral air embolism after esophagogastroduodenoscopy: insight on pathophysiology, epidemiology, prevention and treatment [J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2019, 28 (12): 104403. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2019.104403.
- [3] Whall J, Besser E, Lonzanida J, et al. Cerebral air embolism after endoscopy: a case report [J]. *Clin Pract Cases Emerg Med*, 2024, 8 (1): 46-48. DOI: 10.5811/cpcem.1371.
- [4] Yang W. Cerebral air embolism after esophageal stenting [J]. *Dig Endosc*, 2023, 35 (5): 672. DOI: 10.1111/den.14601.
- [5] Shah R, Shah S. Diffuse bi-hemispheric cortical infarction secondary to cerebral air embolism after elective esophagogastroduodenoscopy: a case report and review of literature [J]. *Cureus*, 2023, 15 (3): e36069. DOI: 10.7759/cureus.36069.
- [6] Hamilton K, Orde M, Finlayson G. Fatal cerebral air embolism post esophageal endoscopy with dilatation: a case report [J]. *Med Sci Law*, 2024, 64 (3): 245-247. DOI: 10.1177/00258024231212878.
- [7] Farouji I, Chan KH, Abed H, et al. Cerebral air embolism after gastrointestinal procedure: a case report and literature review [J]. *J Med Cases*, 2021, 12 (3): 119-125. DOI: 10.14740/jmc.3639.
- [8] 梅雪灿, 马维娟, 孔德润. 胃底静脉曲张组织胶治疗并发脑动脉空气栓塞一例 [J]. *中华消化内镜杂志*, 2020, 37 (1): 61-62. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1007-5232.2020.01.017.
- [9] Betancourt-Torres M, Perez-Torres A, Figueroa-Diaz L, et al. Iatrogenic cerebral air embolism during esophagogastroduodenoscopy [J]. *Am J Case Rep*, 2020, 21: e925046. DOI: 10.12659/AJCR.925046.
- [10] Fang Y, Wu JB, Wang F, et al. Air embolism during upper endoscopy: a case report [J]. *Clin Endosc*, 2019, 52 (4): 365-368. DOI: 10.5946/ce.2018.201.
- [11] Bai XS, Yang B, Yu YJ, et al. Cerebral air embolism following an endoscopic variceal ligation: a case report [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2018, 97 (23): e10965. DOI: 10.1097/MD.00000000000010965.
- [12] Kjellberg A, Nyström H, Söderberg M, et al. Massive air embolism as a complication of upper gastrointestinal endoscopy: a case report illustrating a stroke mimic, literature review, and suggested management [J]. *Clin Case Rep*, 2018, 6 (9): 1862-1867. DOI: 10.1002/ccr3.1725.
- [13] Cooper JS, Thomas J, Singh S, et al. Endoscopic bubble trouble: hyperbaric oxygen therapy for cerebral gas embolism during upper endoscopy [J]. *J Clin Gastroenterol*, 2017, 51 (6): e48-e51. DOI: 10.1097/MCG.0000000000000614.
- [14] Park S, Ahn JY, Ahn YE, et al. Two cases of cerebral air embolism that occurred during esophageal ballooning and endoscopic retrograde cholangiopancreatography [J]. *Clin Endosc*, 2016, 49 (2): 191-196. DOI: 10.5946/ce.2015.071.
- [15] Mishra R, Reddy P, Khaja M. Fatal cerebral air embolism: a case

- series and literature review [J]. *Case Rep Crit Care*, 2016, 2016: 3425321. DOI: 10.1155/2016/3425321.
- [16] Trabanco S, Pardo S, Williams M, et al. Cerebral air embolism after ERCP [J]. *J Clin Anesth*, 2017, 36: 133–135. DOI: 10.1016/j.jclinane.2016.10.029.
- [17] Marchesi M, Battistini A, Pellegrinelli M, et al. Fatal air embolism during endoscopic retrograde cholangiopancreatography (ERCP): an 'impossible' diagnosis for the forensic pathologist [J]. *Med Sci Law*, 2016, 56 (1): 70–73. DOI: 10.1177/0025802415594833.
- [18] Fuhs AK, Prahlow JA. Death resulting from pneumocephalus complicating endoscopic food bolus retrieval in a patient with eosinophilic esophagitis [J]. *Acad Forensic Pathol*, 2016, 6 (4): 703–708. DOI: 10.23907/2016.066.
- [19] Vachalová I, Ernst S, Vynogradova I, et al. Cerebral air embolism via port catheter and endoscopic retrograde cholangio-pancreatography [J]. *Springerplus*, 2013, 2: 477. DOI: 10.1186/2193-1801-2-477.
- [20] Eoh EJ, Derrick B, Moon R. Cerebral arterial gas embolism during upper endoscopy [J]. *A A Case Rep*, 2015, 5 (6): 93–94. DOI: 10.1213/XAA.0000000000000187.
- [21] Oatis K, Agarwal A, Bruce-Tagoe C. Acute stroke from air embolism to the middle cerebral artery following upper gastrointestinal endoscopy [J]. *Radiol Case Rep*, 2015, 5 (1): 359. DOI: 10.2484/rcr.v5i1.359.
- [22] Athauda D, Tan GS, De Pablo-Fernandez E. Cerebral air embolism during endoscopic retrograde cholangiopancreatography: treatment with therapeutic hypothermia [J]. *Endoscopy*, 2014, 46 Suppl 1 UCTN: E151–E152. DOI: 10.1055/s-0034-1364956.
- [23] Zampeli E, Tsagalou E, Kanakakis I, et al. Fatal cerebral air embolism complicating esophageal dilation [J]. *Endoscopy*, 2013, 45 Suppl 2 UCTN: E358. DOI: 10.1055/s-0033-1344409.
- [24] Niehaus K, Zamora E, Harkins M. Fatal central nervous system air embolism during elective esophagogastroduodenoscopy [J]. *Endoscopy*, 2013, 45 Suppl 2: E205. DOI: 10.1055/s-0033-1344328.
- [25] Pee L, Basu S, Loganayagam A. Cerebral air embolism: a rare complication following balloon dilation [J]. *Endoscopy*, 2013, 45 Suppl 2 UCTN: E93–E94. DOI: 10.1055/s-0032-1326251.
- [26] Baban CK, Murphy M, Hennessy T, et al. Fatal cerebral air embolism following endoscopic evaluation of rectal stump [J]. *BMJ Case Rep*, 2013, 2013: bcr2013009561. DOI: 10.1136/bcr-2013-009561.
- [27] Koster GT, Brandsma D, Boot H, et al. Neurological picture. Multiple cerebral air emboli during upper gastrointestinal endoscopy [J]. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2012, 83 (11): 1110–1111. DOI: 10.1136/jnnp-2012-303377.
- [28] Truyols C. Fatal air embolism after upper endoscopy in a 48-year-old man [J]. *Endoscopy*, 2012, 44 Suppl 2 UCTN: E282. DOI: 10.1055/s-0032-1310024.
- [29] Nern C, Bellut D, Husain N, et al. Fatal cerebral venous air embolism during endoscopic retrograde cholangiopancreatography—case report and review of the literature [J]. *Clin Neuroradiol*, 2012, 22 (4): 371–374. DOI: 10.1007/s00062-012-0155-0.
- [30] Efthymiou M, Raftopoulos S, Antonio Chirinos J, et al. Air embolism complicated by left hemiparesis after direct cholangioscopy with an intraductal balloon anchoring system [J]. *Gastrointest Endosc*, 2012, 75 (1): 221–223. DOI: 10.1016/j.gie.2011.01.038.
- [31] Pandurangadu AV, Paul JA, Barawi M, et al. A case report of cerebral air embolism after esophagogastroduodenoscopy: diagnosis and management in the emergency department [J]. *J Emerg Med*, 2012, 43 (6): 976–979. DOI: 10.1016/j.jemermed.2010.11.031.
- [32] López JC, Pérez X, Esteve F. Cerebral air embolism during upper endoscopy [J]. *Endoscopy*, 2010, 42 Suppl 2: E41. DOI: 10.1055/s-0029-1215313.
- [33] Vinetti M, De Roock S, Hantson P. Image of the month. Massive cerebral air embolism during esophagogastroduodenoscopy [J]. *Clin Gastroenterol Hepatol*, 2010, 8 (2): A20. DOI: 10.1016/j.cgh.2009.03.008.
- [34] Kolluru A, Salami S, Moudgil SS. Left hemiparesis during esophagogastroduodenoscopy: a unique syndrome due to cerebral air embolism [J]. *Neurol India*, 2010, 58 (5): 794–796. DOI: 10.4103/0028-3886.
- [35] Popa D, Grover I, Hayden S, et al. Iatrogenic arterial gas embolism from esophagogastroduodenoscopy [J]. *J Emerg Med*, 2019, 57 (5): 683–688. DOI: 10.1016/j.jemermed.2019.08.053.
- [36] van Boxel GI, Hommers CE, Dash I, et al. Myocardial and cerebral infarction due to massive air embolism following endoscopic retrograde cholangiopancreatography (ERCP) [J]. *Endoscopy*, 2010, 42 Suppl 2: E80–E81. DOI: 10.1055/s-0029-1243826.
- [37] van Boxel GI, Goodman AJ, Green J, et al. Loss of consciousness on turning the patient [J]. *BMJ*, 2010, 341: e3542. DOI: 10.1136/bmj.e3542.
- [38] ter Laan M, Totte E, van Hulst RA, et al. Cerebral gas embolism due to upper gastrointestinal endoscopy [J]. *Eur J Gastroenterol Hepatol*, 2009, 21 (7): 833–835. DOI: 10.1097/MEG.0b013e328310aefc.
- [39] McAree BJ, Gilliland R, Campbell DM, et al. Cerebral air embolism complicating esophagogastroduodenoscopy (EGD) [J]. *Endoscopy*, 2008, 40 Suppl 2: E191–E192. DOI: 10.1055/s-2007-995728.
- [40] Stabile L, Cigada M, Stillitano D, et al. Fatal cerebral air embolism after endoscopic retrograde cholangiopancreatography [J]. *Acta Anaesthesiol Scand*, 2006, 50 (5): 648–649. DOI: 10.1111/j.1399-6576.2006.00978.x.
- [41] Green BT, Tendler DA. Cerebral air embolism during upper endoscopy: case report and review [J]. *Gastrointest Endosc*, 2005, 61 (4): 620–623. DOI: 10.1016/s0016-5107(04)02788-9.
- [42] Takeuchi Y, Yoshikawa M, Shirahama K, et al. Cerebral artery air embolism during endoscopic variceal ligation: case report [J]. *Gastrointest Endosc*, 2004, 59 (1): 123–125. DOI: 10.1016/s0016-5107(03)02358-7.
- [43] Demaerel P, Gevers AM, De Bruecker Y, et al. Stroke caused by cerebral air embolism during endoscopy [J]. *Gastrointest Endosc*, 2003, 57 (1): 134–135. DOI: 10.1067/mge.2003.43.
- [44] Weber MA, Fiebach JB, Lichy MP, et al. Bilateral cerebral air embolism [J]. *J Neurol*, 2003, 250 (9): 1115–1117. DOI: 10.1007/s00415-003-0130-4.
- [45] Akhtar N, Jafri W, Mozaffar T. Cerebral artery air embolism following an esophagogastroscopy: a case report [J]. *Neurology*, 2001, 56 (1): 136–137. DOI: 10.1212/wnl.56.1.136.
- [46] Raju GS, Bendixen BH, Khan J, et al. Cerebrovascular accident during endoscopy: consider cerebral air embolism, a rapidly reversible event with hyperbaric oxygen therapy [J]. *Gastrointest Endosc*, 1998, 47 (1): 70–73. DOI: 10.1016/s0016-5107(98)70302-5.
- [47] Covington D, Bielawski A, Sadler C, et al. A favorable outcome despite a 39-hour treatment delay for arterial gas embolism: case report [J]. *Undersea Hyperb Med*, 2016, 43 (4): 457–461.
- [48] Christl SU, Scheppach W, Peters U, et al. Cerebral air embolism after gastroduodenoscopy: complication of a duodenocaval fistula [J]. *Gastrointest Endosc*, 1994, 40 (3): 376–378. DOI: 10.1016/s0016-5107(94)70080-x.
- [49] Marsh PL, Moore EE, Moore HB, et al. Iatrogenic air embolism: pathoanatomy, thromboinflammation, endotheliopathy, and therapies [J]. *Front Immunol*, 2023, 14: 1230049. DOI: 10.3389/fimmu.2023.1230049.
- [50] Donepudi S, Chavalitthamrong D, Pu L, et al. Air embolism complicating gastrointestinal endoscopy: a systematic review [J]. *World J Gastrointest Endosc*, 2013, 5 (8): 359–365. DOI: 10.4253/wjge.v5.i8.359.
- [51] Katzgraber F, Glenwinkel F, Fischler S, et al. Mechanism of fatal air embolism after gastrointestinal endoscopy [J]. *Int J Legal Med*, 1998, 111 (3): 154–156. DOI: 10.1007/s004140050137.
- [52] Suzuki T, Ando T, Usami A, et al. Cerebral air embolism as a complication of peptic ulcer in the gastric tube: case report [J]. *BMC Gastroenterol*, 2011, 11: 139. DOI: 10.1186/1471-230X-11-139.
- [53] Roth L, Michl P, Rosendahl J. Sex-specific differences in gastroenterological diseases [J]. *Inn Med (Heidelberg)*, 2023, 64 (8): 736–743. DOI: 10.1007/s00108-023-01491-4.
- [54] Bousser MG, Ferro JM. Cerebral venous thrombosis: an update [J]. *Lancet Neurol*, 2007, 6 (2): 162–170. DOI: 10.1016/S1474-4422(07)70029-7.
- [55] 陈书红, 周广喜. 颅内静脉系统血栓形成的临床特征与疗效分析 [J]. *中国现代神经疾病杂志*, 2011, 11 (2): 198–203. DOI: 10.3969/j.issn.1672-6731.2011.02.015.
- [56] McCarthy CJ, Behravesh S, Naidu SG, et al. Air embolism: diagnosis, clinical management and outcomes [J]. *Diagnostics (Basel)*, 2017, 7 (1): 5. DOI: 10.3390/diagnostics7010005.
- [57] Mathieu D, Marroni A, Kot J. Tenth European Consensus Conference on Hyperbaric Medicine: recommendations for accepted and non-accepted clinical indications and practice of hyperbaric oxygen treatment [J]. *Diving Hyperb Med*, 2017, 47 (1): 24–32. DOI: 10.28920/dhm47.1.24-32.

(收稿日期: 2025-11-04)

(责任编辑: 邸美仙)