

二氧化碳气腹对 TEP 与 TAPP 围手术期影响临床研究进展

朱春虎¹ 董晋^{2*}

1. 青海大学 青海西宁 810000

2. 青海大学附属医院 青海西宁 810000

摘要：腹股沟疝即腹腔内脏器随着人体自然的孔隙或者随着人口老龄化导致腹壁纤维蛋白减少进而导致腹壁力量薄弱使得腹腔原有脏器突出于体表外所形成的包块；成年人腹股沟疝无自愈可能，若患者可耐受手术多采用手术治疗，我国每年有超过 100 万例的腹股沟疝修补术需要开展，且我国人口老龄化进程加快，根据老年患者腹壁力量减弱或腹内压突然升高使得形成腹股沟疝的可能性增加，既往开展腹股沟疝手术多为疝囊高位结扎术合并腹股沟管修补术，但此类手术存在术后患者满意度差、腹股沟区术后的牵扯坠胀感明显、复发率高的特点，进而开展利用人工高分子材料网片进行修补，如现在常用的平片无张力疝修补术（Lichtenstein 手术），近些年微创技术的开展，经腹腔镜下疝修补术（LIHR）临床应用占比逐渐增加，目前多采用腹腔镜下完全腹膜外腹股沟疝无张力修补术（Totally extraperitoneal, TEP）、腹腔镜下经腹腹股沟疝无张力修补术（Transabdominal preperitoneal, TAPP），腹腔镜下行疝手术的前提在于手术麻醉及手术空间的创建，TEP 与 TAPP 手术创建的操作空间不同，并且我们在手术过程中发现在实施 TEP 手术的过程中发现，较 TAPP 手术患者气道压力高、皮下气肿发生率高。本综述就与二氧化碳创建的不同手术空间对人体的循环、呼吸、消化以及微观细胞学的影响展开论述。

关键词：TEP；TAPP；围手术期影响；综述

引言

所谓腹股沟疝即腹腔内脏器随着人体自然的孔隙或者随着人口老龄化导致腹壁纤维蛋白减少进而导致腹壁力量薄弱使得腹腔原有脏器突出于体表外所形成的包块^[1,2]，腹股沟疝有腹股沟直疝、斜疝之分^[3]，成年患者腹股沟疝自愈可能性不大，多采用手术治疗，现经患者术前评估及随着腹腔镜技术的广泛开展，且腹腔镜下腹股沟疝无张力疝修补术具备创伤小、术后疼痛轻、恢复快、复发率低、无局部牵扯不适感等优点，现临床应用增多；据瑞典疝登记局统计，1999 年仅有 11% 的腹股沟疝修补术在腹腔镜下完成，而在过去的 10 年中，据报道相关比例已超过 20%^[4]，随着实施 TEP（腹腔镜下经腹膜前无张力疝修补术）与 TAPP（腹腔镜下经腹膜前无张力疝修补术）的手术例数增加，在实施 TEP 手术的过程当中我们发现较实施 TAPP 手术患者皮下气肿、患者气道压力、及术中血气分析所测得二氧化碳压力、二氧化碳总量高，考虑可能与二氧化碳气腹对手术入路及手术不同操作空间产生不同影响，本综述以此为切入点，论述二氧化碳气腹对 TEP 与 TAPP 两种术式不同手术空间创立对机体各个系统的影响，进而为不同患者选择合适的手术方

式，降低患者医源性损伤。

1. 两种术式二氧化碳气腹对循环系统的影响

二氧化碳气体本身具备二氧化碳具备高扩散性及可以被人体快速吸收和排除、不容易发生其他化学反应、手术过程中产生的烟雾少，对手术视野影响少，且在机体中的溶解度高，不易产生气体栓塞等特点^[5,6]，所以广泛应用于腹腔镜手术空间的建立。

现在手术过程当中做选择的气腹压大小大数在 12-15mmHg，但正常人体静脉压力一般在 2-5mmHg，所以当二氧化碳的进入腹腔中时，会造成腹腔中局部压力的升高，在行腹腔镜手术，当建立气腹时，造成腹部压力的升高，压迫腹腔内静脉血管造成静脉血流下肢血管静脉回流受阻，导致下肢静脉压力升高，回心血量减少，使得心脏前负荷降低；根据上述机制，导致全身血管阻力和肺血管阻力增加，使得心脏后负荷增加可能会造成心输出量的降低及低血压发生的可能性^[7]，但是有国外学者研究表明^[8]：当吹入压力增加到一定水平以上后，腹膜的吸收减少，在常用的 14-18mmHg 压力下，它比在 10-12mmHg 下 CO₂ 分压要小，这可能是因为随着气腹压力的增大，导致毛细血管受压，血流

量减少，使得吸收入血的 CO_2 的量减少；另一方面，在实施 TEP 手术的过程当中，手术空间在腹膜外间隙，使得进入腹膜前间隙的 CO_2 不受腹腔限制，使得 CO_2 吸收面积增大，进而使得进入人体的 CO_2 较 TAPP 增加，使得 CO_2 对循环系统的影响相应增加。

由此二氧化碳对循环系统的影响是否可以在心电图上有所表现，在实施腹腔镜手术向腹腔注入二氧化碳时，二氧化碳被吸收进入血液当中，可能导致高碳酸血症的发生进而抑制心肌活动，研究发现^[9]：在行腹腔镜下胆囊切除术的过程中出现 Q-Td(各导联间 Q-T 期间的变异程度)、Q-Tcd(心肌细胞复极过程中的不均匀程度)较气腹前明显延长，其中有患者出现心电图 ST 段压低的情况；宋彬彬、陈杰教授对实施 TEP 手术及 TAPP 手术的患者对比术前及手术完毕结束气腹前观察心电图发现^[10]：TAPP 手术过程对心率的影响相比于 TEP 手术更小，与术前状态相比，TEP 手术过程对心率的增加幅度和 MAP(mean arterial pressure, 平均动脉压)的降低程度较 TAPP 手术过程更为明显。

在实施腹腔镜手术的过程当中，随着注入腹腔中的二氧化碳的增加，进而导致腹内压增加，压迫膈肌及下腔静脉，使得胸腔内压力增加，静脉淤滞和矢状窦压力增加导致脑脊液重吸收减少和颅内压升高，可能会导致患者术后发生头痛的可能性。一项国外荟萃研究中得出结论：在腹腔镜手术期间，无论是经腹膜还是腹膜外，颅内压都可能升高，但考虑到低 CO_2 值和低颅内压，选择腹腔镜腹膜外手术技术更有利^[11]；

2. 两种术式二氧化碳气腹对呼吸系统的影响

二氧化碳进入腹腔中时，腹腔中压力增大，腹腔中容积增加，导致膈肌上移，使得胸腔减小，肺的顺应性下降，肺活量减少，同时增高的气腹压压迫肺基底段，降低功能残余气量，增加解剖无效腔。膈肌运动受限，非下垂部位肺内气体分布不均，导致通气血流(V/Q)比例失调，肺气体交换绝对量降低，最终影响肺的通气，甚至导致肺不张的发生^[12]。卢俊^[13]等研究发现，在实施 TEP 手术时，手术时间较 TAPP 手术时间短，但是 TEP 对呼吸系统的影响较 TAPP 手术大。张敏剑^[14, 15]等也得出相关结论，这种现象的发生，可能与行 TEP 手术时在分离腹膜前间隙，导致二氧化碳直接进入血液有关，从而导致 PaCO_2 与 PETCO_2 升高幅度与 TAPP 手术大的原因。对于行 TAPP 手术的患者导致

PaCO_2 与 PETCO_2 升高的原因可能与二氧化碳气腹占据腹部空间，导致膈肌上移，影响肺通气换气有关。有研究发现^[15]， TeCO_2 通常在 20 分钟内可以达到很高的水平，且在老年患者当中可能发生的更严重。

查阅既往文献发现，行 TEP 手术的患者在出现皮下气肿的概率大，且对于气胸、纵隔气肿等罕见气腹并发症的发生机率较 TAPP 大，这种现象的发生现有三种解释^[4, 16] 1. 腹腔镜 TEP 修复术期间的意外腹膜破裂， CO_2 可能从腹腔穿过胸腔，经主动脉和食管裂孔、胸膜裂孔或 Bochdalek 孔、先天性膈肌缺损或意外的镰状韧带损伤；2. 腹膜外气体进入腹膜后间隙，沿组织平面通过膈膜开口进入纵隔、胸膜腔和颈部，在这种情况下，在没有气腹的腹膜外和腹膜后间隙中展示了气体腔，支持这种 CO_2 解剖途径；3. 横筋膜与胸腔内筋膜连续，允许腹膜外气体通过筋膜平面解剖并通过膈前间隙进入纵隔，提供另一条跟踪途径，在这种情况下，CT 上看到的腹膜前夹层和前纵隔气体的范围表明，该途径也可能是导致纵隔气肿和气胸的原因。

有国外研究者发现^[17]，患者在 BMI <25、较长的手术时间(尤其是 >1 小时)和较高的呼气末二氧化碳分压(开始、峰值和差值)与皮下气肿的发生显著相关。年龄和疝的类型、单侧与双侧没有发现是统计学上显著的因素^[18]。

3. 两种术式二氧化碳气腹对消化系统的影响

正常人的腹腔当中不存在任何游离气体，当二氧化碳气腹的进入到腹腔时，导致腹内压升高，使得腹腔脏器及血管受压，使得腹腔脏器处于低灌注或低氧状态，当气腹解除后，内脏血管灌注急剧增加，从而引起缺血再灌注损伤^[19]；此外，因手术需要采取头低脚高位时，增加患者术后胃食管反流的风险；消化系统中 P 物质是兴奋运动神经元的主要介质，胃黏膜血管活性肠肽(VIP)是抑制运动神经元的主要介质；有研究对大鼠胃肠肌电活动在二氧化碳气腹状态下影响发现：二氧化碳气腹可导致胃黏膜血管活性肠肽(Vasoactive Intestinal Peptides, VIP)及 P 物质(SP)发生变化，二氧化碳气腹可以改变 VIP 及 SP 的含量，导致胃肠道肌电节律紊乱，并抑制胃肠道活动，并且随着气腹压力的增加和时间的延长而更加明显^[20]。二氧化碳经腹膜吸收入血后，使得机体的内环境发生变化，且胃肠道具有高代谢特征，从而组织缺氧加重酸中毒，同时在应激状态下交感神经兴奋，血液中肾素血管紧张素增加，使得血液重新分布，导致胃肠道血

液灌注下降,加重肠道组织缺血缺氧,肠壁通透性增加从而导致肠道细菌易位的发生^[21]。

二氧化碳气腹在注入腹腔时,不仅仅影响空腔脏器,同样对于肝脏的这种实质性脏器同样也会产生影响;张文宇^[22]等在13 mm Hg气腹压对活体猪肝的形态研究发现:二氧化碳气腹可以造成肝脏形态学的变化;国内学者^[23]在8mmHg人工气腹下对人体行CT发现:这种二氧化碳气腹造成的肝脏体积缩小在人体当中同样存在,他们还发现当既往存在肠粘连的患者中,肝脏体积压缩的较腹腔未发现肠粘连的患者要大,而且肠粘连患者在气腹状态下,门静脉内径被压缩程度更大,门静脉系统及肝脏血容量降低,从而进一步加剧肝脏体积和表面积减小,当肝脏血流量减少,肝功能所受影响较大。

4. 二氧化碳气腹微观影响

行传统开放手术时,正常腹壁腹膜细胞在没有二氧化碳气腹的影响下,细胞间排列紧密,细胞完整,不见间皮下基底膜。基底膜与结缔组织相连,结缔组织有大量的细胞间质和成纤维细胞、巨噬细胞、浆细胞和肥大细胞组成,构成了免疫屏障;再行腹腔镜手术时,可见间皮细胞肿胀,间皮细胞破裂,使得基底连续性中断,随着二氧化碳增加,这种现象就会更加明显,使得细菌进入血液循环的可能性增加,若存在腹腔肿瘤的患者增加了肿瘤转移的可能性^[24]。

刘军教授通过实验观察得到:二氧化碳气腹可以导致明显肝功能损害,腹内压越高,损害越严重,可能与升高促进了肝细胞凋亡所致,表达衰亡的基因BAX在15mmHg和20mmHg表达更加明显^[25]。就行腹腔镜胆囊切除术而言腹压力控制在10-12mmHg左右为宜,随着气腹压力的增大,对于胰腺的功能损害程度越大,术后并发症出现的概率也就越高^[26]。

讨论:TEP与TAPP是目前治疗腹股沟疝常用的两种手术方式,但是现在对于两者手术选择没有划定明显的界限,但是两种手术各有优劣;就心血管系统而言,TAPP手术较TEP手术二氧化碳吸收少,心血管对于高碳酸血症的影响小。同样的,在呼吸系统上的影响TEP较TAPP影响大,且容易发生皮下气肿、术中气道压力的升高、高碳酸血症;但是对腹腔脏器的影响上,由于TEP手术不进入腹腔当中,不造成二氧化碳进入腹腔,从而对胃肠道的再灌注损伤、菌群易位、肝脏功能损伤影响较小;行TEP手术的患者对于颅

内压的影响相对较小。

综上所述,对于心功能、肺功能较差的单纯性腹股沟疝患者,可首选用TAPP手术诊疗;而对于存在脑血管疾病、既往腹部手术史、肝功能较差、腹腔脏器肿瘤的单纯性腹股沟疝患者可首选TEP手术诊疗。

参考文献:

- [1] WIRTSCHAFTER Z T, BENTLEY J P. HERNIAS AS A COLLAGEN MATURATION DEFECT[J]. *Ann Surg*, 1964,160(5):852-859.
- [2] 陈双. 腹股沟疝发生机制的思考与探讨[J]. *中华外科杂志*, 2007,45(21):1444-1445.
- [3] 邓先锐,宋应寒,杨春,等. 老年男性腹股沟疝与肌肉质量、肌力及腹内压的相关性[J]. *现代生物医学进展*, 2023,23(15):2951-2955.
- [4] Koliakos N, Papaconstantinou D, Tzortzis A S, et al. Pneumothorax as a rare complication during laparoscopic total extra-peritoneal inguinal hernia repair: A case report and review of the literature[J]. *J Minim Access Surg*, 2021,17(3):385-388.
- [5] 胡永利,冉福林,菅志远. 腹腔镜气腹相关并发症及原因分析[J]. *腹腔镜外科杂志*, 2020,25(06):471-474.
- [6] 张凯,徐安安,胡海. 腹部腹腔镜手术空间建立方法的进展[J]. *中华腹腔镜外科杂志(电子版)*, 2016,9(03):183-186.
- [7] Kajiwaru M, Nakashima R, Yoshimura F, et al. Impact of AirSeal® insufflation system on respiratory and circulatory dynamics during laparoscopic abdominal surgery[J]. *Updates Surg*, 2022,74(6):2003-2009.
- [8] Zhu Q, Mao Z, Yu B, et al. Effects of persistent CO₂ insufflation during different laparoscopic inguinal hernioplasty: a prospective, randomized, controlled study[J]. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 2009,19(5):611-614.
- [9] 葛蕎雯,刘诚,陈骏萍,等. 腹腔镜胆囊切除术中二氧化碳气腹对心电图Q-T离散度的影响[J]. *中华麻醉学杂志*, 2002,22(8).
- [10] 宋彬彬,朱熠林,杨继超,等. 二氧化碳气腹在腹腔镜腹股沟疝修补手术中对心电图影响的前瞻性随机对照研究[J]. *中华疝和腹壁外科杂志(电子版)*, 2021,15(02):199-202.
- [11] Hasirci I, Ulutas E, Polat A, et al. Comparison of

extraperitoneal and intraperitoneal laparoscopic procedures for intracranial pressure increase: a prospective clinical study[J]. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2023,27(13):6207–6214.

[12] Nguyen N T, Anderson J T, Budd M, et al. Effects of pneumoperitoneum on intraoperative pulmonary mechanics and gas exchange during laparoscopic gastric bypass[J]. *Surg Endosc*, 2004,18(1):64–71.

[13] 卢俊, 赵司卫, 谢绍林. 腹股沟疝手术 TEP 术式与 TAPP 术式应用于腹股沟疝中的效果对比研究 [J]. *系统医学*, 2023,8(13):128–132.

[14] 张敏剑, 吴永友, 钟丰云, 等. 腹腔镜下完全腹膜外疝修补术与经腹腔腹膜前疝修补术治疗成人单侧初发腹股沟疝的效果比较 [J]. *中国医药导报*, 2023,20(10):84–87.

[15] Liu Y, Wang M, Zhu Y, et al. Effect of carbon dioxide pneumoperitoneum on acid–base balance during laparoscopic inguinal hernia repair: a prospective randomized controlled study[J]. *Hernia*, 2021,25(5):1271–1277.

[16] Wallace L, Leigh Y. Pneumomediastinum and pneumothorax: a rare complication of laparoscopic total extraperitoneal inguinal hernia repair[J]. *J Surg Case Rep*, 2023,2023(3):rjad146.

[17] Saggar V R, Singhal A, Singh K, et al. Factors influencing development of subcutaneous carbon dioxide emphysema in laparoscopic totally extraperitoneal inguinal hernia repair[J]. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 2008,18(2):213–216.

[18] Singh K, Singhal A, Saggar V R, et al. Subcutaneous carbon dioxide emphysema following endoscopic extraperitoneal

hernia repair: possible mechanisms[J]. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 2004,14(5):317–320.

[19] 邝江波, 王永飞, 张健文. CO₂ 气腹对消化道的影
响 [J]. *大家健康 (学术版)*, 2015,9(01):257–258.

[20] 周丁华, 卫冰, 李宁, 等. CO₂ 气腹对胃黏膜血管活性肠肽及 P 物质含量的影响 [J]. *世界华人消化杂志*, 2003,11(10).

[21] Petrat F, Swoboda S, de Groot H, et al. Quantification of ischemia–reperfusion injury to the small intestine using a macroscopic score[J]. *J Invest Surg*, 2010,23(4):208–217.

[22] Zhang W, Yin D, Chen X, et al. Morphologic Change of In Vivo Porcine Liver Under 13 mm Hg Pneumoperitoneum Pressure[J]. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech*, 2021,31(6):679–684.

[23] 柳牧青, 陈晓霞, 滑蓉蓉, 等. 基于 CT 影像人工气腹对肝脏形态及腹部血流影响的研究 [J]. *实用放射学杂志*, 2023,39(12).

[24] 王胜, 陈海亮, 胡芳. CO₂ 气腹对腹膜超微结构的影响 [J]. *中国现代普通外科进展*, 2011,14(10).

[25] 李军, 刘英海, 孙小琴, 等. CO₂ 气腹中腹内压对肝细胞凋亡的影响 [J]. *四川医学*, 2011,32(10):1510–1512.

[26] 叶孟华. 不同气腹压力下腹腔镜胆囊切除术后临床疗效和术后胰腺功能及应激反应比较 [J]. *江西医药*, 2022,57(09):1187–1189.

作者简介:

朱春虎 (1998—) 男, 硕士在读, 研究方向: 普通外科。
通讯作者: 董晋 (1981—) 男, 教授, 研究方向: 普通外科。