

[文章编号] 1674-8115(2011)09-1335-04

· 综述 ·

单心室小儿手术麻醉的研究进展

张瑞冬¹, 张马忠¹, 陈锡明², 刘锦纷³

(上海交通大学医学院附属 1. 上海儿童医学中心麻醉科, 上海 200127; 2. 新华医院麻醉科, 上海 200092; 3. 上海儿童医学中心心胸外科, 上海 200127)

[摘要] 单心室生理是指一侧心室发育不良或缺如,由发育良好的一侧心室独立供应体循环和肺循环。随着对单心室生理了解的深入和手术方式的改进,单心室患儿的生存期得到了延长。该文就姑息术前、术中和术后单心室解剖、单心室生理以及手术麻醉的研究进展作一综述。

[关键词] 单心室; 小儿; 麻醉

[DOI] 10.3969/j.issn.1674-8115.2011.09.029

[中国分类号] R654.2; R614

[文献标志码] A

Research progress of anesthetic management of single-ventricle children

ZHANG Rui-dong¹, ZHANG Ma-zhong¹, CHEN Xi-ming², LIU Jin-fen³

(1. Department of Anesthesiology, Shanghai Children's Medical Center, Shanghai Jiaotong University School of Medicine, Shanghai 200127, China; 2. Department of Anesthesiology, Xinhua Hospital, Shanghai Jiaotong University School of Medicine, Shanghai 200092, China; 3. Department of Cardiovascular and Thoracic Surgery, Shanghai Children's Medical Center, Shanghai Jiaotong University School of Medicine, Shanghai 200127, China)

[Abstract] Single ventricle physiology occurs when one of the ventricles is hypoplastic or absent. Therefore, blood to the pulmonary and systemic vascular beds is pumped by one ventricle. The development of a number of operations, combined with a greater understanding of the physiologic requirements for success after single ventricle reconstruction has resulted in dramatic improvement in outcomes. This review highlights the anatomy and physiology of single-ventricle patients before, during and after surgical palliation. Besides, the anesthetic challenges presented by single-ventricle patients are also reviewed.

[Key words] single ventricle; children; anesthesia

单心室是较为少见的先天性心脏病 (congenital heart disease, CHD), 随着改良 Fontan 术和 Glenn 术等手术方法、麻醉技术和术后监护的进步, 单心室患儿的生存率正逐年提高。单心室患儿还可能因非心脏手术需要麻醉, 保证其麻醉安全是麻醉医师面临的挑战。文章就单心室手术麻醉和单心室术后非心脏手术的麻醉处理综述如下。

1 单心室和单心室生理

单心室的命名至今仍是争论的热点, 争论部分源于形态学异质性, 真正的独立心室在临幊上非常罕见。较为多见的是一个发育良好的心室伴随一个未发育或发育不良的心室, 在心脏功能上由发育良好的一个心室独立供应体循环和肺循环, 称为功能

性单心室^[1]。单心室定义的核心问题是房室连接。Van Praagh 将一个心室腔接受两组房室瓣或一个共同瓣定义为单心室, 并将二尖瓣和三尖瓣闭锁排除在外。Anderson 则认为单心室是整个房室只与一个心室腔相连(即两个心房只连接到一个心室), 还包括一组房室连接缺如的心脏畸形。

单心室生理取决于下列因素: 流出、流入和(或)跨房间隔血流梗阻情况; 体和肺静脉回流; 肺血管阻力; 房室瓣反流^[2]。体循环流出道严重梗阻的新生儿通过未闭的动脉导管产生右向左分流以维持体循环血流量。血液在心房和心室内进行混合, 并主要经肺动脉瓣进入肺动脉, 同时部分血流通过肺动脉和动脉导管进入体循环血管床, 其比例取决于血管阻力。与之相反的是, 肺动脉流出道严重梗阻时, 肺

[作者简介] 张瑞冬(1975—), 男, 主治医师, 博士生; 电子信箱: doctorruidong@163.com。

[通信作者] 刘锦纷, 电子信箱: liujinfen2002@yahoo.com.

血流量取决于穿越动脉导管左向右的分流量。同样,体循环和肺循环血流相互依存,血流量取决于两循环的阻力。简而言之,单心室理想的生理状态需要心室功能良好且无房室瓣反流、存在非限制性房缺和体肺循环血流量之间的平衡。

2 单心室手术的麻醉

除了极少部分单心室患儿具有平衡循环外,大部分患儿为了调节肺血流需要在新生儿期进行手术干预。如今 Blalock-Taussig 分流术 (Blalock-Taussig shunt, BTs) 和肺动脉环缩术已从用于治疗严重缺氧或充血性心力衰竭,扩展为有计划分期手术的重要组成部分^[3]。单心室患儿生长到 6 月龄左右可以进行 Glenn 分流术;Fontan 术是单心室姑息术的最后步骤,手术时机为 18 月龄~4 岁^[4]。如果具有手术指征,单心室患儿也可以一期完成 Fontan 术。

2.1 BTs 和肺动脉环缩术

三尖瓣闭锁等肺血流减少的患儿静脉血无法回流至肺动脉,肺血流由开放的动脉导管提供,常表现为明显发绀,需要尽早在体动脉和肺动脉之间建立分流以缓解缺氧。经典 BTs 采用锁骨下动脉与肺动脉吻合,以增加发绀型心脏病患儿的肺灌注。目前,改良的 BTs 采用 Gore-Tex 管道连接锁骨下动脉或无名动脉与肺动脉分支。术后若体循环血流量与肺循环血流量之比 (Q_s/Q_p) > 1, 表明分流量过多使得肺血管超负荷,有可能导致充血性心力衰竭。与改良方法相比,经典 BTs 造成肺循环超负荷的发生率较低;然而,改良 BTs 较少引起肺动脉扭曲或前臂缺血,同时易于被拆除^[5]。新生儿可在术前通过连续输注前列腺素 E₁ (prostaglandin E₁, PGE₁) 以维持开放的动脉导管内血流^[6]。BTs 后,患者的动脉血氧饱和度最好能保持 85% 左右,若超过了 85% 则有可能表明肺血流过多。

肺血流过多的患儿可在肺动脉上安置束带以减少肺动脉血流量,预防肺循环过度充盈。对麻醉医师来说,肺动脉 banding 术患者的处理不同于 BTs 患者。麻醉时若降低肺血管阻力、增加肺血流量则会导致体循环窃血,体循环血流量减少。麻醉时应避免吸入氧浓度过高,同时可以利用高碳酸血症维持一定的肺血管张力。容量超载造成患者心力衰竭则需采用强心药物治疗。手术时,可以在胸骨切开后,通过肺动脉置管,测量远端肺动脉压力,并使其达到体循环压力的 1/3~1/2 水平。

BTs 和肺动脉环缩术均可在非体外循环下进行。术中可能由于血管钳夹血管的操作影响血压监测;因此 BTs 时还必须考虑动脉穿刺置管的部位,若打算穿刺上肢动脉,最好选择分流置管的对侧。

2.2 Glenn 术

经典 Glenn 术将上腔静脉血直接引入右肺动脉,同时离断上腔静脉和右心房连接处。Glenn 分流引起肺循环容量超负荷的发生率低于体肺动脉分流。由于仍有下腔静脉血直接进入体循环,Glenn 术无法完全纠正发绀。随着患儿的生长发育,下腔静脉血流量增加会使体循环氧饱和度进一步下降。同样,随着时间推移形成的上下腔静脉交通支也会减少 Glenn 分流术的流量。经典 Glenn 分流术后最终会有多达 20%~25% 的患儿发生肺动静脉瘘,导致低氧血症^[7]。双向 Glenn 术将上腔静脉血引入左、右肺动脉,使得两肺均有血流通过。双向 Glenn 术作为单心室功能性纠治的第二步姑息性手术,为第三期 Fontan 术做准备。

Glenn 术患者的麻醉处理主要集中在维持肺血管阻力和体血管阻力之间的平衡。应激和浅麻醉会导致肺血管阻力增加及血氧饱和度急性下降。抗焦虑药和阿片类药常用于预防肺血管阻力增加和肺血流减少。患者在 BTs 后使用血管加压药可提高体血管阻力,增加分流量,提高血氧饱和度。相反,患者进行了体肺分流术后,肺血管阻力下降会导致从体循环处窃血。

2.3 Fontan 术

Fontan 术的目的是将单心室归于体循环,并将所有体循环静脉血被动地引入肺循环。早在 1971 年 Fontan 术就开始用于临床,当时是连接右心房和肺动脉,目前 Fontan 术的操作是建立完全性腔肺吻合。先将上腔静脉连于同侧的肺动脉,再将下腔静脉与肺动脉建立第二个连接。连接下腔静脉和肺动脉可以在心房内建立内隧道,也可以通过心外管道与肺动脉相接。心外管道因其横截面为圆形,与心内隧道相比,流体动能损耗减少,能更好地输送血液至肺循环。Fontan 术完成后,下腔静脉血流和肝脏血流均被引入肺循环。此外,心外管道较心内隧道具有更多的优点,包括保留正常的心房压、避免心房内操作和无需大面积心房缝合。因此,心外管道可能会减少术后近期和远期房性心律失常的发生率,但还未被证实^[8]。采用心外管道的缺点是人造材料无法生长且管道有发生栓塞的危险^[9]。有时会在

Fontan 管道和心房间实施开窗术,其目的是降低静脉压,增加体循环前负荷和心室输出量。体外循环结束早期肺血管阻力增加,减少了单心室容量输送,会造成容量负荷下降和体循环低灌注。开窗术可能造成少量静脉血与氧合血混合,但会使得心室容量负荷维持适当的水平,早期 Fontan 循环衰竭的发生率下降。尚未有证据表明开窗术会影响 Fontan 姑息术的远期效果。

Fontan 术的麻醉处理具有很大的挑战性,心室功能在一期和二期姑息术后保留程度各异,而且肺血管过载可导致肺动脉高压和心室功能衰竭。麻醉诱导可采用面罩吸入麻醉性气体;静脉诱导同样可以使用。笑气和氯胺酮不会增加肺血管阻力,需要时可用于儿科患者。对于有手术史的患儿,必须提供足够多的静脉通路进行液体治疗。中心静脉压(central venous pressure,CVP)监测是有用的方法,但对其置管位置仍存在争议。若将 CVP 导管置入右侧颈内静脉则有可能影响手术建立 Glenn 连接,股静脉置管也可用于 CVP 监测。为了应对开胸时可能发生大出血的紧急情况,外科医师有时会在开胸前进行双侧股动、静脉插管以期快速建立股动脉-股静脉体外循环。以往会在围术期使用大剂量麻醉药,但如今已改为小剂量芬太尼(约 10 μg/kg)联合吸入麻醉,术后提供镇痛治疗以及术后早期拔管^[10-12]。对于双向 Glenn 分流术后的患者,可以通过容量治疗增加肺血流量以纠正其低氧血症。

手术后的麻醉处理主要是围绕降低肺血管阻力,增加肺血流量。可以通过给予 100% 吸入氧浓度(F_1O_2)、适度的低碳酸血症、碱血症和低吸气压等措施降低肺血管阻力。吸入一氧化氮(nitric oxide, NO)或前列环素也能降低肺血管阻力,增加肺血流量。保持窦性心率有助于维持心室前负荷和心输出量。体外循环后早期监测 CVP 和心房压(通过心房内置管)非常有用,因为可以通过跨肺压(CVP-心房压)估算肺血管阻力。理想的跨肺压值为 7~8 mmHg(1 mmHg = 0.133 kPa)。心房压上升表明心室功能异常或瓣膜存在问题。心室功能异常可采用强心药物支持及降低体循环后负荷。房室瓣反流需要手术纠治。若心房压正常而跨肺压增加,则认为肺血管阻力增加且需着手降低肺血管阻力。CVP 可以反映肺血管阻力增加和(或)心室功能异常,若 CVP 高于 20 mmHg,则患儿的病死率增加。

正压通气会减少静脉回流,增加肺血管阻力。

Fontan 患者的肺血流属于被动性且在正压通气的呼气相占主导地位。通过缩短吸气时间、延长呼气时间、加大潮气量和减慢呼吸频率等措施可以增加肺血流量;减小平台压、呼气末正压通气(positive end expiratory pressure,PEEP)和吸气压可以增加肺血流。PEEP 可以增加胸内压和降低肺血流量,因此必须权衡使用 PEEP。Fontan 术后使用 PEEP 可以维持功能性余气量和增加肺泡氧分压(partial pressure of oxygen,PaO₂)。维持功能性余气量,通过避免肺不张和低氧性肺血管收缩可以降低肺血管阻力。然而,Fontan 患者究竟采用多高水平的“最佳”PEEP 仍然未知^[13]。

3 单心室矫治术后行非心脏手术的麻醉处理

3.1 Fontan 循环的病理生理学

Fontan 术后的注意事项包括降低肺血管阻力、维护房室瓣和主动脉瓣功能、保护心室功能和保证有足够的容量灌注肺动脉。CVP 成为了肺血流的驱动力。体循环血流依赖于单心室的前负荷、单心室的收缩和舒张功能。舒张功能异常在单心室患者中较为常见^[14]。单心室本身必须克服来自于体循环动脉、静脉和肺循环的一系列阻力。随着时间的推移,单心室过重的工作负担会导致收缩和舒张功能异常^[15]。

Fontan 患者 CVP 升高常反映肺血管阻力增加,肺血管阻力增加会导致单心室患者体循环灌注不足。CVP 升高(>15 mmHg)的 Fontan 患者会发生肝静脉充血、肝窦压力升高、积液、腹水和蛋白丢失性肠病^[16]。

3.2 非心脏手术的麻醉处理原则

术前评估时,首先必须了解患者的 CHD 病情以及已进行的姑息手术情况。若患者无法最终完成 Fontan 术,还必须了解手术无法实施的原因。通过心脏超声和心导管等检查,掌握瓣膜整体功能、肺血管阻力、心室功能、心室舒张末压、侧支循环以及持续开放的动静脉瘘等信息。实验室检查应包括血常规、电解质、尿素氮、肌酐、凝血和肝功能检查。针对所有侵袭性的操作都需在术前预防性使用抗生素^[17]。麻醉处理的重点是维护心室功能和增加肺血流量。血容量过低会显著减少肺血流量、心室前负荷和心输出量,因此必须及时处理^[18]。麻醉诱导常会导致患者血管扩张,需及时补充容量。心室功能受损可采用米力农等正性肌力药物扩血管治疗。在通气策略方面,采用降低气道平均压、延长呼气时间

等方法以增加肺血流量。局部麻醉患者可以避免使用正压通气,保留患者的自主呼吸而不影响其肺血流。围术期间,应避免高碳酸血症以防引起肺血管阻力增加。NO 能治疗肺动脉高压并改善肺血流。必须了解患者的凝血状况和血小板计数,特别是在考虑选用椎管内麻醉时。

3.3 腹腔镜手术的麻醉

腹腔镜手术充气后腹内压增加会减少静脉回流和单心室心输出量。二氧化碳吸收、腹部膨胀影响通气功能,均可导致高碳酸血症并使肺血管阻力增加。开窗术后会增加 Fontan 循环发生矛盾性二氧化碳栓进入冠状动脉和(或)脑循环的风险。因此,必须采用气泡过滤装置以减少矛盾性静脉空气栓塞的发生率。虽然有上述诸多风险,但是 Fontan 患者还是能够较好地耐受腹腔镜腹部手术,特别是腹内压维持在 10 mmHg 左右、手术时间较短、通气适当及血容量维持稳定等情况^[19, 20]。

4 结语

近年来,单心室患儿的围术期生存率有所改观,但其寿命仍低于正常水平,且远期并发症的发生率较高。常规手术和麻醉的处理关键是降低肺血管阻力、维持前负荷和设法解决与 Fontan 循环相关的其他并发症。

〔参考文献〕

- [1] Jacobs ML, Mayer JE Jr. Congenital Heart Surgery Nomenclature and Database Project: single ventricle [J]. Ann Thorac Surg, 2000, 69(4): 197–204.
- [2] Khairy P, Poirier N, Mercier L, et al. Univentricular heart [J]. Circulation, 2007, 115(6): 800–812.
- [3] 刘锦纷. 小儿心脏外科学 [M]. 3 版. 北京: 北京大学医学出版社, 2005: 454.
- [4] Pearl JM, Laks H, Drinkwater DC, et al. Modified Fontan procedure in patients less than 4 years of age [J]. Circulation, 1992, 86(5): II100–II105.
- [5] Schwartz AJ, Campbell FW. Pediatric cardiac anesthesia [M]. 3rd ed. Stamford: Appleton & Lange, 1998: 7–20.
- [6] Baum VC. Pediatric cardiac anesthesia [M]. 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2005: 501–522.
- [7] Shah MJ, Rychik J, Fogel MA, et al. Pulmonary arteriovenous malformations after superior cavopulmonary connection: resolution after inclusion of hepatic veins in the pulmonary circulation [J]. Ann Thorac Surg, 1997, 63(4): 960–963.
- [8] Azakie A, McCrindle BW, Van Arsdell G, et al. Extracardiac conduit versus lateral tunnel cavopulmonary connections at a single institution: Impact on outcomes [J]. Thorac Cardiovasc Surg, 2001, 122(6): 1219–1228.
- [9] Fiore AC, Turrentine M, Rodefeld M, et al. Fontan operation: a comparison of lateral tunnel with extracardiac conduit [J]. Ann Thorac Surg, 2007, 83(2): 622–629.
- [10] Leyvi C, Bennett HL, Wasnick JD. Pulmonary artery flow patterns after the Fontan procedure are predictive of postoperative complications [J]. Cardiothorac Vasc Anesth, 2009, 23(1): 54–61.
- [11] Leyvi G, Taylor DG, Reith E, et al. Caudal anesthesia in pediatric cardiac surgery: does it affect outcome? [J]. Cardiothorac Vasc Anesth, 2005, 19(6): 734–738.
- [12] Hammer GB, Ngo K, Macario A. A retrospective examination of regional plus general anesthesia in children undergoing open heart surgery [J]. Anesth Analg, 2000, 90(5): 1020–1024.
- [13] Fiorito B, Checchia PA. A review of mechanical ventilation strategies in children following the Fontan procedure [J]. Images Paediatr Cardiol, 2002, 11(1): 4–11.
- [14] Tanoue Y, Sese A, Imoto Y, et al. Ventricular mechanics in the bidirectional glenn procedure and total cavopulmonary connection [J]. Thorac Cardiovasc Surg, 2003, 125(5): 1061–1069.
- [15] Szabo G, Buhmann V, Graf A, et al. Ventricular energetics after the Fontan operation: contractility-afterload mismatch [J]. Thorac Cardiovasc Surg, 2003, 125(5): 1061–1099.
- [16] Hsia TY, Khambadkone S, Deanfield JE, et al. Subdiaphragmatic venous hemodynamics in the Fontan circulation [J]. Thorac Cardiovasc Surg, 2001, 121(3): 436–447.
- [17] Wilson W, Taubert KA, Gewitz M, et al. Prevention of Infective Endocarditis: Guidelines From the American Heart Association: A Guideline From the American Heart Association Rheumatic Fever, Endocarditis, and Kawasaki Disease Committee, Council on Cardiovascular Disease in the Young, and the Council on Clinical Cardiology, Council on Cardiovascular Surgery and Anesthesia, and the Quality of Care and Outcomes Research Interdisciplinary Working Group [J]. Circulation, 2007, 116(15): 1736–1754.
- [18] Tebich S. How does one safely anesthetize a univentricular patient for noncardiac surgery? [J]. Semin Cardiothorac Vasc Anesth, 2001, 5(1): 40–45.
- [19] Nayak S, Booker PD. The Fontan circulation [J]. Contin Educ Anaesth Crit Care Pain, 2008, 8(1): 26–30.
- [20] McClain CD, McGowan FX, Kovatsis PG. Laparoscopic surgery in a patient with Fontan physiology [J]. Anesth Analg, 2006, 103(4): 856–858.

〔收稿日期〕 2011-02-21

〔本文编辑〕 吴洋