

胎儿手术的麻醉

Dr Sowmyashree Kota Karanth^{1†}, Dr Kha M. Tran^{2,3}

¹Anaesthesiologist, Newark, NJ, USA

²Attending Anaesthesiologist, Children's Hospital of Philadelphia, Philadelphia, PA, USA

³Professor of Clinical Anaesthesia and Critical Care Medicine, Perelman School of Medicine at the University of Pennsylvania, Philadelphia, PA, USA

Edited by: Dr Kelly Fedoruk, Clinical Assistant Professor, Stanford University, Stanford, CA, USA

†Corresponding author email: sowmya_karanth@hotmail.com

Published 24 September 2024

DOI: 10.28923/atotw.532



重点

- 胎儿手术的类型主要包括三种：微创技术、开放式胎儿手术（需进行子宫切开术）和子宫外产时治疗。
- 微创手术和开放式胎儿手术的主要目的是预防胎儿死亡，并尽可能降低婴儿的死亡率和发病率；而子宫外治疗性干预则是在胎儿未出生时进行的治疗，旨在促进胎儿的顺利出生并支持其过渡到新生儿阶段。
- 在妊娠期，尤其是在进行开放式胎儿手术时，子宫张力的管理至关重要，以防止早产的发生。

背景介绍

随着产前诊断技术的进步，胎儿手术的麻醉技术也不断发展。麻醉医师需要同时考虑两名或更多高风险患者——孕妇和胎儿。这类干预措施要求高度专业的技能、多学科团队的协作和先进的医疗基础设施，通常在第四级医疗中心进行¹。美国妇产科医师学会和美国儿科学会认可的专门胎儿治疗中心，由母胎医学专家、产科和儿科麻醉医师、新生儿科医生、心脏病专家、小儿外科医生、放射科医生、围手术期护士、社会工作者及遗传学家等组成的专业团队共同协作²。最常见的胎儿干预措施包括针对双胎输血综合征的激光消融术、脊髓脊膜膨出（MMC）修复、胎儿镜下腔内气管闭塞（FETO）手术以及子宫外产时治疗（EXIT）等。

胎儿干预的指征

干预措施的适应症可分为以下几类：

- 改善胎儿的生活质量（例如胎儿MMC修复已显示可以降低脑积水的发生率并改善运动发育³）
- 促进胎儿的顺利出生并支持其过渡到新生儿阶段（例如用于外部气道压缩的EXIT程序）
- 纠正先天畸形以确保胎儿存活（例如，在某些情况下，FETO治疗先天性膈疝可以提高新生儿存活率，但仍需进一步改进技术并对治疗结果进行更为深入的评估⁴）
- 缓解产妇的症状（例如，在镜像综合症中，产妇可从胎儿治疗或分娩中受益⁵）

An online test is available for self-directed continuous medical education (CME). It is estimated to take 1 hour to complete. Please record time spent and report this to your accrediting body if you wish to claim CME points. A certificate will be awarded upon passing the test. Please refer to the accreditation policy [here](#).

[TAKE ONLINE TEST](#)

胎儿干预的类型

胎儿干预是在早/中期胎龄或出生时进行的。它们大致分为微创手术、开放式妊娠中期手术和 EXIT 手术。适合胎儿手术的常见胎儿状况如表 1 所示。

胎儿状况	病理生理	治疗	胎儿干预类型
双胎反向动脉灌注	单绒毛膜双胞胎，正常心脏的胎儿为无心脏的胎儿提供血液	射频消融术或脊髓凝血	微创手术
双胎输血综合征	单绒毛膜双胞胎，1个双胞胎是献血者（生长受限），另一个双胞胎是受血者（心肌病）	羊膜传导 激光消融导致血流分流的胎盘血管	微创手术
尿路梗阻	泌尿路阻塞导致肺发育不全	膀胱羊膜分流术或胎儿镜下消融治疗梗阻	微创手术
先天性膈疝	肺发育不全和高血压引起的腹部脏器疝进入胸腔	胎儿内窥镜气管阻塞；防止液体从肺部流出，促进肺的发育	微创手术
羊膜带综合征	羊膜带缠结并限制了身体不同部位的生长	使用激光松解羊膜带黏连	微创手术
脊髓脊膜膨出	椎管、脑膜和椎骨不融合	开放手术或胎儿镜修复	妊娠中期开放或微创手术
骶尾骨 畸胎瘤	尾骨底部的畸胎瘤可导致高输出量心力衰竭	射频消融术；开放手术下肿瘤去除术	微创手术
择期心脏疾病	取决于特定的病变	导管基球囊瓣膜成形术或房间隔成形术	微创手术
先天性囊性腺瘤样畸形	胸内肿瘤（囊性或实性）压迫心脏并引起胎儿积液	囊肿引流、分流术或肺叶切除术	开放手术
气道外压迫	气道受损	使用胎盘支持时固定气道	子宫外产时治疗

表 1. 常见的胎儿手术

微创手术

微创手术通常在妊娠早期或中期实施，涉及通过腹壁和子宫壁插入细针或胎儿镜来接触胎儿、胎盘或脐带⁶。胎儿镜是一种小型硬质内窥镜，直径范围在1.0至3.8毫米之间，并且配备了专门的操作通道。尽管部分胎儿镜手术可能需要进行剖腹手术，但它们不涉及子宫切开，从而保留了未来通过阴道分娩的可能性⁶。

常见的微创手术包括经皮胎儿脐血取样、宫内胎儿输血、胸腔或膀胱羊膜分流术及骶尾部畸胎瘤的射频消融术（如图1所示）。胎儿镜手术包括胎儿内镜手术（FETO）和激光凝固血管吻合术，这些手术主要用于治疗双胞胎输血综合征。

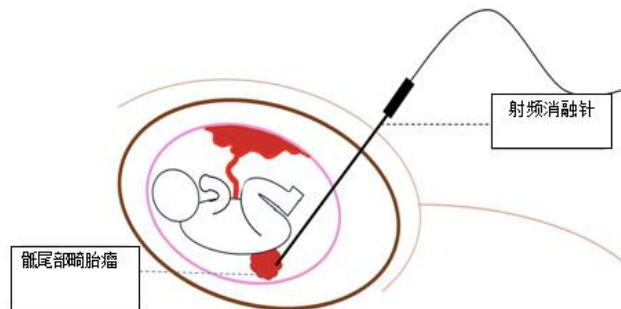


图1：骶尾部畸胎瘤的射频消融术

射频消融术是一种精准的微创治疗方法，它通过精确地加热肿瘤的供血血管，切断流向骶尾部畸胎瘤的血流。这一过程能够有效地缩小肿瘤体积，甚至完全根除畸胎瘤。由于其微创特性，射频消融术为患者提供了一种伤害性较小的治疗选择。

妊娠中期的开放手术

此类手术通常在妊娠 24 至 26 周时进行，涉及产妇剖腹手术和子宫切开术以取出胎儿。将子宫取出，并在子宫上行 6 至 8 厘米的切口以子宫切开，确保避开胎盘（使用超声定位）。这种手术方式意味着无论是当前和随后的妊娠，都不再适合选择阴道分娩，因为分娩时子宫的强烈收缩可能导致子宫破裂^{6,7}。常见的手术包括是MMC修复、骶尾部畸胎瘤或肺部肿瘤切除术。

EXIT 手术

此例干预措施是在妊娠接近足月时进行的。子宫切开术后，胎儿的氧合通过胎盘循环维持，这为手术团队提供了宝贵的时间进行必要的干预措施，帮助胎儿顺利过渡到宫外存活。过渡到宫外存活所需的具体干预措施取决于胎儿的病理状况。例如，气道阻塞可能需要硬质支气管镜检查 and 插管，或者颈部淋巴结清扫术和逆行导管插管^{6,7}。对于大型肺部肿瘤，可能需要进行开胸手术和肺叶切除术⁸。手术结束后，胎儿将被分娩出。

麻醉注意事项

麻醉技术的选择主要取决于产妇的胎龄、胎儿的情况和手术类型。

孕产妇生理学

妊娠期间，女性解剖学和生理学的变化是为了适应发育中胎儿的代谢需求。对于采取仰卧位的孕妇，到了妊娠20周时，增大的子宫可能会压迫下腔静脉和降主动脉。为了解缓这种压迫可能导致的仰卧位低血压综合征，推荐从妊娠中期开始，采取子宫左侧倾斜的体位进行手术⁹。此外，在呼吸暂停发作期间，由于功能残气量的减少，低氧血症的发生速度会更快¹⁰。

胎儿生理学

了解胎儿生理学对于实施胎儿干预手术中的麻醉至关重要。胎儿的心血管系统与胎盘的血容量（约占胎盘总血容量的50%，范围在120至162毫升/千克）形成了一个并联回路。胎儿的总心输出量（CO）介于425至500毫升/千克/分钟，且心脏左右两侧的心输出量存在差异。由于胎儿心脏内存在非收缩性组织以及充满液体的肺部对心脏的外部压迫，每搏输出量的变化对心输出量的影响相对较小⁷。因此，心输出量主要受心率变化的影响。胎儿心动过缓是评估胎儿应激状态的一个重要指标。

胎儿疼痛的生理机制极为复杂，目前科学界对此的了解尚不充分。胎儿的丘脑皮质连接大约在妊娠23至30周形成，这表明胎儿在这一时期之可能感知到疼痛。然而，胎儿的下丘脑-垂体-肾上腺轴在妊娠18至20周时开始活跃，并能产生 β -内啡肽和皮质醇⁶。伤害刺激会导致皮质醇和儿茶酚胺水平升高，减少胎盘血流量，并可能引起胎儿心动过缓。这种反应促使血液重新分配至关键器官（大脑、心脏和胎盘），这一现象被称为“中枢保护效应”。因此，在妊娠中期的干预手术（大约在18至20周）中，通常会使用阿片类药物来减轻潜在的应激反应，尽管在这一时期胎儿可能尚未能感觉到疼痛⁶。

常见麻醉药物的胎盘转运

药物通过胎盘的转移速度受多种因素影响，包括药理学因素和胎盘因素。药理学因素包括药物的分子量、脂溶性、蛋白质结合能力以及浓度梯度。胎盘因素则涉及胎盘中的药物转运蛋白、母体和胎儿血液中的pH值、胎盘的表面积、厚度以及子宫胎盘的血流情况¹¹。表2详细列出了常用麻醉药物在胎盘中的转移情况。

麻醉药	快速胎盘转运	注意事项
挥发性麻醉药	是	高脂溶性和小分子
硫喷妥钠	是	高脂溶性和弱酸性
异丙酚	是	高脂溶性
苯二氮卓类	是	非离子形式的高脂溶性
阿片类药物	是	蛋白质结合较少
吗啡		高脂溶性
芬太尼 瑞芬太尼		瑞芬太尼通过非特异性酯酶快速代谢，因此它不会导致新生儿镇静残留
非去极化肌肉松弛剂	否	大分子、高度电子化、低脂溶性
琥珀酰胆碱	否	只有在非常高的剂量下才可转运
新斯的明	是	小剂量（可以比甘露醇更快地转运，并可能导致胎儿心动过缓，因此通常建议与阿托品联合使用以逆转神经肌肉阻滞）
格隆溴铵	否	四价胺
舒更葡糖钠	少量	大尺寸、极化分子
右美托咪定	是	高脂溶性
阿托品	是	三价胺、脂溶性
局部麻醉药	是	弱碱性（在酸中毒的胎儿中，可能在胎盘转移后电离，导致“离子捕获” ¹² ）

表 2. 常用麻醉药物的胎盘转运

术前评估和计划

患者护理和诊疗通常需要多学科团队共同参与。有必要与产妇讨论潜在的结果、益处和风险，特别是母体和胎儿的生理状态，尤其是在胎儿在出生时被认为具有“存活能力”的情况下。手术时机通常为妊娠超过24周，但是具体时机可能会因地区不同而有所差异。这次过程中，重点应放在产妇自主权、确保知情同意以及提供适当支持服务上¹³。

术前评估通常包括对产妇合并症的全面审查，包括既往产科、手术和麻醉史。体格检查通常侧重于气道评估、筛查可能影响椎管内麻醉的脊柱异常以及心肺系统评估⁶。对于微创手术，血型和筛查通常就足够了。对于妊娠中期的开放手术和 EXIT 手术以及有大规模输血计划的手术，血型和交叉配血则尤为重要。其他必要的检查根据病史和体检结果进行¹³。

应回顾胎儿超声检查、磁共振成像和超声心动图，评估胎儿的解剖和生理异常程度。胎儿干预的禁忌症，例如染色体异常、微缺失或重复，通常可以通过胎儿遗传学检测来排除¹³。重点应关注胎儿基线心率、心功能、估计胎儿体重（用于药物剂量调整）及胎盘位置。在涉及胎儿时，经辐射处理、去除白细胞减、与产妇交叉配血的O型阴性血，通常可以用于胎儿。

胎儿监测

胎儿干预的类型决定了监测的具体要求，监测范围可从间歇性超声心率监测到连续超声心动图。在 EXIT 过程中，还需要监测胎儿的脉搏血氧饱和度。由于宫内氧分压较低，胎儿氧饱和度通常在 30% 至 70% 之间⁶。脐静脉的氧分压最高为 55 mmHg，脐动脉的氧分压最低，为 15 至 25 mmHg¹⁴。图 2 显示了胎儿和母体的氧-血红蛋白分离曲线。胎儿的氧合发生在氧-血红蛋白解离曲线的陡峭部分。因此，即使氧分压的微小变化也会导致胎儿氧饱和度的显著变化。血管收缩、子宫收缩及潜在的光干扰源等因素可能会影响胎儿血氧计读数的可靠性。

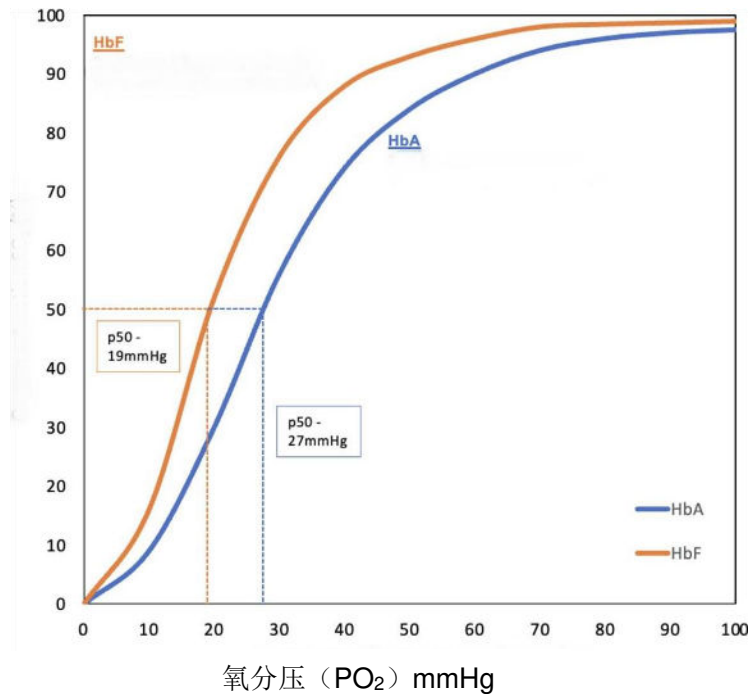


图 2.胎儿和母体的氧-血红蛋白解离曲线

由于胎儿对氧的亲合力较高，胎儿曲线向左偏移。这使得胎儿可以在母体血氧水平较低的情况下，从胎盘中有效地获取氧气。当出现母亲低血压、脐带受压或胎盘功能不全等情况导致 PO_2 下降，胎儿的氧饱和度将急剧下降。HbA，成人血红蛋白；HbF。胎儿血红蛋白。

子宫张力

子宫收缩可导致子宫血管阻力增加、脐带受压、胎儿心动过缓及早产。手术过程中，通过合理地使用挥发性麻醉剂、硫酸镁输注、硝酸甘油和 β 受体激动剂，可以实现子宫的深度松弛。子宫切开术期间发生的子宫体积损失可能会引发子宫收缩。通过将温暖的晶体持续注入羊膜腔，确保胎儿有一个温暖的环境，可以缓解这种情况。在 EXIT 程序中，胎儿分娩后进行宫缩剂⁶。常用的宫缩剂及其剂量见表 3。

宫缩抑制剂	剂量
硫酸镁	4-6g的负荷剂量20分钟内，然后以 2-4 g/h持续输注
挥发性麻醉剂	2-3 个 MAC
硝酸甘油*	50-100 μ g IV 推注，0.5-3 μ g/kg/min 输注，1mg舌下喷雾
硝苯地平	每 6-8小时口服 10-20 mg
阿托西班	6.75 mg IV 推注，然后以 24 mL/h 输注 3 小时
消炎痛	50-100 mg PO 或 PR
特布他林	250 μ g IM或IV， 5-10 μ g/min IV
宫缩剂	剂量
催产素	1- 2 U IV， 然后7.5-30 U/h持续输注

表 3. 催产素和子宫收缩剂。IM，肌肉注射；IV，静脉注射；MAC，最低肺泡浓度；PO，口服；PR，直肠。

*据报道输注剂量高达 20 mcg/kg/min¹⁵

胎儿药物管理

如果需要，麻醉医师可以通过经胎盘途径间接向胎儿给药，或者由外科医生直接（血管内、肌肉内或心内）给药。在药物经胎盘到达胎儿的过程中，产妇可能会接受比常规临床麻醉要求更高剂量的药物⁶。芬太尼和瑞芬太尼可以通过此途径为母婴提供镇静和镇痛¹⁶。

直接给胎儿给药的优点是可以根据胎儿的需要调整剂量，同时避免产妇接触药物。常见的胎儿血管内给药途径包括脐静脉、肝静脉和外周静脉。该方法的局限性包括脐静脉插管引起的血管痉挛、心律失常以及心内给药导致的堵塞，因此这种方法主要用于心脏手术。EXIT 手术首选血管内给药途径⁶。

胎儿的肩部和臀部通常是肌肉给药的部位，药量限制在0.2~0.5 mL⁶。对于未麻醉的胎儿，这种途径可能引发应激反应，导致血液从肌肉分流并导致不可预测的吸收。该途径通常用于微创或妊娠中期开放手术。表 4 总结了胎儿麻醉时常用的给药途径和剂量。

药品	路线	剂量
间接（经胎盘转运）		
瑞芬太尼	产妇 IV	0.1至0.2 微克/公斤/分钟
芬太尼	产妇 IV	1至2 微克/公斤/小时
直接		
阿托品	肌肉注射/静脉注射	10至20微克/公斤
芬太尼	肌肉注射/静脉注射	20微克/公斤
维库溴铵	肌肉注射/静脉注射	0.1至0.2毫克/公斤
罗库溴铵	肌肉注射/静脉注射	2毫克/千克

表 4. 胎儿麻醉常用药物的途径和剂量

麻醉管理

微创手术

麻醉管理取决于手术，穿刺的数量、位置和大小，患者的体位以及产妇抗焦虑的要求。微创手术，例如羊膜减缩术或经皮血液采样，可能不需要麻醉医师的参与。对于其他手术，可以谨慎使用阿片类、苯二氮卓类、右美托咪定或异丙酚对产妇进行镇静，避免气道反射的消失。根据医疗机构的不同偏好，此类手术也可使用椎管内麻醉。通常不需要严格的子宫松弛，但可以在术前给予子宫收缩抑制剂。产妇监护由标准的美国麻醉医师协会推荐的监护仪进行，术中应给予日常生理需要量。麻黄碱或去氧肾上腺素用于缓解产妇低血压。在需要确保胎儿完全不动的情况下，可将药物联合（如阿片类、肌肉松弛剂和抗胆碱能药物）肌注到胎儿体内。北美的大多数中心对胎儿联合使用芬太尼 (20 mcg/kg)、维库溴铵 (0.2 mg/kg) 或罗库溴铵 (2mg/kg) 以及阿托品 (20 mcg/kg)。⁶

妊娠中期开放手术

尽管医疗机构的习惯肯定会影响手术过程，但这类手术通常是在全身麻醉下进行的。术前可插入低胸段硬膜外导管，以便在腹部闭合期间启动硬膜外麻醉，以避免术中血流动力学不波动，同时确保顺利拔管和进行术后镇痛。除了标准的美国麻醉医师协会的监测设备外，通常还会进行动脉导管监测血压。产妇通常采取左侧卧位，以便子宫左倾。通过快速顺序插管进行气管插管。由于手术过程中可能会快速失血，通常建议开放两路大的静脉通路。应控制输液量（500 至 1000 mL）以预防肺水肿。

麻醉维持通常使用挥发性麻醉剂。由于滴定速度更快，过去普遍使用地氟醚，但现在许多医疗中心倾向于使用七氟醚，因为它对环境的影响较小。在子宫切开术之前，小心地增加挥发性麻醉剂的剂量，以实现理想的子宫松弛，同时尽量减少其对胎

儿心脏功能的抑制作用。瑞芬太尼或丙泊酚可用于辅助静脉麻醉、输注硝酸甘油或早期输注硫酸镁可与挥发性麻醉药一起使用，以减少挥发性麻醉剂的用量。^{6,7}

一旦达到充分的放松，就进行子宫切开术。应随时准备好基于胎儿体重的肾上腺素和阿托品剂量，用于胎儿复苏。将温热的晶体溶液注入子宫。胎儿在子宫内处于最佳位置，以防止子宫容量减少并防止胎儿体温过低。在进行胎儿手术时，经胎盘静脉注射给产妇的药物将提供一定程度的胎儿镇痛作用。阿片类药物、非去极化肌松剂和阿托品的组合可以肌肉注射给胎儿，以确保胎儿不动。使用超声心动图连续监测胎心率、心功能和导管通畅性。如果需要，团队应做好紧急分娩和新生儿复苏的准备。

胎儿手术完成后，胎儿被送回子宫腔并进行缝合。子宫闭合后逐渐降低挥发性麻醉剂。尽管使用硫酸镁安胎的证据不一，但通常会向产妇推注6克，然后输注（2至4克/小时）以预防子宫收缩¹⁷。宫缩抑制剂的选择取决于医院和患者因素。考虑到硫酸镁可以通过增强神经肌肉阻滞药物的作用来增加肌无力，因此在使用前应确保神经肌肉阻滞被完全逆转。如果放置了硬膜外导管，则可以使用硬膜外麻醉，并且在产妇完全清醒后拔除气管插管。

EXIT 手术

EXIT 手术的麻醉管理与妊娠中期开放手术的麻醉管理相似，一个显著区别在于胎儿分娩后需要恢复子宫张力¹³。图 3 说明了 EXIT 手术的麻醉管理。设备齐全的备用手术室对于手术过程中可能发生的紧急胎儿分娩至关重要。图 4 展示了子宫切开术和保护胎儿气道的相关操作。图 5 展示了手术室内执行 EXIT 手术时人员和设备可能布置的位置。

这些复杂的程序可能需要在预定日期之前作为紧急情况执行。模拟演练和模拟训练对于团队（尤其是经验较少的团队）来说很有价值。这些训练不仅能够增强团队有效规划和应对突发情况的能力，而且有助于明确各成员的角色分工，并促进团队协作以解决可能出现的任何问题。

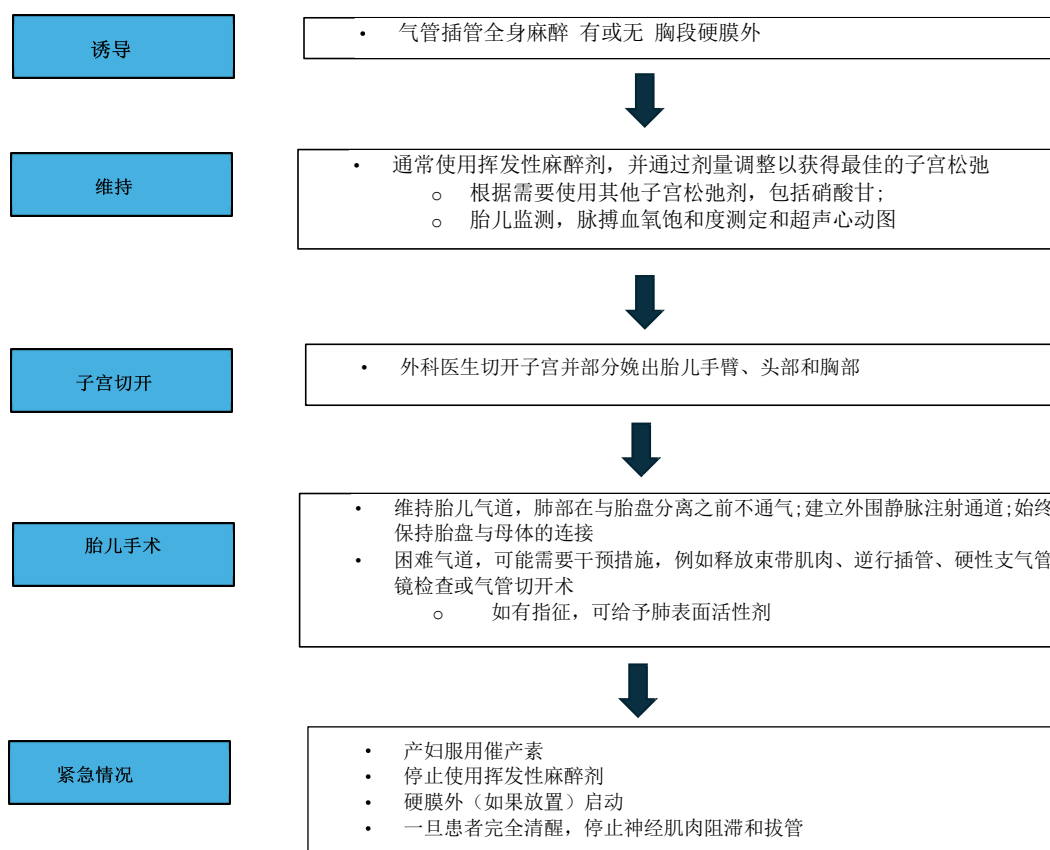


图 3. 宫外产时治疗手术的麻醉管理

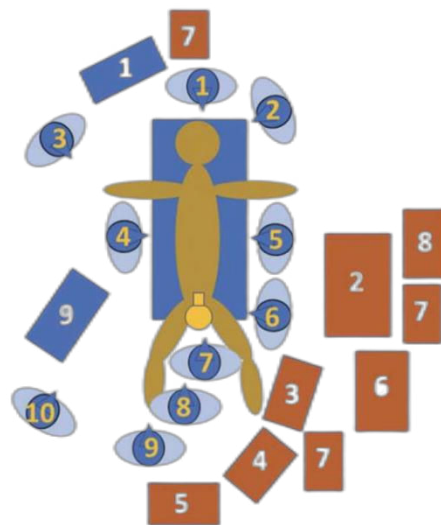


图 4. 宫外产时治疗手术。

对患有颈部和上纵隔的大淋巴畸形的胎儿进行子宫切开术和气道导管固定。图片来源于Jain等人¹⁸。

人员

1. 孕产妇的麻醉医师
2. 麻醉助理
3. 计时员
4. 产科医师
5. 产科医师
6. 手术助理护士
7. 小儿麻醉医师
8. 儿科医师
9. 小儿耳鼻喉科医师
10. 新生儿专家



设备

1. 麻醉机
2. 手术器械
3. 儿科插管
4. 硬质支气管镜检查
5. 气管造口术工具
6. 婴儿监护仪及药物
7. 吸引器
8. 电凝设备
9. 内镜吊塔

图5.手术室内人员和设备的布置

胎儿复苏

在胎儿不稳定的情况下，可能需要暂停手术并进行胎儿复苏。下面将讨论复苏的指征和方法，以及胎儿心动过缓的原因。

胎儿复苏的指征包括：

- 胎儿心动过缓（胎儿心率 < 100次/分钟）
- 胎儿氧饱和度 <30%至40%
- 心脏充盈减少
- 心室功能受损

常见原因	Less Common Causes
脐带扭结或机械压缩	胎儿血容量不足
胎盘分离	胎儿体温过低
子宫收缩	胎儿贫血
产妇低血压	
脐动脉血管痉挛	
产妇贫血	
产妇低氧血症	

表5 胎儿心动过缓的常见原因

复苏

考虑增加母体氧供

确保子宫向左倾斜，给予静脉输液和血管加压药以维持产妇血压和心率

改善子宫松弛，给予宫缩抑制剂或增加挥发性麻醉剂的浓度

重新定位胎儿以排除脐带受压

排除胎盘早剥

如果心动过缓持续存在，团队可以考虑以下措施：

- 肌注肾上腺素 (10 mcg/kg) 和阿托品 (20 mcg/kg)，同时静脉输液和血液
- 以 100 至 150 bpm 的速度进行胎儿胸外按压
- 如果胎儿存活，则进行分娩并开展新生儿复苏
- 这些任务应在术前团队讨论中分配给特定的团队成员

母体和胎儿并发症

接受妊娠中期开放手术的产妇有胎膜早破、早产和子宫破裂的风险。产后出血是 EXIT 手术可能的术后并发症。胎儿方面的风险包括感染、羊水过少、颅内出血和宫内死亡等。

术后管理

术后管理包括监测、安胎和疼痛管理。它因手术而异，并在表 6 中进行了讨论。

微创		开放中期	EXIT
宫缩	一般不需要	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 需要时，硫酸镁（\$24 小时）或吲哚美辛*，可用于安胎 ◆ 可能需要术后 48 至 72 小时宫缩监测 	无安胎作用
疼痛管理	口服镇痛药一般足以满足产妇的需要	产妇可能需要硬膜外输注局部麻醉药和麻醉药物	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 产妇可能需要硬膜外输注局部麻醉剂和麻醉药物 ◆ 根据手术的不同，新生儿可能需要扑热息痛或阿片类药物¹⁹ ◆ 术后护理与剖腹产相似：疼痛管理、血栓预防和出血监测
母婴监测	产妇可能需要监测肺水肿基于手术、胎龄和胎儿状况的胎心率监测	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 产妇可能需要监测肺水肿 ◆ 胎儿心率监测和超声检查根据手术、妊娠周数和胎儿状况进行定制 ◆ 计划在妊娠 37 周进行剖腹产 ◆ 在可能发生早产的情况下，给予类固醇促进胎儿肺部成熟。 	

表 6. 胎儿干预手术的术后管理

*吲哚美辛给药需要定期进行胎儿超声心动图检查，以确保动脉导管通畅。导管过早闭合可导致新生儿持续性肺动脉高压及胎儿右心衰竭²⁰。

总结

随着胎儿手术技术的发展，麻醉技术也在不断进步。为胎儿手术提供麻醉的关键在于维持子宫胎盘血流和血容量、管理子宫张力，并最大限度地减少产妇和胎儿的风险是为胎儿手术提供麻醉的关键。

参考文献

1. Deprest JA, Devlieger R, Srisupundit K, et al. Fetal surgery is a clinical reality. *Semin Fetal Neonatal Med.* 2010;15(1):58-67. doi:10.1016/j.siny.2009.10.002
2. American College of Obstetricians and Gynecologists; Committee on Ethics; American Academy of Pediatrics; Committee on Bioethics. Committee opinion no. 501: maternal-fetal intervention and fetal care centers. *Obstet Gynecol.* 2011;118(2 pt 1): 405-410.
3. Adzick NS, Thom EA, Spong CY, et al. A randomized trial of prenatal versus postnatal repair of myelomeningocele. *N Engl J Med.* 2011;364:993-1004.
4. Araujo Junior E, Tonni G, Martins WP, Ruano R. Procedure-related complications and survival following fetoscopic endo-tracheal occlusion (FETO) for severe congenital diaphragmatic hernia: systematic review and meta-analysis in the FETO era. *Eur J Pediatr Surg.* 2017;27:297-305.
5. Allarakia S, Khayat HA, Karami MM, et al. Characteristics and management of mirror syndrome: a systematic review (1956-2016). *J Perinat Med.* 2017;45(9):1013-1021. doi:10.1515/jpm-2016-0422
6. Hoagland MA, Chatterjee D. Anesthesia for fetal surgery. *Paediatr Anaesth.* 2017;27(4):346-357. doi:10.1111/pan.13109. Erratum in: *Paediatr Anaesth.* 2017;27(8):873.
7. Liu CA, Low S, Tran KM. Anaesthesia for fetal interventions. *BJA Educ.* 2023;23(5):162-171. doi:10.1016/j.bjae.2023.01.007
8. Lin EE, Moldenhauer JS, Tran KM, Cohen DE, Adzick NS. Anaesthetic management of 65 cases of ex utero intrapartum therapy: a 13-year single-centre experience. *Anesth Analg.* 2016;123:411e7.
9. Calzolari A, Dalglish DJ. Anatomical and physiological changes in pregnancy relevant to anaesthesia. *Anaesthesia Tutorial of the Week.* 2005;Tutorial 25.
10. Nath G, Subrahmanyam M, Jayanthi R, et al. Recent advances in anaesthesia for intrauterine and foetal surgery. *Indian J Anaesth.* 2023;67:11-18.
11. Shin J. Anesthetic management of the pregnant patient: part 2. *Anesth Prog.* 2021;68(2):119-127. doi:10.2344/anpr-68-02-12
12. Griffiths SK, Campbell JP. Placental structure, function and drug transfer. *Continuing Education in Anaesthesia Critical Care & Pain.* 2015;15(2):84-89. doi:10.1093/bjaceaccp/mku013
13. Chatterjee D, Arendt KW, Moldenhauer JS, et al. Anesthesia for maternal-fetal interventions: a consensus statement from the American Society of Anesthesiologists Committees on Obstetric and Pediatric Anesthesiology and the North American Fetal Therapy Network.

Anesth Analg. 2021;132(4):1164-1173. doi:10.1213/ANE.0000000000005177

14. Soothill PW, Nicolaides KH, Rodeck CH, et al. Blood gases and acid-base status of the human second-trimester fetus. *Obstet Gynecol.* 1986;68(2):173-176.
15. Rosen MA. Anesthesia for fetal procedures and surgery. *Yonsei Med J.* 2001;42(6):669-680. doi:10.3349/ymj.2001.42.6.669
16. Lin EE, Tran KM. Anesthesia for fetal surgery. *Semin Pediatr Surg.* 2013;22(1):50-55. doi:10.1053/j.sempedsurg.2012.10.009
17. James MF. Magnesium in obstetrics. *Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol.* 2010;24(3):327-337. doi:10.1016/j.bpobgyn.2009.11.004
18. Jain P, Prasad A, Rahul KM, Ankur K. Difficult airway of fetus: making a safe ex utero intrapartum treatment. *J Indian Assoc Pediatr Surg.* 2021;26(6):448-450. doi:10.4103/jiaps.JIAPS_226_20
19. Maitra S, Baidya DK, Khanna P, Ray BR, Panda SS, Bajpai M. Acute perioperative pain in neonates: an evidence-based review of neurophysiology and management. *Acta Anaesthesiol Taiwan.* 2014;52(1):30-37. doi:10.1016/j.aat.2014.02.004
20. Ishida H, Kawazu Y, Kayatani F, et al. Prognostic factors of premature closure of the ductus arteriosus in utero: a systematic literature review. *Cardiol Young.* 2017;27:634-638. doi:10.1017/S1047951116000871



This work by WFSA is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. To view this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

WFSA Disclaimer

The material and content provided has been set out in good faith for information and educational purposes only and is not intended as a substitute for the active involvement and judgement of appropriate professional medical and technical personnel. Neither we, the authors, nor other parties involved in its production make any representations or give any warranties with respect to its accuracy, applicability, or completeness nor is any responsibility accepted for any adverse effects arising as a result of your reading or viewing this material and content. Any and all liability directly or indirectly arising from the use of this material and content is disclaimed without reservation.