

第三章 复杂脊柱手术麻醉方案的制订与实施

第一节 复杂脊柱手术麻醉方案制订原则与策略

一、复杂脊柱手术麻醉方式的选择

1. 按手术类型选择

(1) 复杂颈椎手术

颈椎手术的适应证包括颈椎退行性疾病、颈椎外伤、颈椎畸形、颈椎肿瘤、颈椎翻修手术等。复杂颈椎手术的挑战在于其解剖结构复杂，邻近重要的神经血管结构，如椎动脉损伤在颈椎手术中可能引起短时间快速出血而危及患者生命。

复杂颈椎手术可根据入路分为前路、后路或联合入路。颈椎前路手术包括：颈椎前路椎间盘切除融合术（anterior cervical discectomy and fusion, ACDF）、颈椎椎体次全切除融合术（anterior cervical corpectomy and fusion, ACCF）、人工颈椎间盘置换术（cervical total disc replacement, CTDR）、环形减压和内固定术等。颈椎后路手术包括：后路颈椎板减压椎管成形术、后路颈椎融合术、枕颈融合术等。颈椎前路和后路联合手术包括：颈椎椎体肿瘤全椎切除和3D打印假体置入术、颈椎畸形矫正手术等。

复杂颈椎手术需重点关注气道安全性与脊髓保护，麻醉选择需结合手术入路（前路/后路）及创伤程度。前路手术（如颈椎间盘摘除+椎间融合术）邻近气道，易引发气道水肿或喉返神经损伤，优先选择全身麻醉（general anesthesia, GA）以保障气道控制；后路手术（如颈椎管扩大成形术）多为长时间操作（>3 h），需维持稳定的血流动力学与保证脊髓血供，GA是首选，若患者条件允许（如ASA I~II级、无困难气道、无凝血功能障碍等），前路手术可复合颈浅丛阻滞（superficial cervical plexus block, SCPB）和（或）颈深丛神经阻滞（deep cervical plexus block, DCPB），后路手术可复合颈后皮神经阻滞（posterior cervical cutaneous nerve block, PCCNB）和（或）局部伤口阻滞等以减少全麻药物用量。

(2) 复杂胸椎手术

复杂胸椎手术，包括创伤、肿瘤、感染、畸形和退行性疾病等胸椎复杂病症的手术治疗。这些手术通常具有较高的技术难度和风险，需要精细的操作和先进的技术支持。复杂胸椎手术可能面临多种并发症，包括神经损伤、脑脊液漏、感染、失血过多、内固定失败（如假关节形成和交界性后凸畸形）以及肺部并发症等。术中仔细操作、

充分止血、精确的器械置入以及严密的术后管理是降低并发症风险的关键。

复杂胸椎手术可根据入路分为后路、经胸侧前方入路或联合入路。胸椎后路减压融合术，可以对脊髓进行减压，并通过椎弓根螺钉固定和融合来稳定脊柱，适用于创伤、肿瘤、感染和畸形等多种胸椎病变。经胸腔侧前方入路，适用于处理位于椎体前方或需要直接解除脊髓前侧压迫的病变，可提供清晰的手术视野，常用于脊柱肿瘤、严重畸形矫正和感染病灶清除等复杂胸椎病例。联合入路手术，适用于复杂的胸椎畸形、肿瘤侵犯范围广或需要大范围减压和重建、椎体全切的病例，通常涉及分期手术或同期手术，后者可能导致手术时间延长和术中失血量增加。

复杂胸椎手术（如胸椎侧弯矫正术、胸椎肿瘤切除术）具有创伤大、出血多、胸段脊髓（尤其是 $T_4\sim T_9$ 节段）是脊髓缺血高发区域等特点，术中经常需要脊髓电生理监测。麻醉需兼顾循环稳定与神经电生理监测的敏感性：GA是最常用的麻醉方式，全麻药物选择需避免使用对神经电生理监测（intraoperative neuromonitoring, IONM）有显著抑制的药物（如高剂量肌松药）；若手术涉及下胸椎（ T_{10} 以下），可复合腰大肌间隙阻滞（psoas compartment block, PCB），通过减少全麻药物对循环的抑制，降低术中低血压发生率。

（3）复杂腰椎手术

复杂腰椎手术的适应证包括腰椎退行性疾病、创伤、肿瘤、感染、畸形等。复杂腰椎手术的挑战在于腰椎解剖结构复杂，周围有重要的神经、血管和内脏器官，手术风险较高。术中可能发生硬膜撕裂、神经损伤、血管损伤、感染、失血过多以及内固定失败等并发症。特别是老年患者常伴有骨质疏松、肌少症等合并症，这些因素会增加手术难度和并发症风险。

复杂腰椎手术按手术类型，可分为开放手术和微创手术。传统开放腰椎手术通过切口暴露手术区域，提供广阔的手术视野，适用于复杂的脊柱畸形矫正、肿瘤切除和严重的脊柱不稳融合等，开放手术创伤大、失血多、术后疼痛重、恢复时间长，且相关并发症风险相对较高。微创腰椎手术，包括内镜下技术如椎间孔镜和椎板间镜、微创腰椎融合术等，主要通过微创入路进行椎间盘切除、植骨融合和内固定，以恢复脊柱稳定性，目前在腰椎滑脱和退行性脊柱不稳的治疗中显示出优势。在手术入路方面，大部分腰椎手术在俯卧位下进行，一些复杂的腰椎病变，如广泛的肿瘤、严重的脊柱畸形或感染，可能需要联合前路/侧前方入路和后路手术，如同期进行，可能导致手术时间延长和术中失血量增加等问题。

复杂腰椎手术需结合手术创伤与患者耐受度分层选择：微创腰椎手术创伤小、手术时间短（ $<1.5\text{ h}$ ），若患者凝血功能正常、无穿刺部位感染，可选择椎管内麻醉（硬膜外麻醉或腰麻联合硬膜外麻醉）或者GA，但腰麻可能会影响手术结束时下肢神经功能的评估；开放腰椎手术（如腰椎后路融合术、腰椎管减压内固定术）创伤大、需长时间俯卧位，GA为首选，可复合腰大肌间隙阻滞以优化术后镇痛。

（4）多节段脊柱手术

多节段脊柱手术，通常指涉及2个及以上解剖区域，如颈胸段、胸腰段、腰骶段联



合手术,包括多节段颈胸椎或胸腰椎椎管狭窄、特发性脊柱侧凸、严重的脊柱后凸畸形、病变侵犯多个节段的脊柱肿瘤或脊柱结核等。

多节段脊柱手术的麻醉方案选择,须综合考虑手术节段、手术时间、患者基础状况、术中脊髓保护、出血管管理等多方面因素,麻醉方案以GA为基础,根据手术特点和患者需求,可联合区域阻滞技术。GA能完全控制气道、维持循环稳定,并为术中神经电生理监测提供条件。在全麻基础上联合区域阻滞,可以减少全麻药物用量、降低术后疼痛评分及阿片类药物使用剂量,降低阿片类药物相关不良反应(如恶心呕吐、呼吸抑制),适用于术后需早期活动或对阿片类药物敏感的患者(如老年人、呼吸功能不全者)。

2. 按患者风险等级选择

以美国麻醉医师协会(American Society of Anesthesiologists, ASA)分级为基础,结合患者术前生理状态和合并症情况等因素,综合评估后选择患者的麻醉方式。ASA I~II级为低风险,根据手术类型选择麻醉方式,如颈椎/胸椎大手术选GA(可复合神经阻滞),微创腰椎手术可选择椎管内麻醉或GA。ASA III级为中风险,根据手术方式选择麻醉方式,GA注意麻醉药物对患者循环呼吸的抑制作用,尤其是老年患者给药时应遵循分次、缓慢滴定原则,GA复合神经阻滞可以减少术中全麻药物用量,并提供良好的术后镇痛。ASA IV级为高风险,麻醉选择应保障患者生命安全,并尽量减少对患者的生理影响。选择GA,术中需加强循环监测(有创动脉压、中心静脉压),避免使用可能加重基础疾病的相关药物。

二、复杂脊柱手术常用的麻醉方法

1. 全身麻醉(general anesthesia, GA)

1) GA是复杂脊柱手术最常用的麻醉方式,其优势在于:①能使患者处于无意识状态,完全消除术中疼痛和不适感,从而便于外科医生长时间、精细地进行手术操作。②可对气道和呼吸功能进行精确管理,确保患者术中充分的氧供,以及对呼吸功能的支持和保护。③维持稳定的循环状态,尤其是在较大的出血量和体液丢失时,GA状态下能有效地管理血压、心率等生命体征。④提供优化的手术视野,良好的肌肉松弛效果和关键手术步骤时的控制性降压,对于精细化手术操作的复杂脊柱手术尤为重要。⑤保证患者舒适度和满意度,在长时间、复杂的手术中,患者的舒适度是需要综合考虑的因素。⑥适用于合并多种基础疾病和(或)高龄老人的麻醉管理,可以通过根据患者综合情况制订个体化方案,包括麻醉药物和监测技术的选择等,为有心血管疾病或神经系统疾病等复杂合并症的患者提供安全保障。

GA应用于复杂脊柱手术,适应证包括:所有颈椎、胸椎复杂手术(如侧弯矫正、肿瘤切除);开放腰椎手术或微创腰椎手术(患者不耐受椎管内麻醉,如穿刺部位感染、凝血异常);ASA III~IV级患者的脊柱手术;存在困难气道的脊柱手术患者等多

种手术类型。

2) 全麻药物的选择

GA 诱导通常选择静脉诱导, 诱导药物可选用舒芬太尼、丙泊酚、罗库溴铵或顺式阿曲库铵等; 若患者循环不稳定 (如 ASA III 级或以上), 静脉麻醉药可选择依托咪酯, 减少丙泊酚用量, 减少诱导期间循环抑制。麻醉维持药物, 可选择吸入麻醉药物七氟烷或地氟烷, 联合静脉持续输注瑞芬太尼; 术中间断推注肌松药, 维持肌松深度在“中度肌松”, 即 4 个成串刺激 (train of four stimulation, TOF) 维持在 1~2, 避免高浓度吸入性麻醉药对脊髓体感诱发电位 (somatosensory evoked potential, SEP) 以及肌松药物对脊髓运动诱发电位 (motor evoked potential, MEP) 监测的影响; 术毕注意肌松的残余作用肌松药, 必要时给予新斯的明 (拮抗非去极化肌松药) 或舒更葡糖钠 (拮抗罗库溴铵) 拮抗肌松残留, TOF $\geq 90\%$ 可认为基本无肌松残留。麻醉维持也可选择全凭静脉麻醉 (total intravenous anesthesia, TIVA), 采用靶控输注 (target-controlled infusion, TCI) 丙泊酚 (目标浓度 2~4 $\mu\text{g}/\text{mL}$) 和瑞芬太尼 (目标浓度 4~8 ng/mL)。对吸入麻醉药不耐受 (如恶性高热高危患者); 术中神经电生理监测 (TIVA 对 SEP/MEP 的抑制显著低于吸入麻醉); 合并术后恶心呕吐 (postoperative nausea and vomiting, PONV) 高危因素的患者 (如女性、非吸烟者、有 PONV 史), 可优先选择 TIVA。术中需要持续监测患者的生命体征, 包括脉搏氧饱和度 (pulse oxygen saturation, SpO_2)、心电图 (electrocardiogram, ECG)、脑电双频谱指数 (bispectral index, BIS) 等, 以确保麻醉深度适宜, 并及时调整药物剂量。

3) 困难气道评估和管理

根据 ASA 的定义, 困难气道是指临床医生在面罩通气、声门上气道器械置入、喉镜检查、气管插管或建立手术气道等方面遇到困难的情况。复杂脊柱手术, 特别是涉及颈椎和胸椎的手术, 由于其解剖学复杂性和对气道管理的潜在影响, 患者经常会面临可预料或不可预料的困难气道挑战。这些挑战可能源于多种因素, 包括原有的脊柱病理、手术体位、手术原因以及术后并发症等多个方面, 可能发生在整个围术期管理期间, 包括在手术前麻醉诱导、手术中和手术后恢复期。由于复杂脊柱手术中困难气道的更为普遍和高风险性, 麻醉医生需要采取全面的气道管理策略, 包括术前全面评估、术中技术选择、术后监测以及必要时的紧急干预, 以确保患者的气道通畅和充分氧合, 避免严重的低氧血症危及患者安全。

(1) 术前评估

术前应进行全面的详细评估, 以识别困难气道高风险的患者。这包括对患者的病史、体格检查和影像学资料等进行详细的综合分析, 以预测困难气道或潜在的困难气道, 并根据评估结果制订完善的气道管理方案 (详见附录)。

(2) 术中气道管理

在颈椎手术中, 对于明显椎管狭窄或颈椎外伤患者, 气管插管时维持颈部中立位, 尽量避免颈部过度活动, 以防止对脊髓的损伤。手动直线稳定 (manual in-line stabilization, MILS) 技术可用于在气道管理期间稳定颈椎。插管技术方面, 对于预

计困难气道的患者，应准备多种插管工具和技术。可视喉镜、视可尼喉镜（Shikani optical stylet, SOS）和纤维支气管镜（fiberoptic bronchoscope, FB）等先进气道管理工具可以提高插管成功率和安全性。术后气道管理的计划对于确保安全拔管至关重要，部分术后气道并发症会发生在苏醒或恢复期间。

（3）术后监测与处理

术后应密切监测患者的气道情况，特别是对于高位颈椎（C₃以上）前路或寰枢椎手术患者。如果出现急性气道梗阻症状，需要迅速识别和干预，可能包括紧急气管插管或气管切开术，紧急气道梗阻时尽快启动气道管理多科室团队（multi-disciplinary team, MDT），包括麻醉科医生、耳鼻喉科医生、骨科医生、呼吸科医生等团队成员共同参与，尽快为患者建立安全有效的气道。

2. 椎管内麻醉

尽管椎管内麻醉在一些脊柱手术，例如微创腰椎手术显示出一定优势，但对于复杂脊柱手术，特别是涉及胸椎和颈椎等高风险区域的手术，由于神经功能监测需求、潜在的血流动力学不稳定、长时间手术以及复杂的术后疼痛管理等因素，通常倾向于选择全身麻醉，或采取全身麻醉结合外周神经阻滞的多模式麻醉方案，以确保患者安全和优化手术结果。临床麻醉医生在选择麻醉方式时，应进行全面的术前评估，包括患者病史、体格检查、影像学资料以及术中神经功能监测需求，并与外科医生充分沟通，权衡各种麻醉方法的利弊，为患者制订个体化的麻醉管理方案。在复杂脊柱手术中，椎管内麻醉的应用面临着以下方面的挑战。

（1）神经功能监测的复杂性

复杂脊柱手术通常需要术中神经电生理神经监测（SEP、MEP），以实时评估脊髓和神经根功能，预防和及时发现术中脊髓或神经损伤。椎管内麻醉可能会影响对这些监测结果的解读，从而限制其在这些手术中的应用。

（2）手术范围和出血量

复杂脊柱手术往往范围广、出血量大，术中可能需要输血。这些因素可能导致血流动力学不稳定，而椎管内麻醉引起的交感神经阻滞可能进一步加剧低血压，增加手术风险。

（3）术中体位和手术时间

复杂脊柱手术通常持续时间长，患者需要长时间保持俯卧位。这种体位本身就可能对呼吸循环系统产生影响，增加麻醉管理的难度。椎管内麻醉维持长时间的外周神经阻滞以及应对体位变化带来的血流动力学改变，可能不如GA能够动态调整麻醉深度。

（4）术后疼痛管理

虽然椎管内麻醉在术后镇痛方面具有优势，但复杂脊柱手术的疼痛强度和持续时间可能超出单一椎管内麻醉的有效时间范围，往往需要多模式镇痛方案，全身麻醉结合区域阻滞可能更适合。

（5）患者合并症

许多接受复杂脊柱手术的患者常伴有多种合并症，如心血管疾病、肺部疾病等，这些合并症可能增加全身麻醉和椎管内麻醉的风险。例如，肺部并发症是脊柱手术后的常见并发症，风险因素包括年龄>65岁、吸烟史、ASA≥Ⅲ级、胸椎融合手术、手术时间大于4h、术中失血量>1000 mL等。对于这些高风险患者，麻醉方式的选择需更加谨慎。

（6）气道管理挑战

复杂脊柱手术，特别是颈椎和胸椎手术，常常涉及可预测或不可预测的困难气道。颈椎疾病本身可能导致寰枕关节和颈椎活动受限，使气管插管变得困难。前路颈椎手术后，术后咽喉水肿、血肿形成等并发症可能导致气道阻塞，甚至需要紧急进行气管切开术。手术后困难气道也是一个麻醉方式选择时需要考虑的重要因素。

3. GA结合外周神经阻滞的多模式麻醉方案

复杂脊柱手术中，GA结合外周神经阻滞的多模式麻醉是一种综合性麻醉管理方法，旨在通过联合外周神经阻滞的麻醉方法，增强镇痛效果、降低全身麻醉药物用量、稳定术中循环、减少术后疼痛并促进术后功能的早期康复。在临床可根据患者具体情况和手术需求，制订个体化的多模式麻醉管理方案。

1) 外周神经阻滞（peripheral nerve block, PNB）技术

外周神经阻滞是多模式麻醉的重要组成部分，通过在手术区域周围注射局部麻醉药（如罗哌卡因或布比卡因）来阻断疼痛信号传导，从而增强镇痛效果并减少全身麻醉药物的用量。具体阻滞技术根据手术部位和范围进行选择。

（1）颈浅丛阻滞（superficial cervical plexus block, SCPB）和（或）颈深丛神经阻滞（deep cervical plexus block, DCPB）

SCPB通过阻断颈浅丛神经的传导，主要提供颈部皮肤和皮下组织的镇痛效果，对颈椎前路手术切口的疼痛控制尤其有效。颈浅丛由C₂~C₄的前支组成，其感觉分支在胸锁乳突肌后缘中点穿出深筋膜，并分为枕小神经、耳大神经、颈横神经和锁骨上神经，主要覆盖的感觉区域包括耳廓下方和耳后区域（由耳大神经支配）、下颌角至胸骨上切迹之间的前颈部区域（由颈横神经支配）、乳突区和枕骨下区域（由枕小神经支配）、肩部和胸骨上缘区域（由锁骨上神经支配）。与SCPB不同，DCPB主要阻滞由颈神经前支（C₂~C₄）形成的脊神经节（如C₂~C₄神经节），这些神经节位于椎旁区域，深居于颈部肌肉深层，从而能够提供颈部深层组织的麻醉和镇痛。DCPB主要提供颈部深层结构的感觉和运动麻醉，其阻滞范围比颈浅丛阻滞更为广泛，主要包括以下区域：颈部深层肌肉和骨骼（包括椎前肌肉、椎旁肌肉以及与颈椎相关的结构）、颈前外侧区域、肩部和胸部上缘的部分区域、膈神经（来源于C₃~C₅）。由于DCPB靠近椎动脉和脊髓，操作风险相对较高，且同侧膈神经阻滞，从而引起同侧膈肌麻痹的风险较高。DCPB通常仅在SCPB效果不佳或需要更深层镇痛时，且麻醉医生经验丰富、具备超声引导技术的情况下才考虑使用。超声引导已成为提高DCPB安全性和有效性的重要手段，超声能够清晰显示颈椎横突、颈神经根、椎动脉、颈内静脉和颈动脉等关键

解剖结构，避免血管穿刺和神经损伤，而且可以直接观察穿刺针尖位置和局麻药的扩散，确保药物准确沉积在神经根周围，以提高阻滞成功率并减少所需药量。

(2) 胸椎旁神经阻滞 (thoracic paravertebral nerve block, TPVB)

通过在胸椎旁间隙 (thoracic paravertebral space, TPVS) 注射局部麻醉药，阻断脊神经及其分支，阻滞范围包括单侧或双侧胸部及上腹部区域的感觉和运动神经。TPVS 是一个楔形空间，位于脊柱两侧，内侧界为椎体、椎间盘和椎间孔，前界为壁层胸膜，后界为肋骨横突及肋横韧带。局部麻醉剂注入 TPVS 后，扩散并阻滞脊神经的背侧支、腹侧支 (形成肋间神经)、交通支以及交感神经链，阻滞范围取决于注射的节段、局麻药的体积和浓度，通常包括同侧 (单侧阻滞) 多个相邻胸椎皮节的感觉和交感神经。超声能够清晰显示横突、肋骨、肋间肌、胸膜以及椎旁间隙等结构，有助于精确定位目标区域，并可避开血管和胸膜，从而观察穿刺针尖位置和局麻药在椎旁间隙内的扩散，确保药物准确注射在神经根周围，提高阻滞成功率并减少所需局麻药药量。TPVB 因其良好的镇痛效果和较低的并发症发生率，在胸椎手术中得到了广泛应用 (图 3.1)。

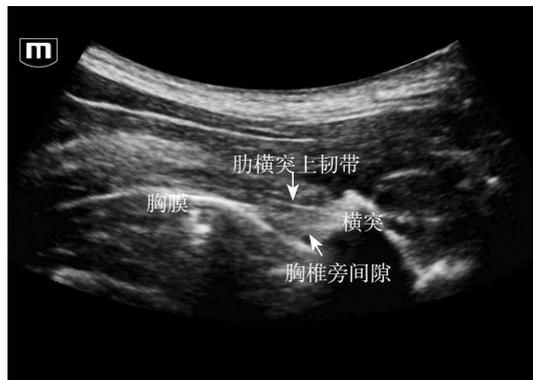


图 3.1 胸椎旁神经阻滞的超声图像

(3) 竖脊肌平面阻滞 (erector spinae plane block, ESPB)

是一种相对较新的区域麻醉技术，因其操作相对简便、安全性高，且能提供有效镇痛而逐渐在胸腰椎手术中得到广泛应用。ESPB 通过在竖脊肌深面的筋膜平面注射局部麻醉药，使其扩散并阻滞脊神经背侧支和腹侧支，从而达到镇痛效果。ESPB 的阻滞范围主要取决于注射部位的节段和局部麻醉药的体积。局部麻醉药注射后可在竖脊肌深面筋膜下纵向扩散，覆盖多个脊神经节段。ESPB 阻滞范围包括：躯干感觉神经 (脊神经的背侧支和腹侧支)、内脏痛觉 (阻滞交感神经节)、局麻药物扩散实现多节段阻滞。在胸腰椎手术中，可以通过选择合适的注射节段 (如胸椎或腰椎节段)，有效缓解

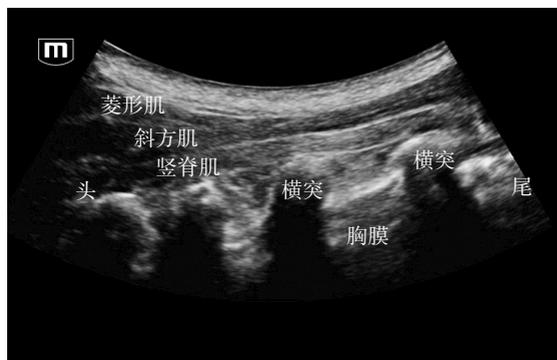


图 3.2 竖脊肌平面阻滞的超声图像

手术区域的疼痛。超声能够实时显示竖脊肌、横突、肋骨等解剖结构，并清晰显示针尖路径和局部麻醉药的扩散过程，有助于精确定位目标平面，避开血管、胸膜等重要结构，提高操作安全性。在超声图像上，通常可以看到竖脊肌 (erector spinae muscle, ESM) 位于横突上方，局部麻醉药应注射在竖脊肌深面、横突前方的筋膜平面内 (图 3.2)。

(4) 胸腰筋膜间平面阻滞 (thoracolumbar interfascial plane block, TLIPB) 和腰方肌阻滞 (quadratus lumborum block, QLB)

是近年来在脊柱外科,特别是胸腰椎手术中用于术后镇痛的2种重要区域麻醉技术。这两种阻滞方法都利用超声引导,在特定的筋膜间隙内注射局部麻醉药物,以达到镇痛效果。

TLIPB是一种在胸腰筋膜平面内注射局部麻醉剂的区域阻滞技术,局部麻醉药物在胸腰筋膜间平面内扩散,可以覆盖多个脊神经节段,主要阻滞胸腰段脊神经的背侧支和腹侧支,从而为胸腰椎手术区域提供广泛的镇痛,有效减轻脊柱切口疼痛以及相关肌肉和骨骼疼痛。TLIPB操作成功关键在于超声引导下的精确定位和操作,以确保局部麻醉药物准确注射到目标筋膜平面。超声引导可以清晰识别腰方肌 (quadratus lumborum muscle, QLM)、竖脊肌和相应的横突结构,胸腰筋膜间平面位于竖脊肌深面、腰方肌浅面,将穿刺针尖精确置于胸腰筋膜间隙内,并观察局部麻醉药的扩散。超声引导能够显著提高操作的安全性,避免损伤周围血管和神经。

QLB是一种通过在腰方肌或其周围筋膜间隙注射局部麻醉药,实现腹部和腰部区域镇痛的区域麻醉技术。根据注射部位的不同,QLB可分为前入路、后入路和经肌入路(内侧入路)等。尽管QLB更常用于腹部手术,但由于其阻滞范围广且能涉及腰骶部区域,在某些胸腰椎手术,特别是涉及腰部切口或髋部区域的手术中,QLB也能发挥重要作用。QLB主要阻滞髂腹下神经、髂腹股沟神经、股外侧皮神经以及生殖股神经,阻滞范围广泛,可覆盖腹壁、腹股沟区及髋关节区域。此外,通过药物在胸腰筋膜中的扩散,QLB还可能对T₄~L₁节段的脊神经产生阻滞效应,从而提供胸腹部和腰背部的多节段镇痛。不同的QLB入路可能会影响局麻药的扩散范围和阻滞效果。超声实时可视化是QLB成功的关键。在超声下清晰识别腰方肌、腹横肌、腹内斜肌、腹外斜肌以及椎旁结构,并根据选择的QLB入路将穿刺针尖精确置于目标筋膜平面。外侧QLB注射点通常位于腰方肌外侧缘与腹横肌之间的筋膜间隙,后方QLB注射点位于腰方肌后方,胸腰筋膜后层和中层之间,经肌QLB(内侧QLB)针尖穿过腰方肌,注射到腰方肌与腰大肌之间的筋膜间隙(图3.3、图3.4)。

2) 多模式麻醉方案优势

(1) 减少全麻药物用量,稳定术中循环

神经阻滞可提供完善的术中镇痛,减少全麻药(例如瑞芬太尼、丙泊酚)的用量,全麻药物用量减少可降低全身麻醉的副作用,例如对循环的抑制、苏醒延迟、术后谵妄、术后认知功能障碍等,尤其是对于老年或循环功能脆弱患者。

(2) 术中脊髓功能保护

减少全麻药物对脊髓诱发电位(SEP/MEP)的抑制,使术中神经监测的敏感性提高,便于及时发现脊髓损伤。

(3) 良好的术后疼痛管理

术后疼痛管理是复杂脊柱手术多模式麻醉方案的关键组成部分,旨在最大程度地减轻患者疼痛,促进早期康复。外周神经阻滞可以持续提供术后镇痛,减少阿片类药物

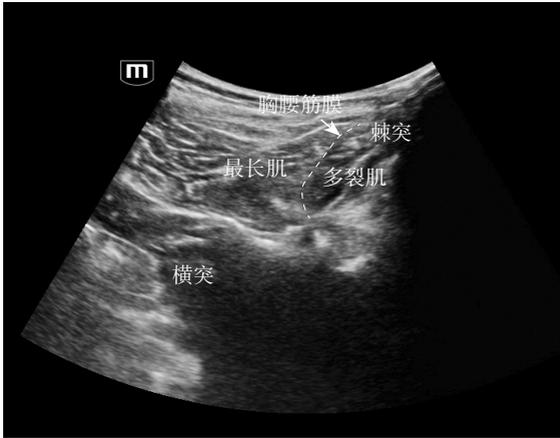


图 3.3 胸腰筋膜间平面阻滞和腰方肌阻滞的超声图像

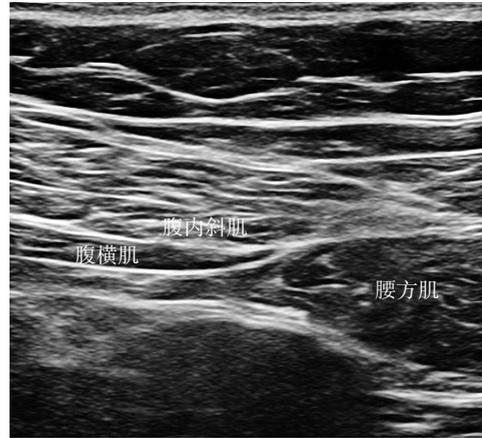


图 3.4 腰方肌阻滞的超声图像

物需求，从而显著降低阿片类药物相关副作用。此外，可以结合静脉镇痛药物，如非甾体抗炎药、对乙酰氨基酚，并可通过患者自控镇痛泵（patient-controlled analgesia, PCA）给予阿片类镇痛药，为患者提供良好的镇痛效果，促进患者术后早期康复。

3) 多模式麻醉方案可能出现的风险

(1) 神经阻滞相关并发症

神经阻滞常见的并发症包括局麻药中毒、局麻药过敏反应、局部神经损伤、穿刺部位感染等。例如，颈浅丛阻滞可能误阻滞喉返神经，导致声音嘶哑、呼吸困难；腰大肌间隙阻滞可能损伤腰丛神经，导致下肢麻木、无力。超声引导技术可用于精确识别神经结构和注射局部麻醉药，从而提高阻滞成功率，减少并发症，目前在临床得到越来越广泛的应用。

(2) 全麻与神经阻滞的相互作用

在呼吸管理方面，虽然外周神经阻滞通常对呼吸功能影响较小，但对于颈椎手术，颈丛神经阻滞（特别是DCPB）可能导致膈神经麻痹，从而影响呼吸功能，尤其是双侧阻滞时。这对于本身存在呼吸功能障碍或合并困难气道的患者而言，增加气道管理的风险。如颈丛阻滞时，优先选择SCPB，因为它对膈神经的影响较小，安全性更高。如果必须进行DCPB，应在超声引导下谨慎操作，并密切监测患者的呼吸功能。对于高风险患者，建议单侧阻滞或调整麻醉方案。

在血流动力学管理方面，全身麻醉本身可能引起血流动力学波动，而一些区域神经阻滞，如TPVB，尤其是在大范围阻滞时，可能通过交感神经阻滞导致血管扩张和低血压，加剧全身麻醉的血流动力学不稳定。同时，复杂脊柱手术通常伴有大量失血，且患者常需长时间保持俯卧位，这些因素的协同作用，可能增加围术期血流动力学波动和麻醉管理的难度。术中应持续监测患者的血流动力学参数，并根据需要及时使用血管活性药物进行干预。在进行PNB时，应选择合适的局部麻醉药浓度和剂量，并注

意分次注射，以避免快速且大幅度的血流动力学改变。

三、麻醉药物的个体化选择

复杂脊柱手术（如脊柱侧弯矫正术、多节段椎间盘突出融合术等）具有手术时间长、创伤大、出血风险高及对患者循环和呼吸功能影响显著等特点。麻醉药物的个体化选择需紧密结合患者的生理状态、合并症、过敏史以及手术类型和手术方式、预计出血量、IONM等多个方面进行综合考虑，以实现精准麻醉，保障患者围术期安全舒适、提供良好的手术条件和促进术后恢复。

1. 诱导药物的选择

麻醉诱导的目标是快速、平稳地使患者进入麻醉状态，同时维持循环稳定，避免因血压剧烈波动增加脊髓缺血或加重基础疾病的风险。诱导药物选择时需根据患者术前的全身情况和手术方式等，制订个体化的麻醉诱导方案。

（1）丙泊酚

常用作静脉麻醉诱导剂，起效快、恢复快，且具有抗呕吐作用。然而，大剂量丙泊酚可能引起血管扩张和血压下降，对于血流动力学不稳定的患者须谨慎使用或减量。

（2）依托咪酯

血流动力学稳定，适用于心功能不全或血流动力学不稳定的患者。缺点是可能引起肾上腺皮质抑制和术后恶心呕吐。

（3）咪达唑仑

常作为诱导前的镇静剂，或与其他药物联合诱导，具有镇静、抗焦虑和顺行性遗忘作用。

（4）阿片类药物

如芬太尼、瑞芬太尼，常与静脉麻醉药联合使用，以提供强效镇痛并减少诱导期应激反应。瑞芬太尼因其超短效特点，在复杂脊柱手术中常用于快速调整镇痛深度，尤其是在需要IONM时。

2. 麻醉维持药物

麻醉维持阶段需保证足够的镇痛、镇静深度，满足手术操作需求（如肌肉松弛、抑制牵拉反应），同时维持生理稳定。

1) 麻醉维持药物选择的原则

在复杂脊柱手术中，药物选择时应考虑以下4个因素：①对循环系统的影响：手术中常须控制血压（如椎体减压时避免过高血压增加出血，或预防脊髓缺血时维持适当灌注压），药物需避免引起剧烈血压波动或心肌抑制；②避免IONM抑制作用：多数复杂脊柱手术需监测MEPs和SSEPs，药物需尽量减少对神经电信号的抑制（如避免吸入麻醉药对MEPs的影响）；③镇痛与肌松按需调节：手术涉及肌肉剥离、椎板减压等，需充分镇痛以减少应激反应；内固定植入等操作需适度肌松，避免影响术后肌松恢复