

教程

颈椎前路椎体骨化物复合体可控前移融合术的关键技术和并发症预防

Key techniques and prevention of complications of anterior controllable antedisplacement and fusion surgery

孙璟川, 史建刚

(海军军医大学附属长征医院脊柱二科 200003 上海市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2020.03.15

中图分类号: R687, R681.5 文献标识码: C 文章编号: 1004-406X(2020)-03-0282-07

颈椎后纵韧带骨化症 (ossification of the posterior longitudinal ligament, OPLL) 是由骨化物压迫造成脊髓神经损害的脊柱韧带肥厚性疾病, 好发于亚洲人种 40 岁以上人群, 发生率在东亚地区约为 1.0%~4.6%^[1-3]。手术是目前治疗 OPLL 的主要方法。1969 年, Boni 等^[4]尝试用多节段椎体次全切除术 (multiple subtotal corpectomies) 治疗颈椎管狭窄症, 后来该术式演变为颈椎前路椎体次全切除术 (anterior cervical corpectomy and fusion, ACCF), 成为前路治疗 OPLL 的主要方法。1977 年, Hirabayashi^[5]提出单开门椎管扩大椎板成形手术, 后经不断改良, 最终作为后路治疗 OPLL 的主要术式得到广泛应用。传统前后路手术各有所长, 总体而言, 前路减压效果确切, 但手术难度大, 硬膜和脊髓损伤的风险较高; 后路手术安全性好、操作简单, 但减压有赖于脊髓向后漂移, 不能实现直接减压^[6,7]。近年来, 史建刚等^[8-10]采用颈椎前路椎体骨化物复合体可控前移融合术 (anterior controllable antedisplacement and fusion surgery, ACAF) 治疗 OPLL。该术式通过将颈椎骨化物及其前方椎体一并向腹侧提拉, 在实现脊髓前方直接减压的同时规避了直接切除骨化物的相关风险和并发症, 临床随访疗效满意。现将 ACAF 的操作流程进行贯序介绍, 并对确保减压充分的关键技术进行阐释。

1 手术适应证和禁忌证

ACAF 通过前移椎管前壁、扩大椎管容积, 以及调整颈椎生理曲度完成减压, 能够同时实现椎间隙和椎体层面的直接减压 (图 1)。颈椎前路椎间盘切除术 (anterior cervical corpectomy decompression and fusion, ACDF) 是直接解除椎间隙层面压迫的可靠方法, 但受限于操作空间, 其无法对椎体层面的致压物进行有效清除。而对于椎体层面

的压迫, 传统前路手术只能通过 ACCF 以牺牲大量椎体骨质为代价对椎体后方的致压物进行暴露和清除, 手术创伤大, 脊髓损伤风险高, 内固定并发症多。ACAF 为前路直接减压方案提供了新的选择, 主要适用于椎体后缘、脊髓前方存在压迫, 或压迫通过椎间隙难以彻底清除的情况。主要包括: ①颈椎 OPLL: 骨化物位于椎体后缘, 经椎间隙无法清除; 骨化物累及 1~4 个椎节 (如有定制长节段钢板, 亦可治疗 5~6 个椎节的病例); 骨化物累及 C2 后方或 T1 后方的高低节段骨化; 局限型巨大骨化或 K 线阴性的病例, 预计后路减压效果不佳。②颈椎病: 椎体后缘存在骨赘; 椎间盘脱出、游离至椎体后方; 多节段颈椎退变, 合并椎管狭窄。③颈椎管狭窄症: 先天性、发育性以及退变性颈椎管狭窄症, 椎管前后径 < 12mm, 或 Pavlov 比值 < 0.75。

ACAF 将多个椎体 (骨化物) 作为整体前移, 并以此保留了大部分骨质作为前柱重建的物质基础。因此, 各种导致椎体结构明显破坏的疾患是 ACAF 手术的绝对禁忌证。这一方面是由于结构受到破坏的椎体无法提供足够的把持力, 可能造成提拉失败; 另一方面则是由于手术需要确保剩余椎体能够顺利完成牢固融合, 实现颈椎重建。颈椎创伤出现韧带及小关节损伤、椎体塌陷、不稳、脱位的患者也不适合行 ACAF。同理, ACAF 也不适用于颈椎感染、肿瘤、严重骨质疏松等情况。由于 ACAF 需要通过椎体开槽来游离椎管前壁, 故对于存在椎动脉变异、侵蚀进入横突内壁, 或骨化物宽度超过两侧钩椎关节, 为 ACAF 的相对禁忌证。

2 ACAF 的手术程序

2.1 麻醉及体位

手术采用全身麻醉。患者取仰卧位, 肩下垫枕, 颈后垫软垫使颈部略仰伸, 以气管张力适度、不影响椎体显露为宜。经口行气管插管时, 插管及牙垫会使口腔无法闭合, 造成下颌骨对上位颈椎的阻挡。故如手术涉及 C3 椎体及以上节段, 需经鼻行气管插管。如经鼻气管插管存在困难,

第一作者简介: 男 (1989-), 主治医师, 医学博士, 研究方向: 脊柱韧带骨化症

电话: (021)81886807 E-mail: sjchxc@foxmail.com

通讯作者: 史建刚 E-mail: shijiangang616@163.com

可将塑料硬牙垫更换为绷带卷软牙垫,降低下颌对术野的遮挡。

2.2 显露

采用常规 Smith-Peterson 颈椎前路显露椎前间隙,一般选作颈前横切口。当预计提拉节段 ≥ 3 个椎体时,为充分暴露可采用斜切口或双横切口。显露至椎前间隙后,用电刀及锐利的神经剥离子将颈长肌自骨膜下向外侧剥离,显露钩椎关节。

2.3 处理椎间隙

椎体前缘充分止血后,依次使用尖刀、刮匙和髓核钳切除椎间盘(图 1a、2a)。使用 3mm 椎板咬骨钳清除椎间隙前缘唇状缘和骨赘,向两侧直下位椎体钩突内缘。用椎板咬骨钳咬除椎间隙后缘钩突和骨赘,使上下终板相互平行。切除提拉节段头尾两端椎间隙的后纵韧带,而提拉节段之间椎间隙的后纵韧带无需切除(图 1b)。

2.4 切除椎体前部骨质

咬骨钳和磨钻配合去除前移椎体的前部骨质。通过术前 CT 测量各节段骨化物的厚度,去除骨质的厚度应与相应椎体后方骨化物厚度相同,从而为随后的椎体-骨化物前移预留足够的前方空间(图 1b、2b)。

2.5 术者对侧开槽

根据术前测量骨化物的宽度选择开槽位置,可使用

高速磨钻或超声骨刀进行开槽。一般首先完成术者对侧的开槽,然后进行同侧开槽(图 2c、2d)。但此时同侧开槽至椎体后壁时,暂时保留椎体后壁,使椎体暂时保持连接(图 1c)。槽宽通常为 2.5~3mm。如槽宽过窄则会导致开槽过程视野受限,开槽难度增加,易导致椎体游离不充分;而槽宽过宽则会造成保留下来的椎体宽度窄,不利于颈椎前柱重建。椎体侧壁渗血可使用液体明胶止血,避免使用骨蜡以防止骨槽不融合。槽底后纵韧带出血可使用双极电凝或明胶海绵填塞止血。

2.6 置入椎间融合器、钛板和螺钉

完成术者对侧开槽后,于各椎间隙安装椎间融合器(图 1d、1e、2e)。融合器高度应与椎间隙高度一致,强行敲入过大的融合器可能导致椎间轴向压力增大,造成前移困难。将预弯钛板放置于椎体前缘,并评估待前移椎体前缘与钛板间的空间是否充足。如前移空间不足,可进一步去除椎体前缘或弯曲钛板。在需前移的椎体和其头尾端椎体拧入椎体钉,前者椎体钉只需旋拧至贴合钛板,此时不做提拉尝试。

2.7 术者同侧开槽

上述步骤完成后,完成同侧椎体开槽,使椎体-骨化物复合体彻底游离(图 1d)。

2.8 前移椎体

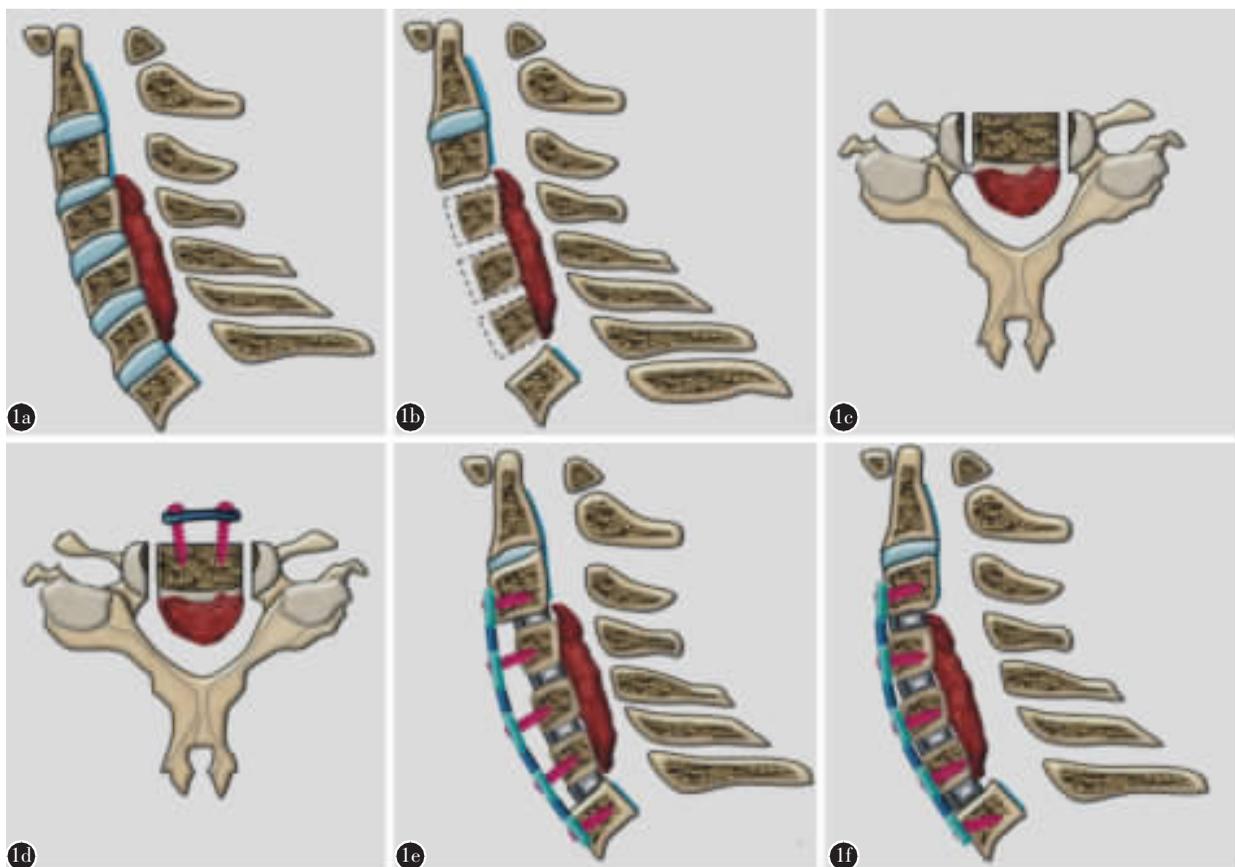


图 1 ACAF 手术示意图 a C4~C6 后纵韧带骨化 b 切除 C3/4、C4/5、C5/6 和 C6/7 椎间盘,去除 C4~C6 椎体前部骨质 c 术者对侧开槽,同侧部分开槽 d 安装融合器、螺钉和钛板,完成同侧开槽 e 安装内固定物后矢状面 f 拧紧椎体钉提拉 C4~C6 椎体

使用椎体钉起子同时或依次拧紧需前移节段的椎体钉或拧入 ACAF 特制提拉工具(图 1f、2f),此时可观察到椎体逐渐前移。如遇提拉受阻及时停止旋入螺钉,强行提拉常造成钉道破坏滑丝,应探查椎体骨四周是否残留未断开骨质,使其充分游离。

2.9 植骨关闭切口

在两侧开槽内进行植骨,对切口内的活动性出血使用双极电凝仔细止血,逐层关闭手术创口。

3 Shelter 技术

Shelter 技术是 ACAF 在 C2 节段的特殊应用^[11],旨在前移 C2 后方的骨化物,完成彻底减压。由于 C1 和 C2 不是通过椎间盘连接,故常规 ACAF 无法前移 C2 椎体。文献报道,约 87.5% 的 C2 后方骨化不与 C2 直接相接,而几乎

100% 的 C2 后方骨化与 C3 后方骨化相延续^[11,12]。基于此,Shelter 技术意在分离 C2 椎体和其后方的骨化物,并在 C2 椎体后部切除一定量的骨质,使骨质移除后的空间能够容纳 C2 后方骨化物。如此,当 C3 节段的骨化物前移时,C2 后方骨化物能一同前移,进入 C2 椎体后方人工制造的空间(Shelter),完成 C2 节段减压。“Shelter”的英文原意为“避难所”,其意在把 C2 后方的骨化视为一种“游离失所”的组织。手术为其提供一个“避难空间”,使其离开原来可能导致脊髓压迫的位置,并成为参与颈椎前柱重建的骨质基础。

Shelter 技术的操作难点在于 Shelter 空间的制造。开始制作 Shelter 之前需要先完成 C3 椎体前部骨质的咬除和椎体开槽,以免 C3 椎体阻挡视野和操作空间。之后,使用 2mm 椎板咬骨钳经由 C2/3 椎间隙向头端伸入,直到进

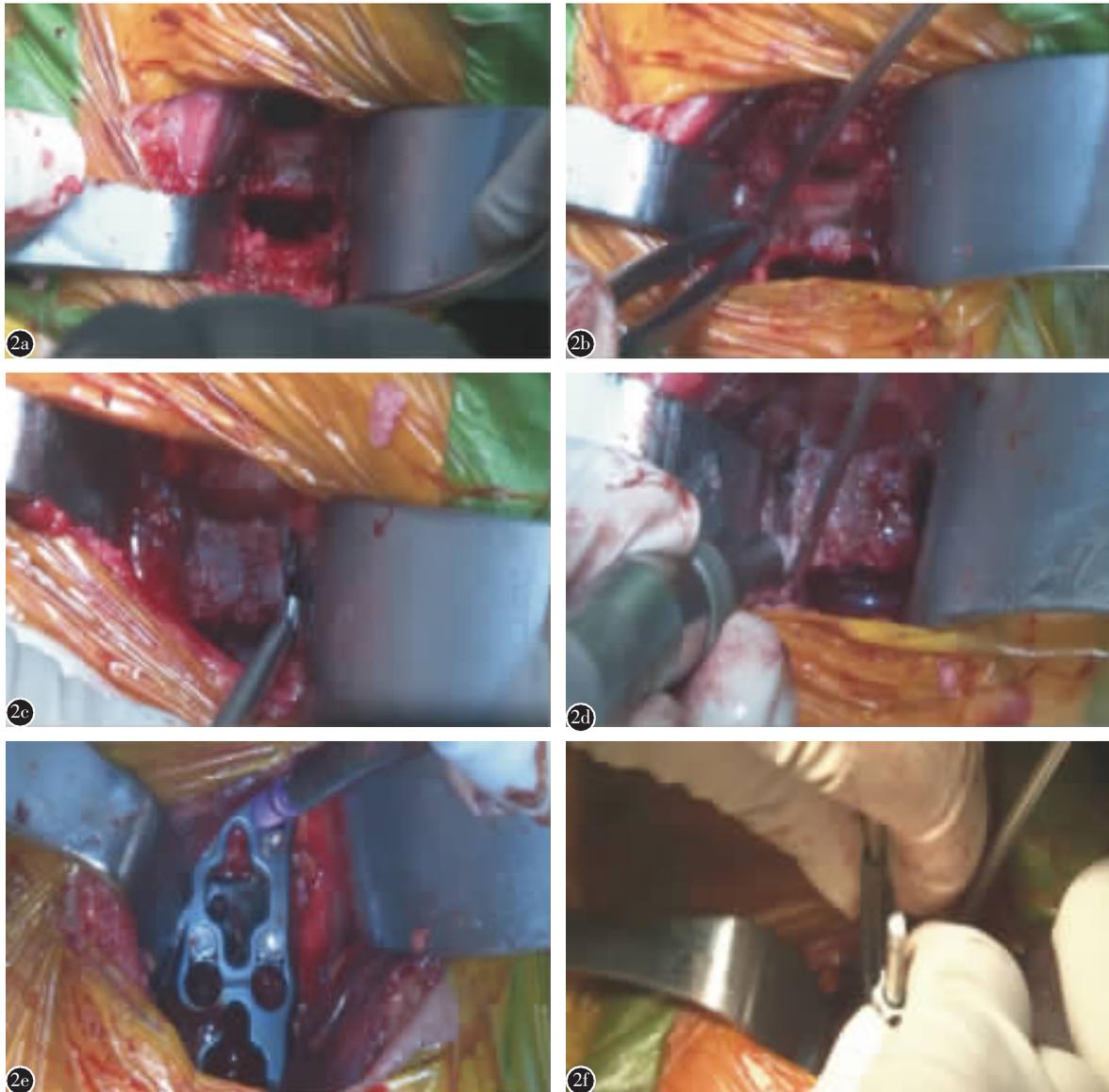


图 2 ACAF 手术操作图 a 显露椎体,切除椎间盘 b 切除椎体前部骨质 c 术者对侧开槽 d 术者同侧开槽 e 安装融合器、螺钉和钛板 f 提拉椎体

入 C2 椎体与骨化物之间的间隙。逐步咬除 C2 椎体的后下缘,制作 Shelter 空间。Shelter 的范围需要能够容纳 C2 后方骨化物,因此 Shelter 空间的头端和两侧范围必须超过 C2 后方骨化物的边界。残留的 C2 椎体必须至少保留 10~12mm 的前部骨质,以确保足够的 C2/3 椎间植骨面积和充分的椎体钉把持力。

而后,当通过 ACAF 提拉 C3 及下位椎体-骨化物复合体时,C2 后方骨化物可顺势移入“Shelter”实现减压。最后可在 C2/3 椎间隙进行植骨融合。Shelter 技术亦可应用于下颈椎及上胸椎,从而在完成减压的同时减少前移节段,缩减手术的提拉节段(图 3)。

4 手术并发症的预防

ACAF 的特点之一在于避免了直接切除骨化物,减少了骨化物-硬膜界面的操作,从而消除了器械尖端对硬膜和脊髓过多的侵扰,故其出现脊髓损伤和脑脊液漏的风险较小。根据文献研究,OPLL 患者 ACCF 术后脑脊液漏的发生率为 4.6%~32%^[13],而 ACAF 术后的脑脊液发生率为 3.6%~5.9%,未出现一例脊髓损伤^[8,14]。另一方面,ACAF 通过前移骨化物重建椎管前壁,避免了脊髓的异常漂移,减少了 C5 神经根麻痹的发生。ACAF 术后 C5 神经根麻痹的发生率为 2.4%^[15],低于既往研究中 OPLL 患者术后 8.3% (3.2%~28.6%) 的发生率^[7,16-18]。对于长节段 OPLL,术后脊柱稳定性的重建有赖于坚强可靠的融合。ACAF 需要切除椎体前部的骨质,故其椎间融合面积较 ACDF 有所减小;而游离操作会减少椎体的血供来源,这也可能对融合率造成影响。为促进术后融合,采用如下技术确保足够的植骨面积以及保留椎体血供:(1) 保证切除后剩余椎体前后径大于 12mm。12mm 是国人颈椎手术常用融合器的前后径长度,确保椎体前后径超过 12mm 能使融合器和椎体上下表面充分接触,达到最大融合面积;10~12mm 也是一般量产椎体螺钉的最短规格,避免椎体前后径过短可以有效发挥螺钉的把持力,从而提高内固定整体稳定性。考虑到国人颈椎椎体的平均前后径在 18mm 左右,故切除骨质不应

超过 6mm;而对于骨化物厚度超过 6mm 的节段,可以适度加大此处钛板预弯的弧度,从而增加椎体的提拉距离。(2) 在游离椎体两侧槽内进行植骨。在提拉完成后于两侧开槽内植入条型自体骨或异体骨可增加游离椎体的融合面积。(3) 在骨化未累及槽底后纵韧带时,保留该处的后纵韧带。此举可以保留经后纵韧带向前方椎体连通的血供,促进融合。既往的随访研究显示,在以上技术的支持下,ACAF 术后未出现融合失败病例^[19,20]。

但是,由于 ACAF 特殊的前移减压方式,临床实践中可观察到 ACAF 术后患者的 2 种独特并发症——骨化残留和提拉不完全。

4.1 骨化残留

椎体骨化物复合体 (vertebral-OPLL complex, VOC) 是 ACAF 中的重要理念,其将后纵韧带骨化和其前方的椎体视作一个整体,从而通过手术进行游离、前移并固定,在不切除骨化物的前提下实现前路直接减压的目的。而这一连续操作的顺利进行必须建立在彻底游离 VOC 的基础上。如果游离下来的 VOC 无法包括两侧位置偏外的骨化物,则会导致椎管内的骨化物残留,这将降低 ACAF 的减压效果,对患者的预后造成不良影响^[21]。

4.1.1 避免斜行开槽 ACAF 沿椎体表面纵行开槽的目的是将椎体的中间部分连同后方的骨化物作为整体与两侧的骨质相分离。一旦开槽位置确定,开槽方向便成为决定手术顺利与否的关键。不垂直的开槽方向是导致切割骨化物、骨化物残留的重要原因。ACAF 术中,主刀医生站立于患者身体长轴一侧,进行开槽操作时视线难以保持与地面垂直,这易导致开槽路径发生由主刀同侧向对侧的偏斜,进而造成主刀侧的骨化残留(图 4、5)。保持正确的削磨开槽方向是避免产生斜形开槽和骨化残留的关键措施。因此,主刀医生开槽时应特别关注开槽方向,使其始终垂直于地面。调节手术床,使患者冠状面向主刀倾斜 10°~25° 可纠正由于视线方向不正带来的偏差,这也是避免斜行开槽的方法之一。另外,如采用手术显微镜,由于术者可以将视线调节并维持在垂直于手术床平面的方向,故可以有效



图 3 Shelter 技术示意图 a C2~C4 连续型骨化,对 C2 和 C4 进行 Shelter 挖掘(绿色半透明蒙板示制造 Shelter 空间之前的椎体) b 椎体和骨化物前移后,上下端骨化物顺势移入 Shelter

地避免斜行开槽。

4.1.2 限制开槽深度 椎间盘切除后,使用神经剥离钩从椎间隙探入椎体后壁与后纵韧带之间、探查椎弓根位置和骨化物宽度,这可以帮助术者判断解剖方位和周围结构的关系。在椎体两侧开槽的过程中,依然可以通过神经剥离钩探查椎体后壁,不断确定开槽方向和深度是否有误,及时把握停止开槽的时机,避免切透椎体后壁后继续切磨骨化的后纵韧带。在探查开槽深度确已接近椎体后壁时,应采用 1mm 或 2mm 椎板咬骨钳由椎间隙伸入开槽底部,逐步咬除椎体后壁骨质。然后使用神经剥离钩探查开槽底部,探查后纵韧带骨化是否完全和椎体一同游离(图 6)。如果槽底或槽底外侧面仍有骨化物存在,则表明开槽宽度范围过窄。在这种情况下,应该向两侧扩展开槽范围,而不是继续切磨槽底骨化物,以免造成槽底外侧的骨化物残留。

4.2 提拉不完全

ACAF 是从颈椎前方将 VOC 整体游离、向前提拉并固定融合的技术,其关键步骤在于游离和前移。游离是前移的前提,而前移是实现神经减压的核心。为了保证前移过程的安全进行,使用钛板和螺钉作为为椎体前移提供把持和动力的工具。通过钛板和螺钉提拉椎体,可以避免直接利用手或夹持器械提拉椎体时可能出现的异常活动,保证了前移的稳定和神经的安全。但是,临床上仍可观察到

部分 ACAF 病例出现前移过程不顺利、椎体提拉不完全的现象,表现为前移时椎体不能完全贴合钛板,术后 CT 和侧位 X 线平片上可观察到钛板和椎体之间留存一定空隙,导致椎管容积未能得到充分扩大。

4.2.1 避免斜行开槽 在各种提拉不完全的病例中,最常见的原因是前文述及的开槽倾斜,一般在术后 CT 横断面影像中被发现。开槽倾斜会导致出现两道倾斜方向相同的槽道。倾斜的槽道易使主刀侧发生骨化物残留,而在对侧则发生椎体提拉困难。在此情况下,椎体前移过程将受到遮挡在前移路径上的“屋檐形”侧方骨质(主刀对侧倾斜开槽所致)的阻遏,出现与周围骨质的相互摩擦和碰撞,最终引起提拉不完全。应对策略同上文所述(图 7)。

4.2.2 离断椎体四周骨性连接 椎体前移的先决条件是其与四周骨质已经完全游离开。临床操作中,有时由于开槽较深,视野不佳,术者可能会对开槽是否完成出现误判。当椎体与四周的骨性连接尚未断开,便开始拧紧螺钉尝试前移椎体时,则易出现钉道松动、前移不完全。如出现此情况,由于椎体未完成前移,神经减压效果不佳,往往需要进行返修。

为确保骨性连接确实离断,术者在操作时需要重点关注以下 4 个时间点。①开槽前:开槽宽度应保持在 2.5~3mm 较为合适,开槽太容易影响视野,难以判断槽底是否完全断开。②开槽即将完成时:开槽完全断开时术者常可

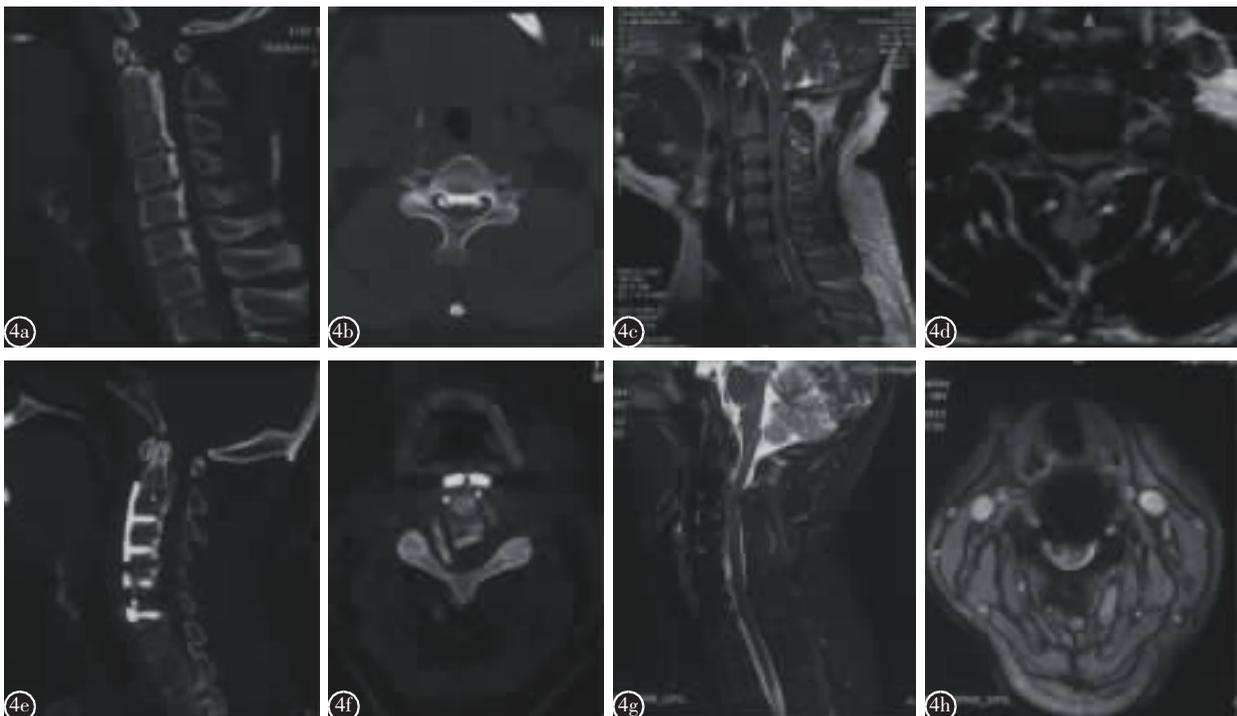


图 4 斜行开槽导致术后骨化物残留病例的影像资料 a 术前 CT 矢状面示骨化累及 C2-C6/7 节段 b 术前 CT 横断面, C4 椎体层面骨化物, 右侧为宽基底 c 术前 MRI 矢状面示 C2-C6/7 节段脑脊液带变薄消失, 脊髓受压变形 d 术前 MRI 横断面 C4 椎体层面, 脑脊液带消失, 脊髓受压明显 e 术后 CT 矢状面示提拉 C3-C5, 潜行减压 C2 和 C6 f 术后 CT 横断面示开槽方向为由右向左倾斜, 导致 C4 椎体后方右侧出现骨化物残留 g 术后 MRI 矢状面示脑脊液带和脊髓形态恢复, C4 后方脑脊液带欠膨胀 h 术后 MRI 横断面示 C4 椎体层面骨化物残留压迫脊髓, 脊髓信号改变

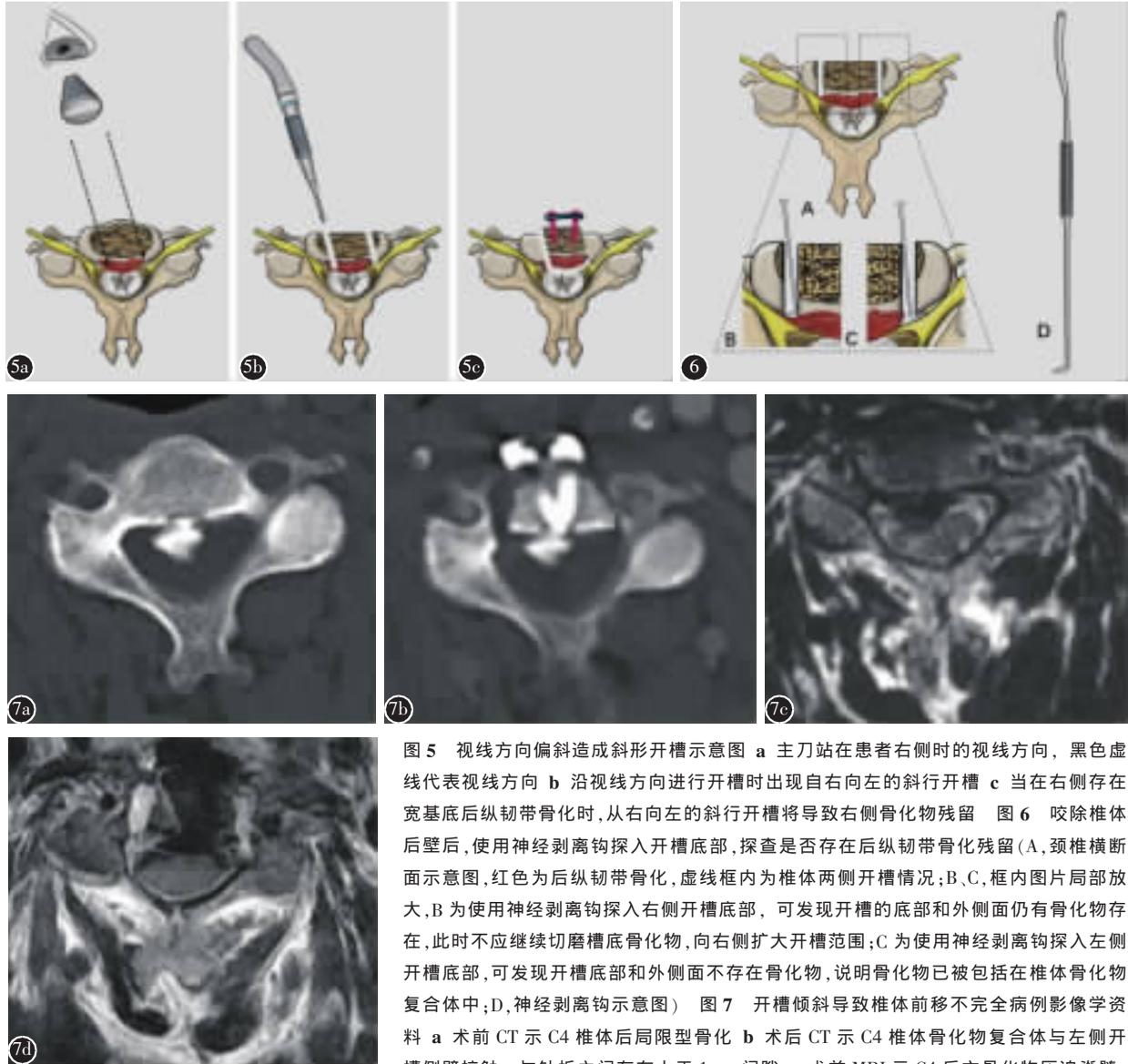


图 5 视线方向倾斜造成斜形开槽示意图 a 主刀站在患者右侧时的视线方向, 黑色虚线代表视线方向 b 沿视线方向进行开槽时出现自右向左的斜行开槽 c 当在右侧存在宽基底后纵韧带骨化时, 从右向左的斜行开槽将导致右侧骨化物残留 图 6 咬除椎体后壁后, 使用神经剥离钩探入开槽底部, 探查是否存在后纵韧带骨化残留(A, 颈椎横断面示意图, 红色为后纵韧带骨化, 虚线框内为椎体两侧开槽情况; B、C, 框内图片局部放大, B 为使用神经剥离钩探入右侧开槽底部, 可发现开槽的底部和外侧面仍有骨化物存在, 此时不应继续切磨槽底骨化物, 向右侧扩大开槽范围; C 为使用神经剥离钩探入左侧开槽底部, 可发现开槽底部和外侧面不存在骨化物, 说明骨化物已被包括在椎体骨化物复合体中; D, 神经剥离钩示意图) 图 7 开槽倾斜导致椎体前移不完全病例影像学资料 a 术前 CT 示 C4 椎体后局限型骨化 b 术后 CT 示 C4 椎体骨化物复合体与左侧开槽侧壁接触, 与钛板之间存在大于 1mm 间隙 c 术前 MRI 示 C4 后方骨化物压迫脊髓, 脊髓信号改变 d 术后 MRI 示 C4 后方脊髓压迫减轻, 脊髓信号改变消失

感受到断端轻微的脱离感, 或听到“啪”的响声, 这可作为开槽完成的标志。③提拉前: 前移椎体之前, 必须使用神经钩探查椎体四周是否完全断开。④前移过程中: 前移时应缓慢拧紧螺钉, 时刻观察椎体前移情况, 如果发现前移受阻应及时停止旋入螺钉, 以免强行前移造成钉道破坏滑丝, 前移失败。

4.2.3 清理唇状缘 椎体前后方的唇状缘是颈椎的正常解剖结构。正常的颈椎间隙即存在上位椎体下终板的前方唇状缘与下位椎体上终板的后方唇状缘, 这一结构在上段颈椎比下段颈椎更为明显。最典型的前方唇状缘为 C2 下终板的前方唇状缘。在 ACAF 术中, 前后方的唇状缘在前移时可能会与椎间融合器发生挤压碰撞, 造成相互阻挡, 导致椎体前移不全。其中, 前方唇状缘可造成融合器置入困难; 而后方唇状缘则可造成融合器置入深度受限, 在阻

碍椎体前移的同时导致融合器向前突出、甚至超过椎体前缘。70%以上不全前移的椎体附着有前后缘骨唇。因此, 在 ACAF 术中处理椎间隙时, 需要充分将终板前后的唇状缘切除, 保持上下终板相互平行, 以减少前移时的摩擦或阻挡。尤其对于 C2 下终板前缘的唇状缘, 由于其阻挡作用更为明显, 故在处理 C2/3 椎间隙时应仔细清理。此外, 利用术中“O”型臂 X 线机行 CT 三维重建, 从而判断椎体前后部骨质是否清理充分、是否存在阻碍前移的骨性突起, 这也是重要评估方法之一。

总之, ACAF 具有减压可靠、并发症少的优点, 是从前路治疗 OPLL 及其他存在椎体后方压迫疾病的有效方法。然而, 要熟练掌握 ACAF 技术, 除了全面了解手术操作流程, 还必须高度重视开槽游离和提拉前移两个关键步骤中的细节操作, 以免骨化残留和提拉不完全等并发症出现,

进而获得良好的手术效果。

5 参考文献

1. Abiola R, Rubery P, Mesfin A. Ossification of the posterior longitudinal ligament: etiology, diagnosis, and outcomes of nonoperative and operative management [J]. *Global Spine J*, 2016, 6(2): 195–204.
2. Bernstein DN, Prong M, Kurucan E, et al. National trends and complications in the surgical management of ossification of the posterior longitudinal ligament(OPLL)[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2019, 44(22): 1550–1557.
3. Kawaguchi Y, Nakano M, Yasuda T, et al. Serum biomarkers in patients with ossification of the posterior longitudinal ligament(OPLL): inflammation in OPLL[J]. *PLoS One*, 2017, 12(5): e0174881.
4. Boni M, Denaro V. The cervical stenosis syndrome with a review of 83 patients treated by operation[J]. *Int Orthop*, 1986, (3): 185–195.
5. Hirabayashi K. Expansive open-door laminoplasty for cervical spinal stenotic myelopathy[J]. *Spine*, 1983, 8(7): 693–699.
6. Wang S, Xiang Y, Wang X, et al. Anterior corpectomy comparing to posterior decompression surgery for the treatment of multi-level ossification of posterior longitudinal ligament: a Meta-analysis[J]. *Int J Surg*, 2017, 40: 91–96.
7. Kawaguchi Y, Seki S, Yahara Y, et al. Sternum-splitting anterior approach following posterior decompression and fusion in patients with massive ossification of the posterior longitudinal ligament in the upper thoracic spine: report of 2 cases and literature review [J]. *Eur Spine J*, 2018, 27 (Suppl 3): 335–341.
8. Yang H, Sun J, Shi J, et al. Anterior controllable antedisplacement fusion as a choice for 28 patients of cervical ossification of the posterior longitudinal ligament with dura ossification: the risk of cerebrospinal fluid leakage compared with anterior cervical corpectomy and fusion [J]. *Eur Spine J*, 2019, 28(2): 370–379.
9. Wang H, Sun J, Tan Y, et al. Anterior controllable antedisplacement and fusion as revision surgery after posterior decompression surgery in patients with ossification of the posterior longitudinal ligament [J]. *World Neurosurg*, 2019, 123: e310–e317.
10. 史建刚, 孙川, 郭永飞, 等. 颈椎后纵韧带骨化前路骨化物复合体前移技术及临床疗效分析[J]. *中华骨科杂志*, 2018, 38(15): 919–926.
11. Sun J, Sun K, Wang S, et al. "Shelter technique" in the treatment of ossification of the posterior longitudinal ligament involving the c2 segment[J]. *World Neurosurg*, 2019, 125: e456–e464.
12. Lee SE, Jahng TA, Kim HJ. Surgical outcomes of the ossification of the posterior longitudinal ligament according to the involvement of the C2 segment[J]. *World Neurosurg*, 2016, 90: 51–57.
13. Joseph V, Kumar GS, Rajshekhar V. Cerebrospinal fluid leak during cervical corpectomy for ossified posterior longitudinal ligament: incidence, management, and outcome [J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2009, 34(5): 491–494.
14. Yang H, Sun J, Shi J, et al. Anterior controllable antedisplacement fusion (ACAF) for severe cervical ossification of the posterior longitudinal ligament: comparison with anterior cervical corpectomy with fusion(ACCF)[J]. *World Neurosurg*, 2018, 115: e428–e436.
15. Sun K, Wang S, Sun J, et al. Surgical outcomes after anterior controllable antedisplacement and fusion compared with single open-door laminoplasty: preliminary analysis of postoperative changes of spinal cord displacements on T2-weighted magnetic resonance imaging [J]. *World Neurosurg*, 2019, 127: e288–e298.
16. Guppy KH, Silverthorn JW. Spinal cord herniation after cervical corpectomy with cerebrospinal fluid leak: case report and review of the literature[J]. *World Neurosurg*, 2017, 100: 711.
17. Chen Z, Liu B, Dong J, et al. Comparison of anterior corpectomy and fusion versus laminoplasty for the treatment of cervical ossification of posterior longitudinal ligament: a meta-analysis[J]. *Neurosurg Focus*, 2016, 40(6): E8.
18. Sakaura H, Hosono N, Mukai Y, et al. C5 palsy after decompression surgery for cervical myelopathy: review of the literature[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2003, 28(21): 2447–2451.
19. Sun J, Shi J, Xu X, et al. Anterior controllable antedisplacement and fusion surgery for the treatment of multilevel severe ossification of the posterior longitudinal ligament with myelopathy: preliminary clinical results of a novel technique [J]. *Eur Spine J*, 2018, 27(6): 1469–1478.
20. Sun J, Xu X, Wang Y, et al. How to avoid postoperative remaining ossification mass in anterior controllable antedisplacement and fusion surgery [J]. *World Neurosurgery*: X, 2019, 3: 100034.

(收稿日期:2019-12-20 修回日期:2020-02-18)

(本文编辑 卢庆霞)