doi:10.11659/jjssx.05E019049

·临床研究·

O型臂导航在强直性脊柱炎合并下颈椎骨折治疗中的应用

俞仲翔[1],王树强[1],史 萌[1],邹翰林[2] (1.上海市中医药大学附属曙光医院骨科,上海 200021;2.上海市中医药大学附属普陀医院骨科,上海 200033)

[摘 要] **目的** 探讨O型臂导航辅助治疗强直性脊柱炎(AS)合并下颈椎骨折临床疗效。**方法** 选择2009年1月至2014年12月强直性脊柱炎合并下颈椎骨折手术治疗的患者26例,按照手术方法不同分为A、B组。其中徒手置钉方法治疗患者15例为A组,采用O型臂导航辅助手术治疗患者11例为B组。记录2组患者手术时间、术中出血量、并发症等围手术期情况;比较术后1周骨折部位疼痛VAS及末次随访时神经功能损伤恢复情况(Frankel分级)。**结果** 26例手术患者中,除A组1例患者住院期间死亡,其余患者随访12~86个月,至末次随访时骨折部位均骨性愈合,随访过程中无骨折不愈合、假关节形成、内固定失效等情况。B组术中出血量(72±20.8)mL、手术时间(126.7±16.5)min低于A组的(97.4±16.3)mL、(168.2±10.8)min,差异具有统计学意义($P<0.05$)。所有患者症状均在随访过程中逐步改善。2组患者术后神经功能损伤恢复程度及骨折部位疼痛缓解程度均较术前显著改善,差异有统计学意义($P<0.05$),但2组间比较差异无统计学意义($P>0.05$)。B组术中无血管、神经损伤等严重并发症发生,2例术后出现肺炎,予以加强抗感染、促进排痰、翻身拍背后等处理痊愈。A组2例出现术中硬膜囊破裂、脑脊液漏,经腰大池引流、换药、伤口加压后愈合;3例术后出现肺部感染,1例因肺部感染死亡。**结论** AS合并颈椎骨折患者病情复杂,治疗棘手,保守治疗效果不佳。O型臂导航辅助手术提高了置钉的精确性,较传统徒手置钉手术可显著缩短手术时间、降低术中出血量,临床意义显著。

[关键词] 强直性脊柱炎;下颈椎骨折;O型臂导航;徒手置钉

[中图分类号] R683.2 [文献标识码] A [收稿日期] 2019-05-20

O-arm navigation assisted treatment in ankylosing spondylitis combined with fracture of subaxial cervical spine

YU Zhong-xiang[1], WANG Shu-qiang[1], SHI Meng[1], ZOU Han-lin[2] (1. Department of Orthopedics, Shuguang Hospital Affiliated to Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 200021, China; 2. Department of Orthopedics, Putuo Hospital Affiliated to Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 200033, China)

Abstract: Objective To explore the clinical effect of O-arm navigation assisted treatment in ankylosing spondylitis (AS) combined with fracture of subaxial cervical spine. **Methods** Totally 26 cases of ankylosing spondylitis complicated with subaxial cervical spine fractures who were admitted into our hospital from January 2009 to December 2014 were studied retrospectively. The patients were divided into group A and group B according to different surgical methods. Among them, 15 patients (group A) were treated with free-hand nail placement, while the other 11 patients (group B) received O-arm navigation operation. The operative time, intraoperative blood loss and complications of patients in the two groups were recorded to evaluate the perioperative situation. Clinical efficacy was evaluated by comparing VAS score at 1 week after surgery and recovery of nerve function (Frankel scale) at the last follow-up. **Results** Except one death case (group A) in hospital,

[基金项目] 上海中医药大学预算内项目(18LK038,2016YSN45)

[通信作者] 邹翰林,E-mail:zouhanlin2009@163.com

[20] 徐 萍,石 琪,漆洪波.加拿大妇产科学会自然临产管理指南(2016)要点解读[J].中华妇产科杂志,2018,53(3):207-210.doi:10.3760/cma.j.issn.0529-567x.2018.03.014.

[21] 乔秀霞.产时人为干预对妊娠结局的影响[J].中外医疗,2012,31(8):158.doi:10.3969/j.issn.1674-0742.2012.08.128.

[22] 段秀君.心理护理干预对初产妇自然分娩质量及产程时间的影响研究[J].实用临床护理学电子杂志,2018,3(16):115-117.doi:10.3969/j.issn.2096-2479.2018.16.097.

[23] 田 滢.无保护分娩助产法对初产妇会阴侧切率及生活质量的影响[J].实用临床医药杂志,2016,20(12):123-126.doi:10.7619/jcmp.201612039.

[24] 傅秀娟,施智月,郑东娟.无保护阴道分娩对初产妇早期盆底功能的影响[J].全科医学临床与教育,2019,17(2):82-84.doi:10.13558/j.cnki.issn1672-3686.2019.02.026.

[25] 李海英,吴 涛,朱 芳.分娩镇痛产妇第二产程时间与盆底功能关系研究[J].中国实用妇科与产科杂志,2016,32(2):185-187.doi:10.7504/fk2016010118.

[26] De Araujo CC, Coelho SA, Stahlschmidt P, et al. Does vaginal delivery cause more damage to the pelvic floor than cesarean section as determined by 3D ultrasound evaluation? A systematic review[J]. Int Urogynecol J, 2018, 29(5): 639-645. doi: 10.1007/s00192-018-3609-3.

(编辑:贺绍梅)

the other 25 patients were followed up for 12 to 86 months. All the 25 patients got solid bone fusion at the final follow-up, and there was no fracture nonunion, false joint formation or failure of internal fixation during the follow-up. The mean operation time and blood loss of group B were significantly less than those in group A [(126.7 ± 16.5) min *vs.* (168.2 ± 10.8) min; (72 ± 20.8) mL *vs.* (97.4 ± 16.3) mL], and the difference was statistically significant ($P < 0.05$). The degree of postoperative nerve function recovery and pain relief in the two groups were significantly improved compared with that before surgery, with statistically significant difference ($P < 0.05$), but the difference between the two groups was not statistically significant ($P > 0.05$). In group B, there was no intraoperative complication such as vascular and nerve injury; 2 cases of pneumonia was found after operation, and they were cured with anti-infection, sputum excretion and back patting. In group A, 2 patients had intraoperative dural sac rupture and cerebrospinal fluid leakage, which healed after lumbar cisternostomy, dressing change and wound compression; 3 patients developed pulmonary infection after operation, and 1 patient died of pulmonary infection. **Conclusion** AS combined with fracture of subaxial cervical spine has complicated condition, and the efficacy of expectant treatment is bad. Compared with the free-hand nail placement, the O-arm navigation system has advantages of higher accuracy of nail placement, shorter operation time and less intraoperatve blood soss.

Keywords: ankylosing spondylitis; subaxial cervical spine fracture; O-arm navigation; free-hand nail placement

强直性脊柱炎(ankylosing spondylitis, AS)是一种慢性非特异性炎症疾病,其主要病理特点为自骶髂关节开始累及中轴骨的骨性强直,韧带纤维化及椎间盘钙化,椎体骨质疏松[1-2]。AS 患者因脊柱骨性强直及椎体骨质疏松而导致脊柱脆性增加、弹性下降,即使是低能量损伤往往也会导致严重的骨折脱位,因此 AS 患者脊柱骨折的发生率远高于正常人。下颈椎位于相对固定的胸椎与活动度较大的颈椎交界处,是 AS 患者常见骨折部位,且其损伤机制、病理特点、治疗方法均与一般颈椎骨折不同,应引起重视[3]。AS 患者合并颈椎骨折,其椎体、椎间盘、韧带广泛融合,解剖标志不清且常伴有后凸畸形,徒手置钉对手术医师要求较高。随着医学影像学技术的进步,3D 导航技术在临床逐步应用,O 型臂导航辅助有助于提高颈椎手术的置钉精确性[4]。但目前研究多集中于 O 型臂在普通颈椎骨折中的应用。对于 AS 合并下颈椎骨折的患者,相比于传统徒手置钉,O 型臂导航的应用能否显著降低手术创伤,缩短手术时间,显著改善患者预后目前仍较缺乏临床报道。本研究通过回顾性分析 26 例强直性脊柱炎合并下颈椎骨折患者的临床资料,对比观察 O 型臂辅助下置钉和传统徒手置钉治疗 AS 合并颈椎骨折患者的疗效,旨在探讨 O 型臂辅助下置钉在 AS 合并颈椎骨折患者手术中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 临床资料

选择 2009 年 1 月至 2014 年 12 月 AS 合并下颈椎骨折手术治疗的患者 26 例,按照手术方法不同分为 A、B 组。其中徒手置钉方法治疗患者 15 例为 A 组,采用 O 型臂导航辅助手术治疗患者 11 例为 B 组。26 例患者除 6 例为高坠伤、车祸伤等高能量损伤外,其余均为低能量损伤。所有患者 X 射线片符合 AS 典型表现:骨质疏松,椎体及椎间盘周围有明显钙化影,椎体为方形,脊柱呈竹节样改变。血清 HLA-B27 检查均为阳性。16 例有神经症状,脊髓损伤分级采用 Frankel 分级。2 组患者基本情况及骨折、脊髓损伤程度差异无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性(表 1)。

表 1 2 组患者基线资料统计

组别	n	年龄(岁)	男/女(例)	损伤机制(例)		骨折位置(例)						脊髓损伤 Frankel 分级(例)				
				高能量损伤	低能量损伤	C_4	C_5	C_6	$C_4 \sim C_5$	$C_5 \sim C_6$	$C_6 \sim C_7$	A	B	C	D	E
A 组	15	51.7 ± 9.4	9/6	3	12	4	2	2	2	3	2	2	1	3	3	6
B 组	11	53.2 ± 10.5	7/4	3	8	2	2	1	3	2	1	2	2	2	1	4
χ^2/t		0.283	0.035	0.189					1.145					1.352		
P		0.787	0.852	0.664					0.951					0.853		

1.2 方法

1.2.1 术前治疗 骨折不伴有脱位患者入院后均佩戴费城颈托外固定,骨折伴有脱位患者均采用颅骨牵引,牵引重量 3 ~ 5 kg,牵引时间 2 ~ 7 d。伤后 8 h 内入院的患者均行甲泼尼龙冲击治疗。患者手术前均完善颈椎 X 射线片、三维 CT 等影像学检查。

1.2.2 手术治疗 A 组患者行 C 型臂引导下徒手置钉,B 组患者手术在 O 型臂导航下完成。2 组患者均于全身麻醉下行手术治疗。手术入路有前路、后路和前后联合入路。11 例前柱损伤为主者采用前路手术。患者取仰卧位,取颈前右侧横切口,逐层切开,显露椎间盘及椎体。视手术节段采用椎间盘切除植骨融

合内固定术或椎体次全切植骨融合内固定术,伤口留置负压引流管 1 根。10 例经牵引后骨折复位满意者采用后路手术。患者取俯卧位,取颈后路正中切口,逐层切开,显露手术节段棘突及椎板,采用颈后路椎板减压椎弓根螺钉钉棒固定,伤口留置负压引流管 2 根。5 例严重骨折脱位复位不良者采用前后路联合固定,先行前路手术,再行后路手术。

1.2.3 术后处理 所有患者术后常规予以抗感染、糖皮质激素、胃黏膜保护剂等对症支持治疗。术后视情况于 24 ~ 48 h 拔除伤口引流管。颈托保护 3 个月。

1.3 观察评估方法

通过电话问卷及门诊复诊随访 12 ~ 86 个月。记录手术时间及术中出血量评估手术创伤的程度。行术后颈椎正侧位 X 射线片、三维 CT 重建判断骨折愈合情况。通过视觉模拟评分法(visual analogue scale, VAS)对患者骨折部位的疼痛缓解情况进行评估。采用 Frankel 分级评价标准评估术后脊髓功能恢复情况。

1.4 统计学处理

采用 SPSS 19.0 统计学软件进行分析。2 组间性别、骨折节段、脊髓功能分级等计数资料比较采用 χ^2 检验。计量资料以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示。手术时间、术中出血量、VAS 等变量的比较采用配对 t 检验。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2 组患者均完成手术,除 A 组 1 例术后因肺部感染死亡,其余患者获 12 ~ 86 个月随访,平均 28.7 个月。

2.1 2 组患者围手术期资料比较

B 组术中出血量、手术时间少于 A 组,差异具有统计学意义($P<0.05$),见表 2。

表 2 2 组患者术中出血量和手术时间比较($\bar{x} \pm s$)

组别	n	术中出血量(mL)	手术时间(min)
A 组	15	97.4 ± 16.3	168.2 ± 10.8
B 组	11	72.0 ± 20.8	126.7 ± 16.5
P		0.022	0.037

2.2 2 组患者神经功能恢复情况

2 组共有 16 例患者术前神经功能损伤。其中 A 组术前神经功能损伤患者 9 例,至随访截止除 2 例术前 A 级患者 1 例无改变、1 例死亡外,其余 7 例患者神经症状均有不同程度改善;神经功能损害平均恢复 1 级。B 组术前神经功能损伤患者 7 例,至随访截止除1 例术前 A 级患者无改善,余 6 例患者神经症状均有不同程度改善。神经功能损害平均恢复 1.14 级。2 组患者术后神经功能均较术前显著改善($P<0.05$),2 组比较差异无统计学意义($P>0.05$),见表 3。

表 3 2 组患者末次随访时神经功能恢复情况比较

组别	n	Frankel 分级(例)					死亡(例)	平均改善等级
		A	B	C	D	E		
A 组	15	1	1	0	2	10	1	1
B 组	11	1	1	1	2	6	0	1.14

2.3 2 组患者骨折部位局部疼痛恢复情况

A 组 15 例患者术前颈部疼痛 VAS 为 5 ~ 9 分,平均(7.1 ± 1.8)分,术后 1 周患者 VAS 为 0 ~ 4 分,平均(1.8 ± 1.6)分。B 组 11 例患者术前颈部疼痛 VAS 为 4 ~ 9分,平均(7.7 ± 1.1)分,术后 1 周患者 VAS 为 0 ~ 3 分,平均(1.2 ± 0.9)分。2 组患者颈部疼痛均较术前得到显著改善,差异有统计学意义($P<0.05$)。2 组手术前后疼痛情况比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。

2.4 2 组患者并发症发生情况

B 组患者术中无严重并发症发生,2 例术后出现肺炎,予以加强抗感染治疗、促进排痰、翻身拍背等处理后痊愈。A 组患者术中有 2 例出现术中硬膜囊破裂、脑脊液漏,经腰大池引流、换药、伤口加压包扎等处理后愈合;3 例出现肺部感染,1 例因肺部感染死亡。2 组患者并发症发生率比较,差异无统计学意义($P>0.05$),见表 4。至末次随访时,患者骨折部位均骨性愈合,随访过程中未发生骨折不愈合、假关节形成、内固定失效等并发症。

表 4 2 组患者术后 1 个月内并发症统计 [例(%)]

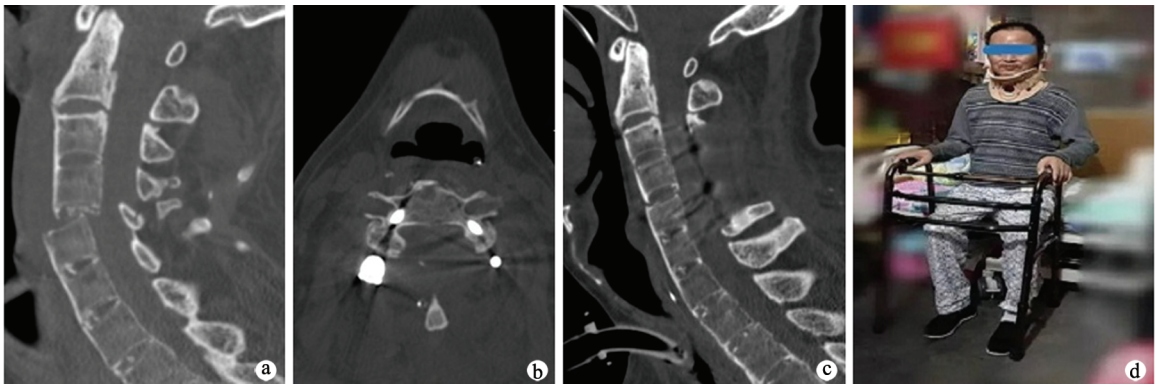
组别	n	肺炎	脑脊液漏
A 组	15	3(20.0)	2(13.3)
B 组	11	2(18.2)	0(0)
P		0.38	0.32

2.5 典型病例

患者,男,53 岁,C_4 ~ C_5 骨折脱位,术前 Frankel 分级 B 级,于全身麻醉下行 O 型臂导航辅助后路椎弓根螺钉内固定术,术后予以抗感染、糖皮质激素、胃黏膜保护剂等对症支持治疗。术后 24 h 拔除伤口引流管。随访截止时,神经功能 Frankel 分级恢复至 D 级(图 1)。

3 讨论

AS 独特的病理机制使其骨折特点与一般颈椎骨折患者明显不同。AS 是一个椎间盘、韧带、椎旁软组织、骨及软骨组织反复无菌性炎性改变和破坏 - 修复的过程。随着病程进展,患者出现脊柱节段骨性融合、活动度消失,管状骨化,脊柱僵硬、畸形[4-5]。骨性融合导致的脊柱强直使脊柱的柔韧性及适应性降低,同时由于继发性骨质疏松导致脊柱的脆性增加,使 AS 患者即使在无明显暴力甚至轻微外力作用下也易骨折[6]。本研究中 26 例患者仅 6 例为高坠伤、车祸伤等



a:术前三维 CT 显示 C_4～C_5 骨折脱位;b: O 型臂导航辅助精确置入椎弓根螺钉;c:术后三维 CT 显示后路椎弓根螺钉固定骨折复位;d:术后神经功能 Frankel 分级恢复至 D 级

图 1 典型病例资料

高能量损伤,其余均为中、低能量损伤(76.9%)。90% AS 患者的病变首先侵犯骶髂关节,后逐渐上行至颈椎,且多伴有全脊柱强直,这一解剖特点导致活动度相对较大的下颈椎与较固定的颈胸结合处易发生应力集中,更容易发生骨折。有文献报道,AS 患者颈椎骨折占 AS 脊柱骨折的 73%[7-8]。由于前、后纵韧带骨化使其张力下降,使颈椎对抗过伸过屈移位时韧带张应力限制保护作用减弱,因此 AS 患者颈椎骨折更容易发生过伸过屈性损伤。本组 26 例中 19 例为过伸过屈性损伤,与 Ma 等[9]的报道基本一致。Yan 等[10]通过对 35 例 AS 下颈椎骨折回顾性研究指出:由于 AS 患者颈椎的运动轴心由髓核处向椎体前缘或后缘移位,使椎体前后柱在面对过伸过屈损伤时承受更大的剪切力,AS 合并颈椎骨折也多表现为三柱不稳定的剪切性骨折。这一生物力学特点也导致了 AS 患者颈椎骨折神经功能损害概率远高于一般颈椎骨折患者[11]。Westerveld 等[12]的研究也表明 AS 脊柱骨折患者神经损伤概率为 57.1%,远高于普通骨折发生概率 12.6%。本组研究中 26 例患者中 16 例有神经症状(61.5%)也证实了这一点。

AS 患者的生物力学特点导致大多数 AS 颈椎骨折为不稳定性骨折,因此越来越多的学者主张进行手术治疗[13-14]。保守治疗主要有以下缺点:①AS 颈椎远近端多发生融合,力学结构类似四肢长骨骨干骨折,骨折断端应力集中容易发生微动,多累及三柱,为不稳定骨折,同时 AS 患者骨质及软组织条件差,如采用 Halo 架外固定保守治疗,骨折不愈合率及假关节形成率较高[15]。②AS 颈椎骨折脊髓损伤发病率高,坚强固定及手术减压有利于神经功能的恢复,但不稳定的外固定容易导致骨折二次移位甚至骨折断端反折,加重神经功能损害[16]。③AS 系全身性疾病,由于 AS 存在肋椎、肋横突关节融合,胸廓顺应性降低,容易出现肺炎、呼吸衰竭且护理困难,长期卧床并发症风险高于一般颈椎骨折患者[17]。

AS 颈椎骨折手术入路的选择应根据骨折的类型、神经损伤的致压方向及患者个人情况进行个体化选择[18]。较稳定的无移位骨折或牵引后复位患者可采用单纯前路或后路手术;严重骨折脱位,骨折断端应力较大,小关节绞锁一侧入路复位困难者应选择前后联合入路;合并脊髓损伤者应根据神经致压物位置选择入路。AS 患者往往存在脊柱畸形颈部活动受限,如极度屈曲畸形伸颈困难,前路不容易显露则应选择后入路,反之亦然。同时,AS 患者因颈椎骨性融合、后凸畸形解剖标志不易辨识,内固定置入难度远大于一般骨折。传统置钉方法为 C 型臂引导下徒手置钉,依靠术者进针过程中的手感及探针探查钉道选择进钉点及进钉方向,对术者经验要求较高且风险性较大。置钉不当不仅不易保证内固定的强度,甚至可能对椎动脉、脊髓、神经根等重要结构造成灾难性损伤。本研究中徒手置钉组出现 2 例术中硬膜囊损伤,术后脑脊液漏,而 O 型臂组未出现上述并发症。O 型臂导航可以在术中短时间内获得高质量的三维图像,直接输入至导航计算机中自动完成匹配、注册,并能实时跟踪手术器械及对应解剖结构,使术者几乎在直视下进行手术,极大地提高了置钉的精确性[19]。Theologis 等[20]在 O 型臂导航辅助下对 21 例合并颈胸段后凸畸形的颈椎病患者行矫形手术治疗,共置入颈椎椎弓根螺钉 121 枚,术后 CT 扫描发现置钉准确率高达 99%,显示出 O 型臂对于辅助精确置钉的显著优势。O 型臂导航避免了徒手置钉 C 型臂透视不理想后,调整钉道带来的螺钉把持力下降、神经血管损伤率增加等问题;且有助于术者在解剖标志不清的情况下精确置钉,降低了多次置钉带来的手术风险与手术创伤;同时精确置钉有效避免了反复置钉与 C 型臂 X 射线机术中透视等操作所致的

手术时间延长。本研究结果显示:O 型臂组患者术后神经功能恢复情况、术后骨折部位疼痛 VAS 与徒手置钉手术组无显著差异,但术中出血量、手术时间均显著下降。因为 AS 合并颈椎骨折患者一般情况多不佳,耐受性差,且多伴有多发伤,因此,缩短手术时间、降低术中出血量对减少手术创伤、降低并发症发生率和促进术后恢复有显著意义。

O 型臂的临床推广尚且面临一些问题:①O 型臂设备费用昂贵,导致目前普及率不高,限制了其在我国基层医院的应用;②需注意手术中脊柱、参考架移位、形变等可能造成的误差,在更换手术节段时均需再次探查该节段解剖标志点,以确认导航的精确性[21];③O 型臂作为一种新设备、新技术,存在学习曲线的问题,术者需熟悉并适应导航辅助下的置钉操作,提高操作技能,尽量减少术者手术操作对导航精确度的影响。

综上所述,AS 颈椎骨折患者病情复杂,治疗棘手,保守治疗效果不佳,应结合患者具体情况选择适当术式积极进行手术治疗。O 型臂导航辅助手术提高了置钉的精确性,较传统徒手置钉手术方式可显著缩短手术时间、减少术中出血量,降低了手术创伤和风险,利于术后恢复,临床意义显著。

[参考文献]

[1] Braun J, Sieper J. Ankylosing spondylitis [J]. Lancet, 2007, 369 (9570): 1379 - 1390. doi: 10.1016/S0140 - 6736(07)60635 - 7.

[2] Qian BP, Jiang J, Qiu Y, et al. The presence of a negative sacral slope in patients with ankylosing spondylitis with severe thoracolumbar kyphosis [J]. J Bone Joint Surg Am, 2014, 96(22): E188. doi: 10.2106/JBJS.M.01070.

[3] El Masry MA, Badawy WS, Chan D. Combined anterior and posterior stabilisation for treating an unstable cervical spine fracture in a patient with long standing anylosing spondylitis[J]. Injury, 2004, 35(10): 1064 - 1067. doi:10.1016/j.injury.2004.02.008.

[4] Braun J, Sieper J. Early diagnosis of spondyloarthritis[J]. Nat Clin Pract Rheumatol, 2006, 2(10): 536 - 545. doi: 10.1038/ncprheum0296.

[5] Rudwaleit M, Metter A, Listing J, et al. Inflammatory back pain in ankylosing spondylitis: a reassessment of the clinical history for application as classification and diagnostic criteria [J]. Arthritis Rheum, 2006, 54(2):569 - 578. doi:10.1002/art.21619.

[6] Thumbikat P, Hariharan RP, Ravichandran G, et al. Spinal cord injury in patients with akylosing spondylitis: a 10-year review [J]. Spine, 2007, 32(26):2989 - 2995. doi:10.1097/BRS.0b013e31815cddfc.

[7] Altun I, Yuksel KZ. Ankylosing spondylitis: patterns of spinal injury and treatment outcomes[J]. Asian Spine J, 2016, 10(4):655 - 662. doi:10.4184/asi.2016.10.4.655.

[8] Zeng QY, Chen R, Darmawan J, et al. Rheumatic diseases in China [J]. Arthritis Res Ther, 2008, 10(1): R17. doi:10.1186/ar2368.

[9] Ma J, Wang C, Zhou X, et al. Surgical therapy of cervical spine fracture in patients with ankylosing spondylitis[J]. Medicine, 2015, 94(44): e1663. doi:10.1097/MD.0000000000001663.

[10] Yan L, Luo Z, He B, et al. Posterior pedicle screw fixation to treat lower cervical fractures associated with ankylosing spondylitis: a retrospective study of 35 cases[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2017, 18(1):81. doi:10.1186/s12891 - 017 - 1396 - 5.

[11] Hartmann S, Tschugg A, Wipplinger C, et al. Analysis of the literature on cervical spine fractures in ankylosing spinal disorders[J]. Global Spine, 2017, 7(5): 469 - 481. doi: 10.1177/2192568217700108.

[12] Westerveld LA, Verlaan JJ, Oner FC. Spinal fractures in patients with ankylosing spinal disorders: a systematic review of the literature on treatment, neurological status and complications[J]. Eur Spine J, 2009, 18(2): 145 - 156. doi:10.1007/s00586 - 008 - 0764 - 0.

[13] Joaquim AF, Patel AA. Surgical treatment of Type Ⅱ odontoid farctures:anterior odontoid screw fixation or posterior cervical instrumented fusion? [J]. Neurosurg Focus, 2015, 38(4): E11. doi: 10.3171/2015.1.FOCUS14781.

[14] Xiang LB, Yu HL, Liu J, et al. One-stage surgery by a combined anterior-posterior approach to treat ankylosing spondylitis complicated by a multiple-level cervical vertebral chance fracture [J]. Mod Rheumatol, 2015, 25(2): 282 - 285. doi:10.3109/14397595.2014.938400.

[15] Hege LF, Syed AMR, Mehran R, et al. Complications and long-term outcomes after open surgery for traumatic subaxial cervical spine fractures: a consecutive series of 303 patients[J]. BMC Surg, 2016, 16: 56. doi:10.1186/s12893 - 016 - 0172 - z.

[16] Tecle EI, Abode-lyamah KO, Hitchon PW, et al. Management of spinal fractures in patients with ankylosing spondylitis[J]. Clin Neurol Neurosurg, 2015, 12(139): 177 - 182. doi: 10.1016/j.clineuro.2015.10.014.

[17] Westerveld LA, van Bemmel JC, Dhert WJ, et al. Clinical outcome after traumatic spinal fractures in patients with ankylosing spinal disorders compared with control patients [J]. Spine J, 2014, 14(5): 729 - 740. doi:10.1016/j.spinee.2013.06.038.

[18] Kurucan E, Bernstein DN, Mesfin A. Surgical management of spinal fractures in ankylosing spondylitis[J]. J Spine Surg, 2018, 4(3):501 - 508. doi: 10.21037/jss.2018.06.15.

[19] Ishikawa Y, Kanemura T, Yoshida G, et al. Intraoperative, full-rotation, three-dimensional image (o-arm)-based navigation system for cervical pedicle screw insertion [J]. J Neurosurg Spine, 2011, 15(5): 472 - 478. doi:10.3171/2011.6.SPINE10809.

[20] Theologis AA, Burch S. Safety and efficacy of reconstruction of complex cervical spine pathology using pedicle screws inserted with stealth navigation and 3D Image-guided (O-Arm) technology [J]. Spine, 2015, 40(18): 1397 - 1406. doi: 10.1097/BRS.0000000000001026.

[21] Pisapia JM, Nayak NR, Salinas RD, et al. Navigated odontoid screw placement using the O-arm: technical note and case series[J]. J Neurosurg Spine, 2017, 26(1): 10 - 18. doi: 10.3171/2016.5.SPINE151412.

(编辑:陈庆利)