

临床论著

影响单纯枢椎环骨折稳定性的各解剖结构骨折
三维 CT 分型研究及临床意义戴亦心¹, 张 帅¹, 欧阳建元¹, 李广州¹, 王 清²

(1 四川省绵阳市第三人民医院·四川省精神卫生中心骨二科 621000 绵阳市;

2 西南医科大学附属医院脊柱外科 646000 泸州市)

【摘要】目的:采用 X 线片、CT 扫描+三维重建及 MRI 图像观察单纯枢椎环骨折影像学特征,根据各解剖结构骨折的特点及对稳定性的影响进行三维 CT 分型,探讨其临床意义。**方法:**在多中心保存的病例库中查找 2008 年 1 月~2018 年 12 月间所有 Hangman 骨折患者临床和影像资料,查找单纯枢椎环骨折患者(指在 X 线片上诊断为 Levine-Edwards 分型 I 型 Hangman 骨折,再通过 MRI 影像排除 C2/3 椎间盘韧带复合体损伤信号)。将枢椎环各解剖结构骨折观察对象分为双侧上关节突(superior articular process, SAP)、双侧下关节突(inferior articular process, IAP)和双侧椎板骨折(cervical vertebral lamina, CL),双侧椎弓根骨折、双侧椎体后壁骨折。将枢椎环骨折分为前环(双侧上关节突、双侧椎体后壁)、中环(双侧椎弓根)和后环(双侧下关节突、双侧椎板)骨折,计数比较前、中、后环骨折发生率。根据枢椎环的损伤特点结合以往学者对不典型 Hangman 骨折的分型,将单纯枢椎环骨折分为 A、B、C 三型(A 型,骨折以椎弓根为轴心,包括双侧 C2 椎弓根对称性或非对称性骨折,一侧椎弓根骨折合并对侧关节突、椎板骨折;B 型,骨折以一侧椎体后壁为轴心合并对侧椎弓根,对侧关节突、对侧椎板骨折;C 型,骨折以双侧椎体后壁为轴心,枢椎体边缘骨折,枢椎环不完整,包括双侧椎体后壁对称性或非对称性骨折)。观察单纯枢椎环骨折中各解剖结构骨折的特点和发生率,探讨 C2/3 椎间隙无移位成角和前后纵韧带损伤的条件下单纯枢椎环骨折的发生规律和稳定性。**结果:**共收集单纯枢椎环骨折 52 例,男性 34 例,女性 18 例;年龄 22~83 岁,平均 47.9±15.7 岁。合并椎间关节(上关节突和下关节突)骨折 36 例共 50 处骨折占 69.2%(36/52),单纯骨性损伤 16 例 30 处骨折占 30.8%(16/52)。前、中、后环骨折共发生 149 处,前环骨折 92 处占 61.7%,中环骨折 28 处占 18.8%,后环骨折 29 处占 19.5%。在单纯枢椎环骨折中 B 型发生率最高, C 型发生率次之, A 型发生率最低。三组之间发生率多重比较统计有统计学差异($P<0.05$):A 型骨折中椎间关节、椎板骨折发生率较 B、C 两型更低, B、C 两型之间椎间关节、椎板骨折发生率无统计学差异($P>0.05$)。**结论:**单纯枢椎环骨折中椎间关节骨折发生率较高,其过伸压缩应力大多作用于前环、中环,旋转应力作用于后环。单纯枢椎环骨折是一个刚性闭合骨环的骨折,若出现双处骨折,为不稳定骨折;出现双侧上关节突、双侧下关节突、双侧椎板等解剖结构骨折时更加不稳定。采用本文新分型对该类骨折稳定性的判断更准确。

【关键词】枢椎环骨折;稳定性;CT 三维重建;MRI

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2020.02.08

中图分类号:R683.2, R814.42 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2020)-02-0142-09

Study and clinical significance of three-dimensional CT classification of fractures with different anatomical structures affecting the stability of single axial ring fractures/DAI Yixin, ZHANG Shuai, OUYANG Jianyuan, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2020, 30(2): 142-150

【Abstract】 Objectives: To observe the imaging features of single axial ring fractures using X-ray, CT scan and MRI, three dimensional CT classification was conducted according to the characteristics of each anatomical structure fracture and its influence on stability, to explore its clinical significance. **Methods:** The clinical and imaging data of all patients with Hangman fracture from January 2008 to December 2018 were searched in the multi center prospective case database, and the patients with simple axis ring fracture were found(refer-

第一作者简介:男(1992-),住院医师,研究方向:创伤骨科

电话(0816)6913620 E-mail:530650764@qq.com

通讯作者:王清 E-mail:wqspine2004@163.com

ring to Levine-Edwards type I Hangman fracture diagnosed on X-ray films, and C2/3 abnormal signal of injury of ligament complex of intervertebral disc was excluded by MRI images). The fracture of each anatomical structure of the axis ring was divided into bilateral superior articular process (SAP), bilateral inferior articular process(IAP) bilateral lamina fracture(CL), bilateral pedicle and posterior wall fractures. The fracture of axis ring was divided into anterior ring (bilateral superior articular process, bilateral posterior wall of vertebral body), middle ring(bilateral pedicle) and posterior ring(bilateral inferior articular process, bilateral lamina). The incidence of anterior, middle and posterior ring fracture was compared. According to the injury characteristics of the axial ring and the classification of the atypical Hangman fracture by the previous scholars, the simple axial ring fracture was divided into three types: A, B and C(Type A, with pedicle as the center, including bilateral C2 pedicle symmetrical or asymmetric fractures; one side pedicle fracture with opposite articular process and lamina fractures. Type B, the fracture was centered on the posterior wall of one side of the vertebral body and combined with the fracture of the contralateral pedicle, contralateral articular process and contralateral lamina. Type C, the fracture was centered on the posterior wall of both sides of the vertebral body, with the edge fracture of the axial vertebral body and the incomplete axis ring, including the symmetrical or asymmetrical fracture of the posterior wall of both sides of the vertebral body). To observe the characteristics and the incidence of the fracture of each anatomical structure in the simple axis ring fracture, and to explore the regularity and stability of the simple axis ring fracture under the condition of C2/3 intervertebral space without displacement and angulation and anterior and posterior longitudinal ligament injury. **Results:** According to the inclusion and exclusion criteria, data of 52 cases(34 males and 18 females) of simple fracture of the axis ring were collected. The average age was 47.9 ± 15.7 years, ranging from 22 to 83 years old. In this group, there were 36 cases (69.2%) with 50 fractures of intervertebral joints (SAP and IAP) and 16 cases (30.8%) with 30 fractures of simple bone injury. There were 149 ring fractures: 92 anterior ring fractures (61.7%), 28 middle ring fractures(18.8%) and 29 posterior ring fractures(19.5%). The incidence of type B was the highest, type C was the second, and type A was the lowest. There was statistical difference in the incidence of complications among the three groups($P < 0.05$). The incidence of type A complicated with peripheral anatomical fractures was lower than that of type B and C, and there was no statistical difference between type B and C($P > 0.05$). **Conclusions:** In the simple axis ring fracture, the incidence of the intervertebral joint-fracture is high. The hyperextension compression stress mostly acts on the anterior ring and the middle ring, while the rotation stress acts on the posterior ring. Simple axis ring is a rigid closed bone ring, if there are two anatomical fracture, it is unstable; it is more unstable when there are bilateral upper articular process, bilateral lower articular process, bilateral lamina fractures. The new classification in this paper is more accurate to judge the stability of this kind of fracture.

【Key words】 Axis ring fracture; Stability; Three-dimensional reconstruction of CT; MRI

【Author's address】 Traumatic Orthopedics, Sichuan Mental Health Center, the Third People's Hospital of Mianyang, Mianyang, Sichuan, 621000, China

1965年 Schneider 等^[1]发现车祸或高处坠落等事故中出现了枢椎上下关节突间部骨折,首次提到“Hangman”一词,并提出了创伤性枢椎滑脱的概念,之后被学术界广泛接受。Francis 等^[2](1978年)、Effendi 等^[3](1981年)及 Levine 等^[4](1985年)分别对 C2/3 脱位为主的创伤性枢椎滑脱在 X 线片和 CT 平扫断层图像上进行了观察和分类。三种分型均进一步详细阐述了受伤机制,并且对各种治疗措施的选择进行了指导,其核心概念为双侧枢椎上、下关节突之间的骨折,而对骨折线累及

枢椎椎体后壁骨折类型并未进行纳入及阐述。这三种分类方法中的 I 型骨折均曾被多数学者认为属于稳定性骨折,几乎均采用保守治疗^[5]。临床实践发现, I 型 Hangman 骨折采用保守治疗的患者常出现长期慢性颈肩痛、骨折畸形愈合甚至延迟愈合^[6]。三维 CT 及 MRI 的广泛运用^[7],使我们对 I 型 Hangman 骨折稳定性的认识有了进一步提高。苏再发等^[8]发现,在 21 例 Hangman 骨折患者中,通过 X 线侧位片归为 I 型 Hangman 骨折的患者 MRI 上提示存在椎间盘损伤 6 例,颈前路术中

可见破裂的纤维环以及突出的髓核等。在 Hangman 骨折的 C2/3 椎间盘稳定性评价中,存在着椎间盘损伤脱位后自发复位,或椎间盘韧带复合体损伤但无脱位的可能性。因此目前对 I 型 Hangman 骨折稳定性的评价标准尚未达成一致。本研究在多中心保存的 Hangman 骨折数据库中,分型观察单纯枢椎环骨折(图 1)各解剖结构骨折的损伤特征,探讨单纯枢椎环骨折的稳定性及对神经脊髓功能的影响。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究经西南医科大学附属医院和绵阳市第三人民医院·四川省精神卫生中心医学伦理委员会批准。选取 2008 年 1 月~2018 年 11 月多中心收治的单纯枢椎环骨折病例。纳入标准:(1)颈椎正侧位 X 线片、CT 三维重建、颈椎 MRI 等影像学资料完整;(2)X 线侧位片诊断为新鲜 I 型 Hangman 骨折(C2 椎体移位 $<3\text{mm}$,成角 $<11^\circ$);(3)MRI 未发现椎间盘韧带复合体损伤信号。排除标准:(1)临床资料不完善,具有绞刑和自缢病史者,典型过伸分离损伤病例;(2)齿状突骨折同时伴枢椎椎弓根骨折;(3)枢椎体骨折或枢椎体骨折伴 C2 椎弓根骨折;(4)寰枢椎畸形,风湿及类风湿性寰枢脱位,上颈椎肿瘤;(5)MRI T2 像存在 C2/3 椎间盘存在明确点、片状高信号甚至 $\geq$ 二分之一椎间盘^[9];(6)MRI 上观察到前后纵韧带断裂。

1.2 影像资料处理

(1)X 线片:正位摄片时排除颈椎旋转,侧位摄片时保证耳廓影基本重叠。

(2)CT 影像处理:采用 64 排 CT 机,对 C1~C3 椎体进行薄层扫描,在配套工作站上利用多平面重建技术(multiplanar reconstruction)对扫描结果进行处理。

(3)MRI 影像处理:采用飞利浦 1.5T 磁共振,观察椎间盘韧带复合体损伤情况。

1.3 枢椎环骨折分型

本研究根据骨折形态特征,将所纳入病例分为三型:A 型,骨折以椎弓根为轴心,包括双侧 C2 椎弓根对称性或非对称性骨折,一侧椎弓根骨折合并对侧关节突、椎板骨折;B 型,骨折以一侧椎体后壁为轴心合并对侧椎弓根,对侧关节突、对侧

椎板骨折;C 型,骨折以双侧椎体后壁为轴心,枢椎体边缘骨折,枢椎环不完整,包括双侧椎体后壁对称性或非对称性骨折(图 2~4)。

1.4 枢椎环的分割

根据人体标准解剖学姿势,在人体方位上,我们定义双侧上关节突和双侧椎体后壁组成前环,双侧椎弓根组成中环,双侧下关节突和双侧椎板组成后环(图 5)。

1.5 观测指标

(1)在 CT 平扫和三维重建片各层面上观察并计数单纯枢椎环骨折中双侧上、下关节突和椎板骨折;(2)前中后环观察,在前、中、后环中分别观察、统计各型枢椎环骨折中 C2 双侧上关节突和双侧下关节突(统称椎间关节)、双侧椎体后壁、双侧椎板骨折(图 6)发生率,发生部位是否存在统计学差异。

1.6 统计学分析

采用 SPSS 22.0 统计软件进行数据处理。各型之间上关节突、下关节突、椎板骨折之间计数资料比较采用 Fisher 精确检验。三组间椎间关节及椎板骨折发生率比较采用多样本率间多重比较。 $P<0.05$ 为有统计学差异。

2 结果

2.1 一般结果

根据纳入及排除标准,本组共收集单纯枢椎环骨折 52 例,男性 34 例,女性 18 例。年龄 22~83 岁,平均 (47.8 ± 15.7) 岁。受伤原因:高坠伤 23 例,车祸伤 15 例,重物压伤 5 例,生活伤 4 例,其他原因 5 例。本组枢椎环:椎间关节骨折 36 例共 50 处骨折占 69.2%(36/52),单纯骨性损伤 16 例 30 处骨折占 30.8%(16/52)。上关节突骨折 24 例占 46.1%;下关节突骨折 22 例占 42.3%;椎板骨折 7 例占 13.5%(表 1)。在单纯枢椎环骨折中,B 型骨折最常见,C 型次之,A 型最少。三组间椎间关节、椎板骨折发生率多重比较较有统计学差异($P<0.05$,表 2):A 型骨折中椎间关节、椎板骨折发生率较 B、C 两型更低,B、C 两型之间发生率无统计学差异。前、中、后环骨折共发生 149 处,前环骨折 92 处占 61.7%,中环骨折 28 处占 18.8%,后环骨折 29 处占 19.5%(表 3)。

2.2 双侧上下关节突、椎板骨折在各型单纯枢椎环骨折中分布及生物力学特点

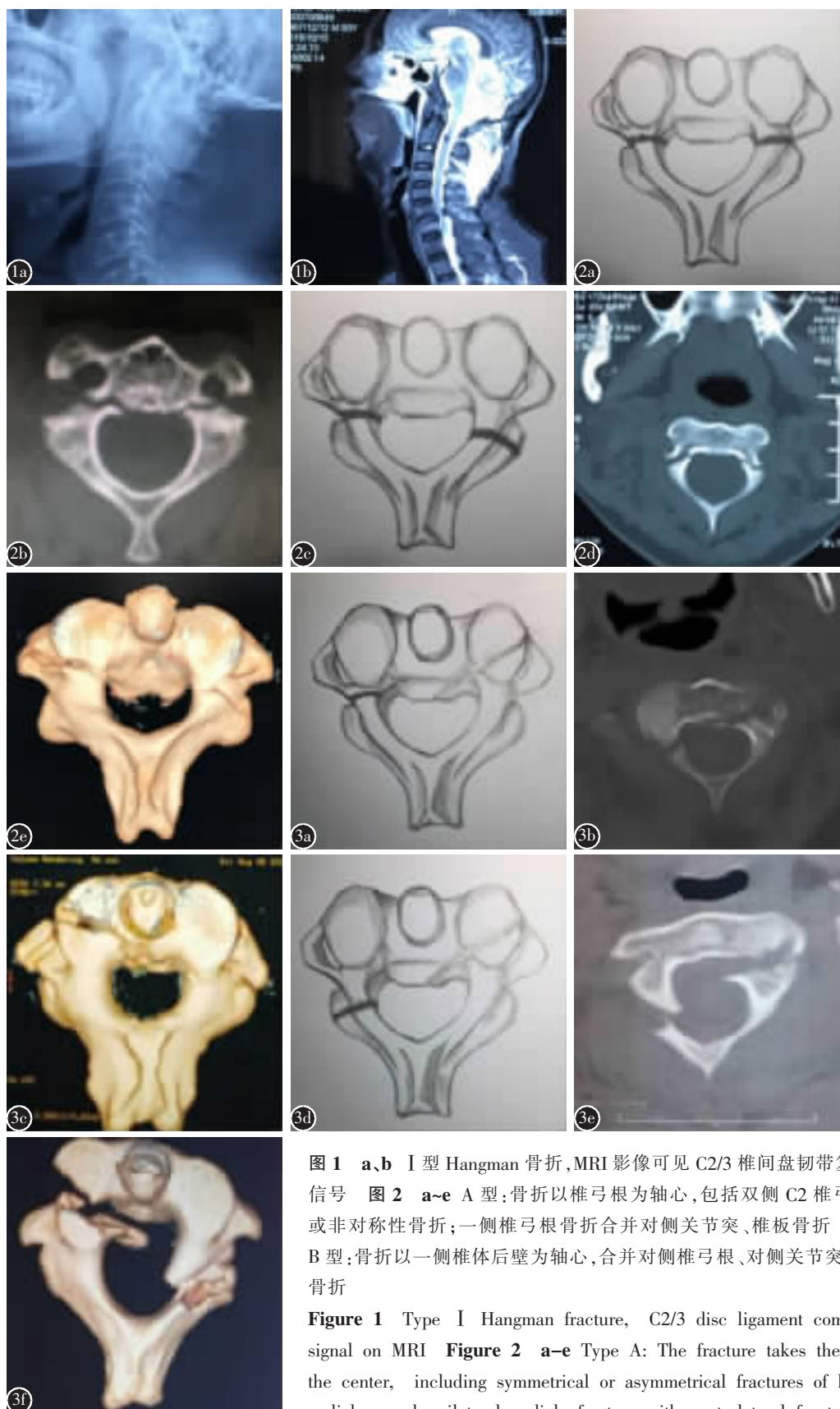


图 1 a、b I 型 Hangman 骨折, MRI 影像可见 C2/3 椎间盘韧带复合体损伤信号 图 2 a~e A 型: 骨折以椎弓根为轴心, 包括双侧 C2 椎弓根对称性或非对称性骨折; 一侧椎弓根骨折合并对侧关节突、椎板骨折 图 3 a~f B 型: 骨折以一侧椎体后壁为轴心, 合并对侧椎弓根、对侧关节突、对侧椎板骨折

Figure 1 Type I Hangman fracture, C2/3 disc ligament complex injury signal on MRI **Figure 2 a~e** Type A: The fracture takes the pedicle as the center, including symmetrical or asymmetrical fractures of bilateral C2 pedicle, and unilateral pedicle fracture with contralateral facet and lamina fractures **Figure 3 a~f** Type B: The fracture was centered on the posterior wall of one side of the vertebral body and combined with contralateral pedicle, contralateral articular process and contralateral lamina fractures

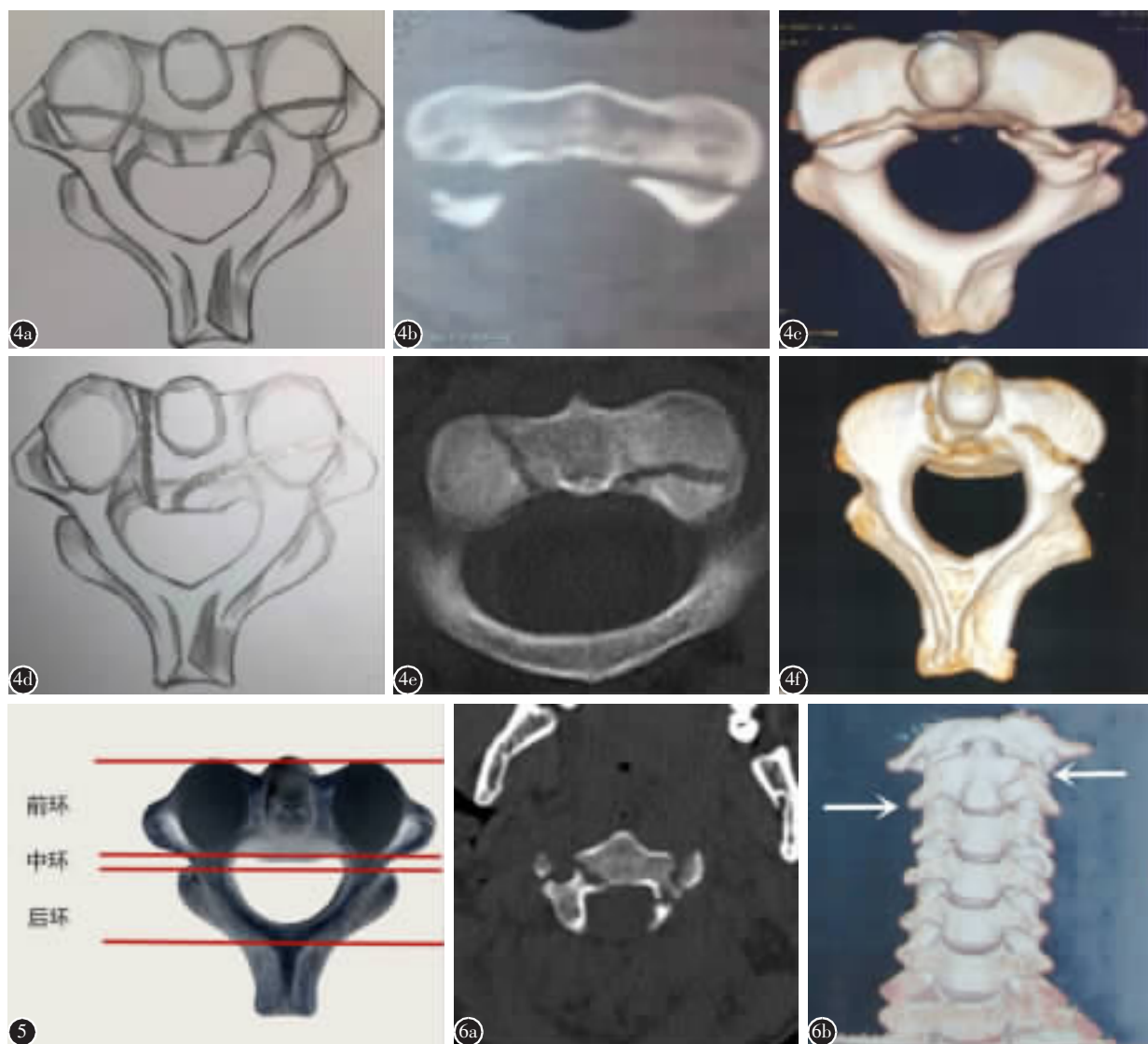


图 4 C 型:骨折以双侧椎体后壁为轴心,枢椎体边缘骨折,枢椎环不完整,包括双侧椎体后壁对称性或非对称性骨折 图 5 枢椎环前后分界线 图 6 C2 上下关节突同时受累 a 左上及右上关节突骨折 b 左上及右下关节突骨折

Figure 4 Type C: Fracture centered on bilateral posterior wall of vertebral body, edge fracture of axis body, incomplete ring of axis, including symmetrical or asymmetrical fracture of bilateral posterior wall of vertebral body **Figure 5** The anterior-posterior boundary of the axis ring **Figure 6** Simultaneous involvement of the upper and lower facets of C2 **a** Fractures of both superior articular processes **b** Fractures of the left superior and right inferior articular processes

见表 4。A 型骨折 10 例占 19.2%(10/52), 双侧椎弓根同时骨折 7 例占 70%, 左侧椎弓根骨折伴对侧下关节突骨折 2 例占 20%, 左侧椎弓根骨折伴对侧椎板骨折 1 例占 10%; 未见双侧上关节突骨折(图 7)。

B 型骨折 31 例占 59.6%(31/52), 上关节突骨折 15 例 (左侧 9 例, 右侧 6 例, 双侧 0 例) 占 48.4%, 无上关节突骨折 16 例占 51.6%; 下关节突骨折 20 例 (左侧 3 例, 右侧 17 例, 双侧 0 例) 占

64.5%, 无下关节突骨折 11 例占 35.5%; 椎弓根骨折 12 例 (左侧 7 例, 右侧 5 例), 占 38.7%, 无椎弓根骨折 19 例占 61.3%; 椎板骨折 6 例 (左侧 2 例, 右侧 4 例) 占 19.4%, 无椎板骨折 25 例 80.6%(图 8)。

C 型骨折 11 例占 21.2%(11/52), 上关节突骨折 9 例 (左上关节突骨折 2 例, 右上关节突骨折 3 例; 双上关节突同时骨折 4 例) 13 处占 81.8%(图 9), 无上关节突骨折 2 例占 18.2%。下关节突骨折

表 1 单纯枢椎环骨折中椎间关节、椎板骨折分布
($n=$ 例)

Table 1 Distribution of simple axis ring fracture with intervertebral joint fracture

	SAP	IAP	CL
左 Left	15	3	3
右 Right	9	19	4
合计 Total	24	22	7

注:SAP,上关节突;IAP,下关节突;CL,椎板

Note: SAP, superior articular process; IAP, inferior articular process; CL, lamina

表 2 各型枢椎环骨折中椎间关节、椎板骨折发生率

Table 2 Incidence of fracture of axis ring with fracture of intervertebral joint and lamina

	椎间关节、椎板骨折 Fracture of intervertebral joint and lamina		
	有 Yes	发生率(%) Rate	无 No
A型 Type A	3	30.0	7
B型 Type B	25	80.6 ^①	6
C型 Type C	9	81.8 ^①	2

注:①与 A 型比较 $P<0.05$

Note: ①Compared with type A, $P<0.05$

表 3 枢椎环前、中、后环骨折分布

($n=$ 骨折数)

Table 3 Number of anterior, middle and posterior ring fractures of the axis

	PWA		SAP		POC		IAP		CL		合计 Total
	左 Left	右 Right	左 Left	右 Right	左 Left	右 Right	左 Left	右 Right	左 Left	右 Right	
前环 Front ring	30	34	15	13	—	—	—	—	—	—	92
中环 Middle ring	—	—	—	—	14	14	—	—	—	—	28
后环 Rear ring	—	—	—	—	—	—	3	19	3	4	29

注:PWA,椎体后壁;SAP,上关节突;IAP,下关节突;CL,椎板;POC,椎弓根

Note: PWA, posterior wall of axis; SAP, superior articular process; IAP, inferior articular process; CL, lamina; POC, pedicle

表 4 各型单纯枢椎环骨折中椎间关节、椎板骨折分布

Table 4 Number of simple axis ring fractures complicated with intervertebral joint and lamina fractures

	n	SAP	IAP	SAP和 IAP SAP and IAP	CL
A型 Type A	10	0	2	0	1
B型 Type B	31	5	10	10	6
C型 Type C	11	9	0	0	0
合计 Total	52	14	12	10	7

0例,椎弓根骨折 0 例,椎板骨折 0 例。

2.3 各型单纯枢椎环骨折中椎间关节、椎板骨折的统计学分析

本组 A 型骨折未见上关节突骨折,B 型骨折中上关节突骨折发生率 48.4%,C 型骨折的上关节突骨折发生率 81.8%,两者具有统计学差异,C 型骨折未见下关节突骨折,A 型骨折中,下关节突骨折发生率 20%,B 型骨折的下关节突骨折发生率 64.5%。C 型骨折未见椎板骨折,A 型骨折的椎

板骨折发生率 10%,B 型骨折的椎板骨折发生率 19.3%,差异无统计学意义($P>0.05$,表 5)。

3 讨论

由于枢椎特殊的解剖学特征,使得此处骨折发生率较高^[10],引起了许多学者的关注。1985 年 Levine 和 Edwards 总结前人经验^[2,3,11~14]后提出了新的分型^[3],共分 4 型,是目前临床应用最广泛的分型。该分型中 II 型、II A 型及 III 型 Hangman 骨折属于不稳定骨折是被广泛认可的,而对于 I 型 Hangman 骨折的稳定性则存在较大争议^[15,16]。

Starr 等^[17]的研究发现一类可累及椎体后壁的 Hangman 骨折,可能产生神经系统受损的患者高达 60%,称为不典型 Hangman 骨折(atypical Hangman's fractures,AHF)。随后越来越多的学者发现此类骨折并不少见^[18~20]。王清等^[21]认为 Levine-Edwards 分型仅适用于双侧关节突间的骨折(典型的 Hangman 骨折),并未关注骨折线累及枢椎椎体后壁以及椎板的情况,提出了新的 AHF 分型^[22]。

尽管如此,目前的分型仍存在许多缺陷:(1)



图 7 a~c 男, 51 岁, 高处坠落伤, A 型骨折(双侧椎弓根不对称性骨折) 图 8 a~c 男, 66 岁, 车祸伤, B 型骨折(左侧椎体后壁骨折合并左上关节突、右侧椎板骨折) 图 9 a~c 男, 58 岁, 车祸伤, C 型骨折(右侧椎体后壁矢状位骨折线, 左侧椎体后壁冠状位骨折线, 合并双上关节突骨折)

Figure 7 a~c Male, 51 years old, with high fall injury, type A fracture(bilateral pedicle asymmetric fracture) **Figure 8 a~c** Male, 66 years old, traffic accident, type B fracture(left posterior wall fracture with left superior articular process and right lamina fracture) **Figure 9 a~c** Male, 58 years old, traffic accident, type C fracture(right posterior vertebral sagittal fracture line, left posterior vertebral coronal fracture line, combined with double superior articular process fracture)

病例数均较少并且分散, 没有多中心大宗病例队列研究;(2) 尽管有学者提出了不典型 Hangman 骨折的概念, 但是缺乏对双侧上关节突、双侧下关节突、椎板骨折这些同时存在的解剖结构骨折观察;(3) 患者受伤因素种类多、类型复杂, 亦未排除

自缢、绞刑等典型分离移位型损伤患者;(4) 未重视“枢椎环骨折”概念, 没有将枢椎环作为一个独立的损伤器官来认识;(5) 对于无 C2/3 椎间盘损伤的 I 型骨折, 即被认为是稳定骨折, 常采用保守治疗^[23], 未结合椎间关节、椎板等解剖结构的骨折

表 5 枢椎环椎间关节、椎板骨折发生率的分型比较
(n/%)

Table 5 Comparisons of the incidence of various types of fractures with intervertebral joint fractures

	SAP	IAP	CL
A型 Type A	0	2/20.0 ^①	1/10.0
B型 Type B	15/48.4	20/64.5	6/19.4
C型 Type C	9/81.8 ^①	0	0

注:①与 B 型比较 $P<0.05$

Note: ①Compared with type B, $P<0.05$

情况进一步探讨其稳定性。实际上临床中常出现保守治疗失败的案例^[24]。在此基础上,本研究的分型做了进一步补充。

A 型骨折过伸压缩应力主要作用于双侧或单侧椎弓根,是以椎弓根为轴心的骨折,伴有不同程度的旋转应力。过伸压缩应力主要作用于双侧椎弓根中轴线(中环),而旋转应力主要作用于椎弓根骨折对侧的后环。B 型骨折过伸压缩应力主要作用于枢椎环的单侧前环,前方作用于枢椎前环,传导至枢椎后环,暴力较小则产生单纯椎体后壁骨折,暴力足够大则合并同侧上关节突骨折。但常常伴有的旋转应力导致对侧中环和后环的骨折。C 型骨折是以双侧椎体后壁或双侧上关节突为轴心的过伸压缩骨折,暴力较小则产生单纯双侧椎体后壁骨折,暴力足够大则合并上关节突骨折;不伴有导致中、后环骨折的旋转应力。

本研究中,前、中、后环骨折共发生 149 处,前环骨折 92 处占 61.7%,中环骨折 28 处占 18.8%,后环骨折 29 处占 19.5%。前环各解剖结构的损伤最多,表明单纯枢椎环骨折的过伸压缩应力主要作用于前环。中后环的骨折仅发生于一侧,说明是前环过伸压缩应力作用之后残余的旋转应力所致。因此刚性闭合骨环出现椎间关节、椎板等解剖部位的骨折时更为不稳定。

临床工作中发现,部分单纯枢椎环骨折患者保守治疗出现了长期慢性颈肩部疼痛、颈部活动障碍等^[25],这提示该类骨折也存在不稳定的情况。骨关节包含由关节面、关节腔、关节囊,任何一个结构的损伤即可导致稳定性的改变,脊柱中的小关节也是如此^[26],所以关节面的骨折对稳定性的影响不言而喻^[27]。文献中关于关节突损伤的生物

力学研究已有不少^[28],也有单侧或双侧的关节突逐级切除对脊柱的影响(包括颈椎和腰椎)^[29,30]。本研究观察到在单纯枢椎环骨折时,椎间关节骨折 36 例共 50 处骨折占 69.2%(36/52),单纯骨性损伤 16 例 30 处骨折占 30.8%(16/52)。上关节突骨折 24 例,占单纯枢椎环骨折 46.1%;下关节突骨折 22 例占 42.3%;椎板骨折 17 例占 32.6%;无双侧上下关节突、椎板骨折 15 例占 28.8%。可见单纯枢椎环骨折中椎间关节、椎板骨折相当常见。

因此,我们提出“吊桥效应”的概念:C2 棘突最宽大,C7 棘突最长,C3~C6 棘突较小且比较一致;将这两个棘突看作桥墩,当枢椎环骨折后,由于肌肉舒缩、体位变动,骨折断端异常活动可引起剧烈颈痛和脊髓损伤。本组发现 ASIA 分级 D 级 10 例,结合以往文献关于神经系统受损原因和椎间关节生物力学分析^[31,32],我们认为“吊桥效应”是造成此结果的重要原因之一。因此我们认为单纯枢椎环骨折是不稳定性骨折。本研究不足之处在于样本量较小,存在读片和统计误差。未考虑年龄及性别误差对枢椎环骨折中椎间关节、椎板损伤的影响。本研究仅针对单纯枢椎环骨折的影像学资料进行研究,没有涉及其治疗方式及预后、随访。需对更大的样本进一步论证和探索。

总之,单纯枢椎环骨折是一个刚性闭合骨环,若出现双处骨折,为不稳定骨折,出现双侧上关节突、双侧下关节突、双侧椎板等解剖结构骨折时更加不稳定。采用本文新分型对该类骨折稳定性的判断更准确,可为后续指导临床工作提供理论参考。

4 参考文献

- Schneider RC, Livingston KE, Cave AJE, et al. Hangman's fracture of the cervical spine[J]. J Neurosurg, 1965, 22(2): 141-154.
- Francis WR, Fielding JW, Hawkins RJ, et al. Traumatic spondylolisthesis of the axis[J]. Orthop Clin North Am, 1978, 9(4): 1011-1027.
- Effendi B, Roy D, Cornish B, et al. Fractures of the ring of the axis: a classification based on the analysis of 131 case[J]. J Bone Joint Surg, 1981, 63(3): 319-327.
- Levine AM, Edwards CC. The management of traumatic spondylolisthesis of the axis[J]. J Bone Joint Surg Am, 1985, 67(2): 217-226.
- Müller EJ, Wick M, Muhr G. Traumatic spondylolisthesis of the axis: treatment rationale based on the stability of the dif-

- ferent fracture types[J]. *Eur Spine J*, 2000, 9(2): 123–128.
6. Vaccaro AR, Madigan L, Bauerle WB, et al. Early halo immobilization of displaced traumatic spondylolisthesis of the axis[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2002, 27(20): 2229–2233.
7. Coric D, Wilson JA, Kelly DL Jr. Treatment of traumatic spondylolisthesis of the axis with nonrigid immobilization: a review of 64 cases[J]. *J Neurosurg*, 1996, 85(4): 550–554.
8. 苏再发, 贾连顺, 陈雄生, 等. Hangman 骨折治疗方法的选择[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2007, 22(4): 268–270.
9. 金根洋, 陈伟南, 骆宇春, 等. 颈椎过伸性损伤患者椎间盘韧带复合体损伤的影像特点及其临床意义 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2012, 22(1): 63–68.
10. 侯黎升, 贾连顺, 谭军, 等. 枢椎各结构的解剖学部位研究[J]. *中国临床解剖学杂志*, 2005, 23(1): 44–48.
11. Williams TG. Hangman's fracture[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1975, 57(1): 82–88.
12. Pepin JW, Hawkins RJ. Traumatic spondylolisthesis of the axis: Hangman's fracture[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1981, 157: 133–138.
13. Panjabi MM, White AA 3rd, Keller D, et al. Stability of the cervical spine under tension [J]. *J Biomech*, 1978, 11(4): 189–197.
14. White AA 3rd, Panjabi MM. The basic kinematics of the human spine: a review of past and current knowledge [J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 1978, 3(1): 12–20.
15. Wilson AJ, Marshall RW, Ewart M. Transoral fusion with internal fixation in a displaced Hangman's fracture [J]. *Spine*, 1999, 24(3): 295–298.
16. Li XF, Dai LY, Lu H, et al. A systematic review of the management of Hangman's fractures[J]. *Eur Spine J*, 2006, 15(3): 257–269.
17. Starr JK, Eismont FJ. Atypical Hangman's fractures[J]. *Spine*, 1993, 18(Supple): 1954–1957.
18. Burke JT, Harris JH Jr. Acute injuries of the axis vertebra [J]. *Skeletal Radiol*, 1989, 18(5): 335–346.
19. Samaha C, Lazennec JY, Laporte C, et al. Hangman's fracture: the relationship between asymmetry and instability[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2000, 82(7): 1046–1052.
20. Al-Mahfoudh R, Beagrie C, Woolley E, et al. Management of typical and atypical Hangman's fractures[J]. *Global Spine J*, 2015, 6(3): 248–256.
21. 王清, 党耕町, 李广州, 等. 不典型 Hangman 骨折影像学分型与治疗选择[J]. *中华骨科杂志*, 2018, 38(19): 1177–1185.
22. Li G, Zhong D, Wang Q, et al. A novel classification for atypical Hangman fractures and its application [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2017, 96(28): e7492.
23. 孙厚杰, 蔡小军, 张军, 等. Hangman 骨折的治疗方法选择及疗效分析[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2011, 21(7): 554–560.
24. Greene KA, Dickman CA, Marciano FF, et al. Acute axis fractures: analysis of management and outcome in 340 consecutive cases[J]. *Spine*, 1997, 22(16): 1843–1852.
25. Watanabe M, Nomura T, Toh E, et al. Residual neck pain after traumatic spondylolisthesis of the axis[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2005, 18(2): 148–151.
26. Fujiwara A, Lim TH, An HS, et al. The effect of disc degeneration and facet joint osteoarthritis on the segmental flexibility of the lumbar spine [J]. *Spine*, 2000, 25 (23): 3036–3044.
27. 曾周景, 叶建华, 谭通, 等. 影响单侧颈椎关节突骨折保守治疗成败的 CT 参数分析[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2014, 16 (9): 814–816.
28. Menon KV, Taif S. Detailed description of anatomy of the fracture line in Hangman's injury: a retrospective observational study on motor vehicle accident victims[J]. *Br J Radiol*, 2016, 89(1058): 20150847.
29. 周跃, 罗刚, 初同伟, 等. 腰椎单侧小关节突分级切除的生物力学影响及微创外科的修复与重建 [J]. *中华医学杂志*, 2007, 87(19): 1334–1338.
30. 徐波, 金大地, 史占军, 等. 中下颈椎双侧小关节部分切除对颈椎稳定性影响生物力学研究[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 1995, 15(3): 115–118.
31. Marotta TR, White L, Terbrugge KG, et al. An unusual type of Hangman's fracture [J]. *Neurosurgery*, 1990, 26 (5): 848–851.
32. Matsumoto S, Yamamoto T, Ban S, et al. An unusual type of Hangman's fracture with cord compression: a case report [J]. *Surg Neurol*, 1994, 41(4): 322–324.
- (收稿日期:2019-09-20 末次修回日期:2019-12-27)
(英文编审 孔超/谭啸)
(本文编辑 彭向峰)