

· 综述 ·

颈椎前路椎弓根螺钉在颈椎不稳疾病应用的研究进展

张吉辉¹, 赵刘军²

(1. 宁波大学医学院, 浙江 宁波 315211; 2. 宁波市第六医院骨科, 浙江 宁波 315040)

【摘要】 颈椎不稳疾病需要手术来重建其稳定性。以往而言, 手术方式可分为前路与后路两种, 但各自有各自的缺点。前路椎体螺钉的失败率较高, 有时需要再次手术; 而后路椎弓根螺钉、侧块螺钉、关节突关节螺钉的创伤较大, 导致患者住院时间较长。一般的颈椎不稳疾病, 根据疾病所在的位置, 单用前路或者后路就可以达到稳定的效果。但是, 对于单节段的三柱损伤、需要多节段的椎体次全切除术和椎间盘摘除术的疾病, 单一的前路或后路往往不能达到预期的牢固稳定效果。同时, 联合应用前后路又有其更突出的缺点: 如手术时间延长、手术损伤更大、感染风险增加等等。近些年来, 颈椎前路椎弓根螺钉作为一种新近提出的颈椎固定技术。它的生物力学特性、形态学的可行性、抗拔出力的强度、影像学特点及新兴置钉技术已经有了相关的实验室及临床研究。因其重建的牢固稳定性、良好的力学特性和患者的满意疗效得到了较多学者的认可。虽然颈椎前路椎弓根螺钉技术已经被运用于临床上, 但它的长期临床效果还需待进一步明确。尽管如此, 其创新性的提出, 将为广大医师同仁为治疗颈椎不稳疾病提供新的解决思路。

【关键词】 颈椎不稳; 前路手术; 椎弓根螺钉固定; 综述文献

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2018.01.018

Progress on clinical application of anterior cervical pedicle screw fixation for instable cervical spine disease ZHANG

Ji-hui and ZHAO Liu-jun*. *Ningbo No.6 Hospital of Ningbo, Ningbo 315040, Zhejiang, China

ABSTRACT Instability of the cervical spine disease requires surgery to restore stability. In the past, surgical methods were divided into two kinds of anterior and posterior. But each has its own disadvantages: anterior vertebral screw has a higher failure rate, sometimes need a second operation; and posterior pedicle screw, lateral mass screw and facet joint screw may make greater trauma, lead to longer hospitalization. For general instable cervical spine disease, according to the location of the disease, only with the anterior or posterior approach can achieve a stable effect. However, it often fails to achieve the desired stability with only anterior or posterior approach for the three column injury of single segment, the disease need for multi-segment corpectomy and discectomy. Meanwhile, combined with the anterior and posterior have more obvious disadvantages: such as prolonged operation time, greater surgical injury, increased risk of infection and so on. In recent years, anterior transpedicular screw (ATPS) as a new technique was used for cervical spine fixation. Its laboratory and clinical studies have been conducted about biomechanical properties, morphological feasibility, pull-out strength, radiological features and new technology for inserting screws. Because of its strong stability, perfect mechanical properties and the satisfactory results of patients, which has been recognized by many scholars. Although this technique has been used in clinical practice, its long-term clinical effect needs to be further clarified. Even so, the innovative proposal will provide a new thread for the majority of doctors and colleagues in treating unstable cervical disease.

KEYWORDS Cervical instability; Anterior approach; Pedicle screw fixation; Review literature

Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2018, 31(1):93-98 www.zggszz.com

颈椎不稳可由肿瘤性、创伤性、退行性及其他病理性疾病造成, 内固定治疗是重建其稳定性的有效方法^[1]。随着颈椎后路技术的逐渐成熟, 在 2007 年 Koller 等^[2]开始提出颈椎前路椎弓根螺钉 (anterior transpedicular screw, ATPS) 内固定技术的想法, 紧接着有学者在临床上第 1 次使用。随后, 这个新兴的手

术方式引起了许多学者的关注, 大量的基础研究及临床研究相继展开, 为此项技术的未来发展做出了推动的作用, 现在笔者就近些年来对 ATPS 的研究做一个概述。

1 基础研究

对于颈椎不稳的疾病, 常常需要手术固定来重建其稳定性。根据疾病的病理所在位置, 考虑手术固定可分为前路和后路, 但手术方式的不同, 导致两者各有利弊。前路椎体螺钉技术创伤小, 尤其对椎旁肌

通讯作者: 赵刘军 E-mail: zhaoliujun555@sina.com

Corresponding author: ZHAO Liu-jun E-mail: zhaoliujun555@sina.com

肉组织损伤小。但要指出的是,此种技术多采用单皮质螺钉,难以达到生物力学的稳定要求,还有较低的抗拔出,且具有较高的手术失败率,有报道其融合失败率为 20%~50%^[2]。也导致二次手术及手术并发症的发生率增加。而后路椎弓根手术虽能避免前路的缺点,但其自身也有不足之处。如对周围组织损伤较大,术后轴性症状及颈部疼痛等。对于单节段的三柱损伤、多节段的椎体次全切除术或椎间盘摘除术,单一的前路或后路不能达到预期的稳定效果,甚至导致内固定松动失败。以往许多学者将前路与后路联合,前路有效减压内固定结合后路的椎弓根螺钉、侧块螺钉或经关节突关节螺钉固定^[1]。通过两者互补,利用前路损伤小和后路稳定支撑的优点,帮助此类患者得到牢固的固定^[3]。但前路与后路联合,往往需要在术中翻转体位,增加了感染的风险。同时联合手术也增加了患者的手术风险及手术费用。对手术医生而言也是一场精力、体力与意志力的挑战。随着颈椎前路椎弓根螺钉的提出,使螺钉置入经过椎体、椎弓根,到达后侧侧块,甚至到侧块后侧皮质。其完美的结合了原先后路方式的优点,又巧妙的避开了联合的不足。不仅可以解决减压彻底的问题,又可以牢固稳定的问题^[4-6]。无须增加后路内固定,既可缩短手术时间、减少创伤、降低并发症发生风险及住院费用,同时对骨质疏松患者也能达到满意的效果。因此很有必要对此类患者提出应用新的手术方式—ATPS 来解决上述问题。

1.1 形态学可行性

早期新技术的开展离不开形态学的研究,对于安全性方面,椎弓根的宽度和高度最为关键,当螺钉突破椎弓根时,将损伤神经根、椎动脉及脊髓。通过 CT 扫描测量 C₂-T₁ 横断面上横突孔内侧缘至椎弓根内侧缘的距离,发现直径 3.5~4.5 mm 的螺钉适合于各个节段^[7]。而在实际临床运用中,3.5 mm 的螺钉被广大外科医生所接受,直径越小穿透的风险也越小。对于颈椎前路椎弓根螺钉的运用,进钉点的角度、位置和螺钉长度这 3 个数据尤为重要。由于现在技术的限制,椎弓根轴线的难以确定,使得进钉的角度成为一个令人担忧的问题。Sakamoto 等^[8]在 C₃-C₆ 的 120 个椎体中,用 50° 置入后路椎弓根螺钉,发现没有突破横突孔及脊髓,而这个角度与 Koller 等^[7]测出的横断面椎弓根轴线与中矢状线夹角 48° 大致相同,故后路的置钉角度同样适用于前路。虽然早年有学者指出在矢状位上螺钉与上终板平行即可^[9],但也有人认为由于椎弓根的高度比宽度要大,故可以更加的尾倾,而 C₃ 的角度最小,可以适当的头倾。这里特别要说明,测得 C₂ 的角度为 55°,明显小于其他

节段的角度,因此 C₂ 从形态学上来讲,并不适合于颈椎前路椎弓根螺钉的应用。对于进钉点,在 C₃-C₆ 节段,螺钉的进钉点在椎体前缘中线的对侧,而 C₇-T₁ 则在同侧,即椎弓根轴线不与正中矢状线相交^[7]。由此可知,C₃-C₆ 只能置入 1 枚螺钉,如果觉得稳定性不够满意,可另置入 1 枚椎体螺钉。而 C₇-T₁ 在解剖学上,可在同一节段上置入 2 枚前路椎弓根螺钉。最近,一些学者开始挑战双侧前路椎弓根螺钉在 C₃-C₆ 节段的可能性,得到了 2 个相反的结果^[10-11]。不可行的理由是 2 枚螺钉交叉碰撞,但其忽视了椎弓根具有纵大横小剖面的事实。根据以往测量数据可知,C₃-C₆ 的椎弓根高度在 7 mm 以上,故可以采用上下交叉置钉法。但椎弓根的剖面面积较小,需要注意置钉时容纳 2 枚螺钉的安全性问题。同样对于椎弓根螺钉的长度也是需要深入研究,从之前的报道可知,C₃-C₇ 的长度在 22~33 mm,也有人测出长度为 28~40 mm,故在此推荐 20~40 mm,因这个数据与之前的后路椎弓根螺钉相似^[7]。以上测得的数据,在临床应用中是不可或缺的,只有在术前仔细测量相关数据,证明其形态学的可行性,才能顺利开展该项技术。

1.2 生物力学研究

任何手术在早期应用于临床时,生物力学特性的研究是不能缺少的。主要涉及的方面为抗拔出强度、结构的稳定性及活动的范围。众所周知,无论何种内固定技术,螺钉与骨的界面均是稳定的关键,且良好的界面可获得足够的把持力。虽然 Koller 等^[12]发现 ATPS 的抗拔出是椎体螺钉(VBS)的 2.5 倍,前者为 467.8 N,后者为 181.6 N。却指出抗拔出与骨密度、螺钉的长度无关。由于椎弓根螺钉会通过椎体、椎弓根及后部的结构,而骨密度会影响皮质骨及松质骨的结构强度,在其他文献报道骨密度是有相关性的。对于其无相关联的论点,可能的原因是骨密度的不均匀分布,不同节段椎体骨密度有差异,椎弓根的骨密度要比前面椎体要大导致的。同样也跟新鲜的标本与甲醛浸泡的有关。然而针对抗拔出做了更综合性的研究后,发现骨密度分别与 ATPS、VBS、椎体复原螺钉(VBRS)的拔出力无相关性,但是却与联合的 ATPS、VBS、VBRS 的拔出力有关。即抗拔出与螺钉的长度没有相关性,理由可能是螺钉的螺纹通常作用于皮质下,螺钉的拔出力与骨密度还是相关的。同时还发现疲劳前后在正常骨密度与骨质疏松的两组,其拔出力减少了 14.69% 和 24.28%,均比 VBS 要小,充分说明了无论在正常骨质还是在骨质疏松情况下,ATPS 仍能维持良好的抗拔出力和抗疲劳能力。最后还提出抗拔出与矢状位上螺钉的准确置入有关,当螺钉置入越包含皮质

骨或其边缘时,相关性也就越强,证明准确的置入在减少损伤神经血管等风险的同时,还能增加抗拔出力的强度,故如何更准确的将螺钉置入是一个值得探讨的问题^[13]。随后 Koller 等^[14]进一步从活动范围对 ATPS 进行研究,对 2 节段的椎体行次全切除后,通过与这 5 种手术方式——前路钢板、后路全侧块螺钉、单侧或者双侧侧块螺钉联合椎弓根螺钉及 360°重建比较之后发现,除了前路钢板,其他几种手术方式均使每个方向的活动范围减少,说明前路钢板的稳定性要比其他的手术方式要差。而且 ATPS 联合钢板与单纯后路手术就屈伸和轴向旋转无差异。再与 360°重建相比,只在屈伸及侧弯方面有差异,对于旋转方面无明显差异。这使得患者术后的预后与传统后路手术无明显差异。在 2 节段椎体次全切除术的非线性有限元模型中,通过 C₃-T₁ 活动度的分析,与正常组相比,ATPS 模型与前路椎体螺钉在屈伸、旋转及侧弯方面,均有所减小,其中 ATPS 模型的活动度是最小的^[15]。这个结论与前文及另两个学者的相一致^[6,16],说明 ATPS 的稳定性比较好,能为植骨块的融合提供条件。在钛网应力分析和在 C₄ 下终板及 C₇ 上终板应力分析中得出,ATPS 模型前屈所受力最小,这可能与前路固定后活动轴向前移有关。后伸最大,可能是前路钢板固定中钢板限制了后伸,钛网起主要传递负荷作用。在螺钉骨界面应力分析,得出在 ATPS 模型,螺钉-骨界面在前屈时应力最大,在旋转时最小,提示患者术后应颈托固定避免过度前屈。通过众多学者全面的生物力学分析后,ATPS 相比其他手术方式,具有更好的抗拔出力及稳定性。

1.3 钉的准确性及最佳置钉点

ATPS 的置钉虽然可以简单的看成后路置钉的逆过程,但是颈椎前路与后路相比,前者缺乏明显的解剖标志。因此如何准确的置入螺钉,对缩短手术时间,减少术中并发症,加快术后恢复有着重要的影响。而且准确的置入对于临床的运用起到关键性的作用。Koller 等^[12]首先在尸体标本方面进行准确性的研究,通过 CT 扫描置入的螺钉发现横断面上的准确性与颈椎椎弓根的宽度有显著的联系,当宽度 >5 mm 时,穿破的可能性大大减低。同样,矢状面上的准确性与椎弓根的高度有关,当高度 >4.5 mm 时,穿破的可能性也将大大降低。经过对比发现横断面穿透椎弓根损伤血管神经要比矢状位明显来的大。而 C₃-T₁ 这些颈椎节段中,只在 C₃-C₅ 中有穿透。这个可能是与其较小的椎弓根宽度和高度有关。仅在 C₃-C₅ 中有穿透这个发现,与 Koktekir 等^[17]的相同。然后于临床上进行应用,术后对 9 例患者行斜位 X

线透视,一共置入 22 枚螺钉,虽然穿透率为 4.5%,但是没有神经血管的损伤^[18]。随后又有其他学者对准确性进行临床研究,Yukawa 等^[19]、Zhao 等^[3]和 Li 等^[20]分别在 6、7、8 例患者身上成功置入 17、14、16 枚前路椎弓根螺钉,仅在 Zhao 等^[3]中发现 1 枚螺钉暴露于椎弓根外面,但算不上穿透的等级。为了更准确的置入螺钉,有学者^[21]使用电子导电装置(ECD)来辅助置钉,术后 CT 扫描分析置钉准确性,一共置入 28 枚螺钉,发现在横断面上等级为 1 级的有 22 枚,2 级的有 6 枚;在矢状面上 1 级的有 25 枚,2 级的有 3 枚,所有螺钉均没有损伤性的突破。但这项技术只是阻止螺钉穿透皮质骨,但无法达到进钉点的准确定位。随着科学技术的发展,在过去的 9 年里计算机导航系统相继应用于腰椎、胸椎及后路颈椎手术的术中定位,于是在新鲜尸体标本中运用该技术,并与 X 线透视下螺钉置入的准确性进行对比研究^[1],发现前者的置入成功率为 66.7%,而后者只有 42.6%。对有损伤的穿透率发现,前者只有 16.7%,而后者却有 33.3%。可见计算机导航可提高 ATPS 的准确性置入,且降低穿透的概率。同时又个性化的分析了两种技术,X 线透视在早期置入时可达到的准确性,而在后期则开始下降,而计算机导航却呈现无规律的准确性。可能与置钉的人员数量过少及个人的置钉水平强弱有关。另外两者又有互补的结论,对于计算机导航系统,椎弓根宽度的增加,可以提高置钉的准确性;而对于 X 线透视,置钉准确性的提高与椎弓根高度的增加有关。在对左右侧置钉研究时发现计算机导航对右侧的准确性要高于左侧,接近 2 倍的范围。因此推测以上两种技术的结合,可以大大的提高置钉的准确性。且在行右侧置钉时,可以计算机导航为主。遗憾的是,此系统没有安装在大多数的医院,因为不符合成本效益和难以达到熟悉的运用。时下 3D 技术已广泛应用于不同领域,一些医学研究者也将视线集中于 3D 技术在置钉准确性的研究,通过术前患者的 CT 数据,进行 3D 打印重建颈椎模型。Fu 等^[22]发明了用 3D 打印的与患者特异性生物相容性的钻孔模板,在 24 具尸体上进行置钉,通过 CT 显示位置良好的螺钉比例为 91.7%。而使用 3D 透视导航系统,在 4 具颈椎模型中,成功置入 19 枚螺钉,准确性达到 95%^[23]。以上两种新技术对于置钉的准确性有着显著的提高,但因为经济及技术限制,仍不能在许多医院开展。相信在未来,更方便于操作和更经济实用的实时导航系统将用于临床实践中。而最领先的机器人辅助置钉技术也仅仅是用于腰椎手术,且处于设备的金字塔顶点,只限于极个别研究者使用^[24]。为了更准确的置

入螺钉,有人对进针点进行具体化的测量及统计,发现下颈椎椎弓根螺钉的最佳进针方向在水平轴位上为外倾 38°~45°,C₃-C₅ 逐渐增大,C₅-C₇ 逐渐减小;而在矢状轴位像上 C₃-C₄ 为头倾 5°~10°,C₅ 水平,C₆-C₇ 为尾倾 5°~10°^[25]。该结果与 Zhao 等^[26]结果较一致。其他学者^[17,27]探究进针点与上终板及中线的距离,但统计的数量有限,且不同种群、各个方面均有差异,故只能作为参考,而非绝对。

2 临床应用

许多学者对颈椎前路椎弓根螺钉进行了相关的基础研究,包括生物力学特性、形态学的可行性、抗拔出力的强度、及新兴置钉技术等。在此基础上,Aramomi 首位将 ATPS 技术应用于临床中,这是理论知识到临床应用的升华,是颈椎手术革新的里程碑。至今,已有多位学者成功地运用 ATPS 技术来治疗颈椎不稳疾病。相比基础研究,临床应用还尚显年轻,但只有在临床上真正应用过后,才能相辅相成,不断前进。

2.1 手术方式

颈椎前路椎弓根螺钉手术前的体位与普通前路手术方式大致相同,对于手术方式现在没有统一的标准,许多学者皆是与自己以往的手术经验相结合,设计出一个适合自己的方式。最大的区别在于置钉的操作过程。第一个在临床上运用 ATPS 的是 Aramomi 等^[18],其采用“in-out-in”的手术方式。顾名思义,在椎体次全切除及减压完成后,在术中斜位透视机的辅助下,沿着剩余的椎体内侧面将导丝置入椎弓根,直到导丝完全隐藏在椎弓根内。再植入截取的腓骨,使导丝经过腓骨退出一段距离,最后顺着导丝置入螺钉。该方式关键在于导丝两头都是尖的,为了达到退出的目的,导丝必须够长,且需穿透后外侧的皮肤。这样做就增加了感染的风险和患者的创伤。也有人沿用后路手术的方式,将手术节段的颈椎纵轴与地面平行,使术中 X 线透视更能标准化,有利于准确评估螺钉置入的角度。完成椎体次全切除、减压、用自身的腓骨或者髂骨进行植骨后,在斜位 X 线透视下置入颈椎前路椎弓根螺钉。斜位的角度在 C₃-C₆ 节段透视机的轴线与地面呈 45°,而 C₇ 为 40°^[19]。由于前路椎体的解剖定位标志少,为了准确置入螺钉,Zhao 等^[3]提出术前需要拍摄 2 张 X 线片,一张为实际颈椎椎弓根轴视图,在斜位透视下可以观察到圆形的椎弓根投影,而圆形的中心即椎体上螺钉的置钉点。对于下颈椎而言,有时肩膀高的患者,在斜位透视时,往往得不到最佳的侧位片,因为叠加的肩膀投影会干扰椎弓根位置的判断。故有人使用胶带将两侧肩膀向尾侧牵拉,以最大限度消除

干扰^[19]。另一张片子为实际颈椎椎弓根矢状视图,以便清晰地显示椎弓根的长度、相邻椎体间的椎间孔。也可以判断置入的螺钉是否向上或下穿透^[3]。经过正侧位、斜位透视下的再次确认,将导丝沿着椎弓根内侧壁置入,如果没有穿透,则进行钻孔和攻丝,最后再置入前路椎弓根螺钉。同样的方法对其他节段的椎体完成操作。相比前者的手术方式,后者通过影像学定位来置入螺钉,明显减少了患者手术的风险。在此,笔者要着重说明一点,进行前路椎弓根螺钉的置钉,对操作者的解剖知识及临床经验要求极高,虽然各种辅助技术可以在一定程度上有所帮助,但自身的基本功才是重中之重。以上的置钉准确性均是由经验丰富的临床医师得出,故决定要开展该技术的学者,前期准备工作要做到十分的完善。

2.2 临床的疗效

颈椎前路椎弓根螺钉的首次应用到现在也已逾 8 年之久,其临床效果经过长期的随访,得到了较满意的肯定。Aramomi 等^[18]报道了 9 例脊髓型颈椎病患者,在 2 节段椎体次全切除后,植入患者自身的腓骨,再运用 2 枚颈椎前路椎弓根螺钉来牢固的固定。术后随访 2 年,所有患者达到骨性融合,平均时间为 12.3 个月。用日本骨科协会分数(JOA)来评估颈脊髓损伤的改善情况,由术前的 9.4 改善到末次随访时的 14.0,发现平均恢复率为 64.4%。术后没有血管神经的损伤。Yukawa 等^[19]也报道了 6 例多节段颈椎病患者行下颈椎前路椎弓根螺钉治疗。在减压后使用髂骨植骨,结合钢板置入 3 枚前路椎弓根螺钉。通过术后随访 7~21 个月,所有患者达到满意的骨性愈合,且术后神经功能有了恢复,JOA 评分由术前的 12.0 改善至术后的 14.7。同样也没有神经血管的损伤。除了 2 例患者发现有吞咽困难,可能是螺钉钉帽凸起刺激了食管。部分患者还出现了咽喉部不适。而 Zhao 等^[3]报道了 7 例不同的颈椎病患者,在椎体次全切除、减压、植骨后,置入 14 枚颈椎前路椎弓根螺钉。通过 1~15 个月的术后随访,发现神经改善从术前 12.7 到术后 14.8,恢复率达到 50.5%。术后 X 线片及 CT 扫描发现 3 个月左右就有早期骨性融合。也没有发现严重的并发症。Li 等^[20]运用颈椎前路椎弓根螺钉与钢板,为 8 例不同颈椎病患者重建稳定性。通过 3~36 个月的术后随访,发现在平均 4.5 个月,所有患者达到骨性融合,但是 1 例患者发现有声音嘶哑,可能与术中喉返神经损伤有关。2 例患者有吞咽困难,与螺钉钉帽凸起有关。平均 JOA 分数术前为 5.6,出院时为 14.5,术后随访 1 年为 15.2。以上几位学者在临床应用 ATPS 治疗颈椎不稳的疾病后,虽然在个别患者身上出现了并发症,但通过术后

积极的对症治疗,症状均明显有所改善,在可接受的范围内。通过短期的随访获得令人肯定的效果,惟一不足的是患者样本量均太小,且术后缺乏长期随访对疗效的肯定。

2.3 适应证

颈椎前路椎弓根螺钉技术应该被视为某些疾病的辅助手术方法,而不是普通手术的替代方式。虽然目前颈椎前路椎弓根螺钉技术在临床上还没有适应证的建立。但由于一开始提出这个技术是为了解决颈椎单节段的三柱损伤造成的不稳以及多节段的椎体次全切除、椎间盘摘除术后的不稳而需要前路手术的麻烦,故多名学者均提出以上两种情况可作为其绝对适应证^[1]。随后又有其他学者根据临床研究建议,将适应证进行扩大。对于骨质疏松的患者需要减压和重建的,适用该技术来达到前期牢固的固定。还有一些骨质疏松患者同时具有特殊疾病,如强直性脊柱炎、类风湿关节炎的,也适合该技术^[20,26]。其他比如颈胸椎骨折错位需要减压和重建的、前路手术后需要再次翻修的^[28],也可以进行应用。但上述新提出的适应证,仅仅是这些作者个人认为,是否真正适合,需要今后更多的研究来明确。

3 展望

综上所述,依据大量的实验室及临床数据,颈椎前路椎弓根螺钉虽然其提出的时间尚短,临床样本量较少,但其形态学完全的可行性,良好的生物力学特性,多种技术方式来准确置入螺钉的可操作性,满意的手术疗效。以上种种结果皆能体现前路椎弓根优秀的运用前景。相信随着更多研究的深入开展,该技术的不断拓展。希望在不久的将来,前路椎弓根螺钉可以成为一个有用的工具来帮助患者重新获得良好的颈椎稳定性。

参考文献

- [1] Patton G, Morris P, Kuo Y, et al. Accuracy of fluoroscopy versus computer assisted navigation for the placement of anterior cervical pedicle screws [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2015, 40(7): E404-E410.
- [2] Koller H, Hempfing A, Ferraris I, et al. 4- and 5-level anterior fusions of the cervical spine: review of literature and clinical results [J]. Eur Spine J, 2007, 16(12): 2055-2071.
- [3] Zhao L, Xu R, Jiang W, et al. A new technique for anterior cervical pedicle screw implantation [J]. Orthop Surg, 2011, 3(3): 193-198.
- [4] 赵刘军, 徐荣明, 马维虎, 等. 下颈椎损伤前路椎弓根螺钉固定的初步临床运用 [J]. 中国创伤杂志, 2012, 28(9): 780-784.
ZHAO LJ, XU RM, MA WH, et al. Preliminary clinical study of anterior pedicle screw fixation for lower cervical spine injuries [J]. Zhongguo Chuang Shang Za Zhi, 2012, 28(9): 780-784.
- [5] 赵刘军, 徐荣明, 马维虎, 等. 下颈椎前路椎弓根螺钉钢板系统的设计与运用 [J]. 中国骨伤, 2014, 27(5): 390-394.
ZHAO LJ, XU RM, MA WH, et al. The design and application of anterior cervical pedicle screw-plate system in lower cervical spine [J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2014, 27(5): 390-394. Chinese with abstract in English.
- [6] 赵刘军, 柴波, 蒋伟宇, 等. 下颈椎前路椎弓根螺钉配套钢板系统的生物力学性能研究 [J]. 中华实验外科杂志, 2014, 31(2): 385-388.
ZHAO LJ, CHAI B, JIANG WY, et al. Biomechanical characteristics of anterior pedicle screw Chinese with abstract in English. plate system in the lower cervical spine [J]. Zhonghua Shi Yan Wai Ke Za Zhi, 2014, 31(2): 385-388. Chinese.
- [7] Koller H, Hempfing A, Acosta F, et al. Cervical anterior transpedicular screw fixation. Part I: Study on morphological feasibility, indications, and technical prerequisites [J]. Eur Spine J, 2008, 17(4): 523-538.
- [8] Sakamoto T, Neo M, Nakamura T, et al. Transpedicular screw placement evaluated by axial computed tomography of the cervical pedicle [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2004, 29(22): 2510-2514.
- [9] Abumi K, Itoh H, Taneichi H, et al. Transpedicular screw fixation for traumatic lesions of the middle and lower cervical spine: description of the techniques and preliminary report [J]. J Spinal Disord, 1994, 7(1): 19-28.
- [10] 王力冉, 赵刘军, 顾勇杰, 等. 3D 打印导航模板引导双侧下颈椎前路椎弓根螺钉置钉的可行性 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2016, 26(11): 1012-1017.
WANG LR, ZHAO LJ, GU YJ, et al. Feasibility of 3D-printed guidance drill template for bilateral anterior cervical pedicle screw placement [J]. Zhongguo Ji Zhu Ji Sui Za Zhi, 2016, 26(11): 1012-1017. Chinese.
- [11] 范国明, 龚遂良, 戴加平, 等. 基于 mimics 软件分析经颈椎前路椎弓根螺钉置钉技术的可行性 [J]. 中国骨与关节杂志, 2016, 5(11): 873-877.
FAN GM, GONG SL, DAI JP, et al. The feasibility of anterior cervical pedicle screw fixation technique by using Mimics software [J]. Zhongguo Gu Yu Guan Jie Za Zhi, 2016, 5(11): 873-877. Chinese.
- [12] Koller H, Acosta F, Tauber M, et al. Cervical anterior transpedicular screw fixation (ATPS)—Part II. Accuracy of manual insertion and pull-out strength of ATPS [J]. Eur Spine J, 2008, 17(4): 539-555.
- [13] Wu F, Chen C, Wu W, et al. Biomechanical analysis of differential pull-out strengths of bone screws using cervical anterior transpedicular technique in normal and osteoporotic cervical cadaveric spines [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2014, 40(1): E1-E8.
- [14] Koller H, Schmidt R, Mayer M, et al. The stabilizing potential of anterior, posterior and combined techniques for the reconstruction of a 2-level cervical corpectomy model: biomechanical study and first results of ATPS prototyping [J]. Eur Spine J, 2010, 19(12): 2137-2148.
- [15] 陈建清, 赵刘军, 祁峰, 等. 颈椎两节段椎体次全切前路椎弓根螺钉固定的生物力学有限元研究 [J]. 中华实验外科杂志, 2016, 33(4): 1067-1071.
CHEN JQ, ZHAO LJ, QI F, et al. Biomechanical analysis on anterior transpedicular screw-fixation after two-level cervical corpectomy using finite element method [J]. Zhonghua Shi Yan Wai Ke Za Zhi, 2016, 33(4): 1067-1071. Chinese.
- [16] 李杰, 赵刘军, 祁峰, 等. 下颈椎前路椎弓根螺钉固定系统的有限元法生物力学研究 [J]. 中华外科杂志, 2015, 53(11): 841-

846.
LI J, ZHAO LJ, QI F, et al. Three-dimensional finite element study on anterior transpedicular screw fixation system of the subaxial cervical spine [J]. Zhonghua Wai Ke Za Zhi, 2015, 53(11): 841-846. Chinese.

[17] Koktekir E, Toktas ZO, Seker A, et al. Anterior transpedicular screw fixation of cervical spine: Is it safe? Morphological feasibility, technical properties, and accuracy of manual insertion [J]. J Neurosurg Spine, 2015, 22(6): 596-604.

[18] Aramomi M, Masaki Y, Koshizuka S, et al. Anterior pedicle screw fixation for multilevel cervical corpectomy and spinal fusion [J]. Acta Neurochir (Wien), 2008, 150(6): 575-582.

[19] Yukawa Y, Kato F, Ito K, et al. Anterior cervical pedicle screw and plate fixation using fluoroscope-assisted pedicle axis view imaging: a preliminary report of a new cervical reconstruction technique [J]. Eur Spine J, 2009, 18(6): 911-916.

[20] Li J, Zhao L, Liu W, et al. Anterior transpedicular screws in conjunction with plate fixation and fusion for the treatment of subaxial cervical spine diseases [J]. Eur Spine J, 2015, 24(5): 1681-1690.

[21] Koller H, Hitzl W, Acosta F, et al. In vitro study of accuracy of cervical pedicle screw insertion using an electronic conductivity device (ATPS part III) [J]. Eur Spine J, 2009, 18(9): 1300-1313.

[22] Fu M, Lin L, Kong X, et al. Construction and accuracy assessment of patient specific biocompatible drill template for cervical anterior transpedicular screw (ATPS) insertion: an in vitro study [J]. PLoS One, 2013, 8(1): 1-8.

[23] Bredow J, Meyer C, Scheyerer MJ, et al. Accuracy of 3D fluoroscopy-navigated anterior transpedicular screw insertion in the cervical spine: an experimental study [J]. Eur Spine J, 2016, 25(6): 1683-1689.

[24] Overley SC, Cho SK, Mehota AI, et al. Navigation and robotics in spinal surgery: where are we now [J]. Neurosurgery, 2017, 80(3S): S86-S99.

[25] 赵刘军, 徐荣明, 华群, 等. 下颈椎前路椎弓根螺钉最佳进钉点和进钉方向的影像学研究及其临床运用 [J]. 中国骨伤, 2012, 25(12): 1030-1035.
ZHAO LJ, XU RM, HUA Q, et al. Radiological study on the best entry point and trajectory of anterior cervical pedicle screw in the lower cervical spine [J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2012, 25(12): 1030-1035. Chinese with abstract in English.

[26] Zhao L, Li G, Liu J, et al. Radiological studies on the best entry point and trajectory of anterior cervical pedicle screw in the lower cervical spine [J]. Eur Spine J, 2014, 23(10): 2175-2181.

[27] Zhao L, Hong J, Wandtke ME, et al. An RCT study on the feasibility of anterior transpedicular screw fixation in the cervicothoracic junction [J]. Eur Spine J, 2016, 25(6): 1716-1723.

[28] Ma W, Yu L, Song X, et al. Anterior transpedicular screw technique for failed anterior cervical internal fixation in revision surgery: a case report [J]. Orthop Surg, 2013, 5(4): 305-308.
(收稿日期 2017-05-15 本文编辑:王宏)

2018 年《中国骨伤》杂志征订启事

《中国骨伤》(ISSN1003-0034, CN11-2483)杂志是中国期刊方阵双奖期刊、RCCSE 中国权威学术期刊(A+)、中国精品科技期刊和中国科技核心期刊,是美国《医学索引》(IM/MEDLINE)等国内外著名数据库收录期刊。

《中国骨伤》杂志的办刊宗旨是坚持中西医并重原则,突出中西医结合特色,执行理论与实践,普及与提高相结合的方针。主要报道中医、西医和中西医结合在骨伤科领域的科研成果,理论探讨和临床诊疗经验,反映我国骨伤科在医疗、科研工作中的新进展,以促进国内外骨伤科的学术交流。《中国骨伤》杂志设有专家述评、临床研究、基础研究、骨伤论坛、经验交流、影像分析、诊治失误、手法介绍、临床病例报告、文献综述、继续教育园地、科研思路与方法、国内外骨伤科医学动态以及医学书刊评价等栏目。

凡订阅《中国骨伤》杂志并参加继续教育园地试题答题者可获得中国中西医结合学会颁发的医学继续教育学分证书(全年 12 分)。

《中国骨伤》杂志为月刊,每月 25 日出版,期刊内页采用 80 g 亚光铜版纸,国际通用 16 开大版本,96 页,单价 30.00 元,全年价 360.00 元。国内外公开发售,全国各地邮局订阅,邮发代号:82-393,国外代号 M587。如错过征订机会,可向《中国骨伤》杂志社直接订阅。

《中国骨伤》杂志邮购方式:(1)支付宝付款。登陆后请选择转账-转账付款;收款人账户请填写“zggszz@sina.com”;收款人名称“《中国骨伤》杂志社”;请将收杂志人姓名、地址、邮编以及发票抬头单位、单位纳税人识别号发送至 zggszz@sina.com。(2)银行汇款。本刊开户银行:工商银行北京北新桥支行;户名:《中国骨伤》杂志社,账号:0200004309089113244。请将收杂志人姓名、地址、邮编以及发票抬头单位、单位纳税人识别号发送至 zggszz@sina.com。

联系地址:北京市东城区东直门内南小街甲 16 号《中国骨伤》杂志社,100700;电话:(010)64089489

网址: <http://www.zggszz.com> E-mail: zggszz@sina.com