

脊柱前路钉板内固定系统国外发展历程概述

塔娜¹ 刘斌¹ 余天钦² 胡肖凡² 李健³ 闫伟³

(1. 国家药品监督管理局医疗器械技术审评中心, 北京 100081; 2. 美敦力(上海)管理有限公司, 上海 201203; 3. 北京爱康宜诚医疗器材有限公司, 北京 102200)

【摘要】 脊柱前路钉板内固定系统用于治疗脊柱畸形、神经性疼痛、脊髓或神经根受压迫、脊柱解剖结构受损等病症。简要介绍脊柱前路钉板内固定系统的组成和分类, 从颈椎前路和腰椎前路两个脊柱钉板内固定系统出发, 对脊柱前路钉板内固定系统在国外的国外发展历程、现状与趋势进行了综述。

【关键词】 脊柱前路; 钉板固定系统; 分类; 发展历程; 发展趋势

【中图分类号】 R197.39 **【文献标识码】** C

【DOI】 10.11876/mimt202004025

Overview of the Development History of Anterior Spine Nail Plate Internal Fixation System Abroad

Ta Na¹, Liu Bin¹, Yu Tianxin², Hu Xiaofan², Li Jian³, Yan Wei³. 1.Center for Medical Device Evaluation, NMPA, Beijing 100081, China; 2. Medtronic (Shanghai) Management Co., Ltd, Shanghai 201203, China; 3. Beijing Aikang Yicheng Medical Equipment Co. Ltd, Beijing 102200, China

Corresponding author: Liu Bin, Email: liubin@cmde.org.cn

【Abstract】 The anterior spinal nail plate internal fixation system is used to treat spinal deformities, neuropathic pain, spinal cord or nerve root compression, spinal anatomical structure damage and other diseases. This article briefly introduce the composition and classification of the anterior spine plate internal fixation system. Starting from two anterior cervical and lumbar spine plate internal fixation systems, the development process, current situation and trend of the anterior spine plate internal fixation system abroad are reviewed.

【Key words】 Anterior spine; Nail plate fixation system; Classification; Development history; Development trends

脊柱是人体的支柱, 由多块脊椎骨与韧带、关节及椎间盘连接而成。脊柱上端承托颅骨, 下连骶骨, 中附肋骨, 并作为胸廓、腹腔和盆腔的后壁, 具有支持躯干、保护内脏、保护脊髓和进行运动的功能。脊柱前路钉板内固定系统用于植骨后增加脊柱稳定性, 在脊柱伸展时提供张力作用, 在脊柱屈曲时起到支撑作用。现对脊柱前路钉板内固定系统的组成与分类, 国外发展历程、现状与趋势进行综述。

1 脊柱前路钉板内固定系统组成和分类

通常脊柱前路钉板内固定系统由钢板和螺钉两个部件组成^[1]。钢板(这里钢板为泛指固定板, 不代表使用不锈钢材质的固定板)为主要承力结构, 可以将邻近椎体进行有效固定, 防止椎体的相对运动, 恢复脊柱的受力。螺钉为固定装置, 可以将钢板与椎体进行刚性连接。按照使用的节段, 脊柱前路钉板内固定系统分为颈椎前路和胸腰骶前路钉板

基金项目: 国家重点研究计划项目; 项目名称: 新型医用金属材料及植入器械产品标准及其审评指南研究;

课题名称: 3D 打印钛合金及植入器械标准化和审评指南研究; 课题编号: 2018YFC1106701

第一作者: 塔娜, 硕士, 研究方向: 医疗器械技术审评质量管理, Email: antana88@126.com

通讯作者: 刘斌, 研究员, 研究方向: 骨科口腔医疗器械研发与评审, Email: liubin@cmde.org.cn

内固定系统。

1.1 颈椎前路钉板内固定系统

颈椎前路钉板内固定系统从最早的 AO 钉板内固定系统、Caspar 钉板内固定系统、Morscher 钉板内固定系统逐渐发展到 Orion 钉板内固定系统、Zephir 钉板内固定系统、Slim-loc 钉板内固定系统和 Skyline 钉板内固定系统。

根据钢板锁定方式的不同, Haid 等^[1]将临床应用较广泛的颈前路钢板按锁定方式分为 4 类: 非锁定非坚固型、锁定坚固型、变角半限制型和滑移半限制型。

1.1.1 非锁定非坚固型钢板

非锁定非坚固型钢板手术简单, 螺钉方向可以变换多种角度, 以 AO Orozco 及 Caspar 钢板为代表, 如图 1 所示。但非锁定钢板强调螺钉贯穿椎体双侧骨皮质, 以获得足够的稳定性, 因其进入椎管而损伤脊髓和神经根的危险性及螺钉的拔出率均较高, 现已较少使用。

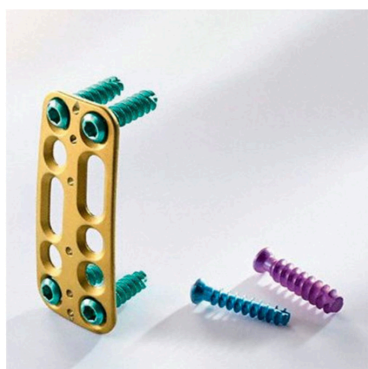


图 1 Caspar 钢板

1.1.2 锁定坚固型钢板

锁定坚固型钢板螺钉无需贯穿椎体后侧骨皮质, 从而减少了脊髓损伤的危险性^[4], 以 CSLP 及 Orion 钢板(图 2 和图 3)为代表, 特点是两端的螺钉与椎体成三角形增加抗拔出力, 和钢板共同形成弓形, 使用自攻螺钉不穿透椎体后缘骨皮质, 自锁装置将螺钉和钢板联为一体可防止螺钉拔出, 大大提高了手术的安全性。

CSLP 及 Orion 钢板为代表的现代颈椎前路板, 基本涵盖了当前主要的设计理念, 提供了颈椎前路板设计的基本设计要求。但该类固定板也遇到了应



图 2 Caspar 钢板

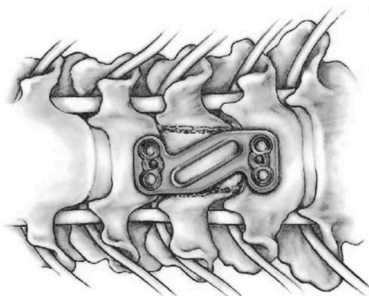


图 3 Orion 钢板

用中的问题, 在随访 7 年使用单节段 ORION 的病人发现, 有大约 12% 的病人发生假关节。随着对于生物力学认识的深入, 已经清楚是由于坚强固定遮挡了融合所必需的应力造成。

1.1.3 变角半限制型钢板

变角半限制型钢板包括以 Codman、Peak、AtlantisStandard 及 Zephir 锁定钢板为代表的单皮质螺钉(可旋转松质骨螺钉)类型, 图 4 为 Zephir 钢板。



图 4 Zephir 颈椎前路钢板固定系统

将螺钉在钉孔内旋转的特点结合到颈椎前路板的设计中, 可以持续提供植骨块轴向应力以提高融合率, 从而有效的降低了在退变手术中使用坚强固定型结构可能产生的假关节风险。半限制型结构降

低了钢板上的应力，也促进更多产品结合低切迹设计特点（如 Zephir）及提供更大置钉角度范围（如 Zevo）的探索。

目前市场上变角半限制型和坚强固定型两种结构并存^[5,6]，分别对应不同的适用病例。对于坚强固定型，临床更加意识到其应力遮挡的问题，因此更多应用于外伤、肿瘤等术后需要坚强维持固定的手术方案；而对于大部分的退变手术更多使用变角半限制型结构。

1.1.4 滑移半限制型钢板

滑移半限制型钢板为以 ABC、DOC、Window 和 Premier 钢板为代表的单皮质螺钉（可滑移松质骨螺钉）类型，图 5 为 ABC 钢板。



图 5 ABC 钢板

随着对坚强固定型可能产生的应力遮挡问题认识的加深，除了使用变角半限制型以外，滑移半限制也可以同样持续提供植骨块轴向应力以提高融合率。早期 ABC、DOC、Window 和 Premier 等系统在板上预留了螺钉滑移的卡槽，伴随植骨块融合过程中保证上位椎体及螺钉保留滑动持续对植骨块加压，但同时产生了可能导致板在滑移过程中侵惹到上位健康间隙的风险，在现有的滑动板（如 Atlantis Translational）设计中，通过在板身内置的铰链结构设计，可以伴随滑动的同时缩短整个板的长度从而降低对邻近节段的激惹^[7]。

1.2 胸腰骶前路钉板内固定系统

胸腰椎前路的内固定主要包括 Trinica 钉板内固定系统和 Z-Plate 钉板内固定系统。腰骶内固定主要包括美国 Medtronic 公司生产的 L5S1 前路钉板内固定系统和法国 SCIENT'X 公司生产的 PACH 腰骶椎前路钉板内固定系统。其中腰骶椎前路钉板内固定系统（PACH）是近年来在脊柱外科针对腰骶椎

应用较多的内固定器械之一^[8]。

2 脊柱前路钉板内固定系统的国外发展历程

脊柱疾病是因椎间盘退变及其继发性改变，刺激或压迫相邻脊髓、神经、血管和食管等组织，并引起症状或体征者。现已得到共识认为对有手术指征者，应进行手术治疗。随着医学的进步，及对脊柱前路解剖的了解，对于脊柱疾病手术治疗，经历了自后路向前路的发展。

2.1 颈椎前路钉板内固定系统

1952 年 Abbott 公司首先提出了颈椎的前入路，1958 年 Robinson 和 Smith^[9] 发展了这一技术，并应用自体骨移植以促进融合率和保持椎间孔高度。自从 Bohler^[10] 于 1964 年首先报告了使用颈椎前路钢板螺钉内固定以来，多项研究证实颈椎前路钢板系统有助于脊柱稳定性的重建以及植骨块的稳定，并明显提高了植骨的融合率^[11]。

临床上最初应用的颈前路钢板是普通的 AO 小型钢板，随后出现了 Caspar 钢板。Caspar 钢板上设计有椭圆形的槽，使用时在选择固定螺的起始位置时有较大的自由度，而不再被钢板的螺钉孔所限制。Morscher 设计了单皮质锁定螺钉钉板内固定系统即 CSLP 内固定系统以减少脊髓损伤的几率，如图 2 所示。Aebi 等^[12] 研究认为 CSLP 内固定系统的锁定螺钉弥补了单皮质螺钉没有固定到椎体后皮质所带来的钢板不稳。Orion 相对 CSLP 系统设计更趋于完善，其钢板冠状面与矢状面有一定弧度以适应椎体的生理曲度，可紧贴椎体，两端椎体固定螺钉分别与椎体平面呈 15° 角，植骨固定螺钉与椎体垂直，位置可调整。

Paramore 等^[13] 研究认为颈椎前路 Caspar 钢板的坚强固定可能会引起植骨块的应力遮挡，不利于植骨区快速愈合。Brodke 等^[14] 也认为静力性钢板（CSLP 和 Orion 钢板）可能会阻止由于植骨块下沉或接触性骨质溶解的间隙闭合。为了解决以上问题，由此临床上出现了变角半限制型和滑移半限制型钢板，即动力性钢板。其中 Codman 钢板的两端固定螺钉在各个方向上的可变角度大，螺钉与钢板间的锁定是通过钢板上钉孔旁的半圆形小螺帽旋转完成的，可根据术中需要进行调整，操作方便。Peak 多

轴向自锁钢板其钢板钉孔间呈束腰状，钉孔内带螺纹垫圈与螺钉尾部螺纹形成自锁装置，螺钉可向头端或尾端变角 25° ，钢板预设螺钉向中线成角 7° 。这两种钢板的共同特点是固定螺钉与钢板之间角度可变，不穿透椎体后皮质。DOC 钢板上的固定螺钉可沿钢板两侧的轨道移动，通常尾端的螺钉固定在轨道上，而头端的螺钉在需要的情况下可沿轨道向尾端移动。

此外，ABC 钢板和 Premier 钢板，兼有滑移半限制型钢板和变角半限制型钢板的特点。ABC 钢板的锁紧机制是在椎体固定螺钉的头端放置 1 枚锁钉来使螺钉准确地与滑槽相对应，使其既能沿钢板的滑槽移动，又不削弱钢板固定后颈椎的稳定性^[15]。Premier 钢板系统的锁定机制是在滑槽之间放置锁固片，通过锁定椎体固定螺钉的边缘以达到锁紧的目的。Atlantis 钢板^[1]其椎体固定螺钉螺孔设计固定螺钉拧入后成固定角度，通过成角的张力带来增加钢板固定的稳定性，如图 6 所示。其独特之处在于其椎体固定螺钉有不同的组合方式以适应临床的应用，当钢板两端的椎体固定螺钉均为固定角度时，钢板为静力性钢板，两端椎体固定螺钉分别与椎体平面呈 12° 角，且有 6° 内聚角；当钢板头端椎体固定螺钉可以旋转而尾端椎体固定螺钉成固定角度时，钢板为杂交型钢板（hybrid atlantis plate），头端椎体固定螺钉在垂直方向可旋转角度为 24° ，内聚角最大可达 17° ，外倾角最大可达 4° ；当钢板两端的椎体固定螺钉均可以旋转一定角度时，钢板为动力性钢板，两端椎体固定螺钉在垂直方向可旋转角度均为 24° （ $22^\circ \sim -2^\circ$ ），内聚角最大可达 17° ，外倾角最大可达 4° ^[16]。



图 6 Atlantis 颈椎前路钢板系统

目前临床应用较广的钢板锁定坚固型钢板，包括 Slim-loc 钢板和 Skyline 钢板，两者都是采用凸轮锁对螺钉进行固定，如图 7、图 8 所示。其中，Slim-loc 钢板可以与椎体平面进行 $0^\circ \sim 7.5^\circ$ 的调节。Skyline 钉板内固定系统可以在垂直方向进行 $\pm 2.5^\circ$ 的调节，其内聚角和外倾角都为 2.5° ，螺钉绕垂直于钢板的轴向进行旋转其边缘可以围成顶角为 20° 的圆锥。此外，还有采用压紧固定的 Zephyr 钉板内固定系统，压板对螺钉的轴向运动起到限制作用，但是螺钉可以绕轴线旋转，为螺钉提供了一定的活动度。



图 7 Slim-loc 颈椎前路钢板



图 8 Skyline 颈椎前路钢板

2.2 胸腰骶前路钉板内固定系统

1964 年 Dwyer 用脊柱前方内固定器械手术治疗脊柱侧弯^[17]，此后腰椎前路内固定器械相继出现，包括 Dunn、Kaneda、Z-plate、Universit 钉板内固定系统等。这些器械固定于腰椎的侧前方，在临床上收到了较好的治疗效果。近 10 年来，又不断有腰椎正前方内固定器械研发的报道，如 Triangular PYRAMID 钉板内固定系统、Unity LX 钉板内固定系统、ATB 钉板内固定系统等。

Dwyer 用于脊柱侧凸的矫正、多点固定，是长节段矫形内固定器，通过钢缆捆绑螺钉，增加 Y 轴上的压缩力来纠正冠状面畸形，对 Z 轴无作用，其对脊柱缩短减少了脊髓的牵拉性损伤。但不能有效矫正旋转畸形，可能加重脊柱后凸畸形。1981 年有报道 Dunn 应用于临床，如图 9 所示，虽因其有形成腹主动脉假性动脉瘤的风险已淘汰，但其设计原

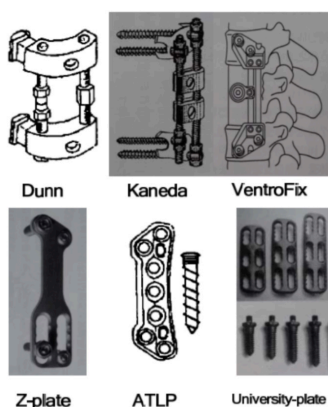


图9 腰椎前路钉板内固定系统

理为以后的器械所引用。

1984年日本北海道大学由Kaneda设计的内固定系统,如图9所示。它固定在椎体的侧方,通过螺棒内螺帽向上下旋转可以撑开椎间隙,恢复椎间高度、矫正后凸畸形,配合椎间植骨可重建脊柱的稳定性。Kaneda等^[19]对150例使用Kaneda内固定系统固定的患者平均随访8年发现融合率达到93%,10例出现假关节,142例神经功能至少有1级的提高。Kaneda装置设计相对复杂,需要不断旋转螺帽完成安装,前路手术部位深,加之膈肌、髂嵴、肋骨等的阻挡,暴露有限、手术操作困难,手术时间及出血量增加^[20],Kaneda器械构件多、结合面多、椎体板与椎体的嵌合作用欠佳,术后易出现复位丢失、侧弯畸形、内固定松动等并发症^[21],Ohnishi等^[22]报道应用Kaneda术后20个月出现迟发性假性动脉瘤1例。

20世纪80年代后期美国德克萨斯州的Scottish Rite医院推出一种新型的脊柱三维矫形器械TSRH内固定系统,即Texas Scottish Rite Hospital Instrumentation (TSRH)^[23]。最初设计是长节段固定器,主要用来矫正脊柱畸形。它可用于脊柱前路矫形、脊柱后路矫形,还可用于脊柱长节段和短节段固定。椎体螺钉眼螺钉锁紧机制与棒连接锁紧,眼螺钉在预紧状态下,既允许棒旋转,又能保持螺钉在棒上的轴向位置不变。1991年Benzel^[24]首次报道应用TSRH内固定系统治疗28例胸腰椎骨折平均9月的随访,效果良好、没有内固定失败。TSRH内固定系统操作技术比Kaneda简单,但其稳定性较差。文献上TSRH内固定系统术后有钩的松动、假关节

形成、椎板骨折等内固定并发症,Richards等^[23]报道103例TSRH手术后3例钩松动,松动率3%。

VentroFix内固定系统由瑞士Mathys公司提供、国际内固定学会推荐的标准化棒内固定系统,如图9所示。连接棒在固定卡中可伸缩移动以调节长度来适应不同的椎体高度。它可以撑开椎间隙以矫正后凸和恢复脊柱矢状序列,同时对椎间植骨可以加压。其设计较简单,组装容易,有利于缩短手术时间,减少出血量。李龙等^[25]治疗19例胸腰椎骨折,无内固定松动、断裂,植骨块术后4~6个月融合,骨折椎体高度恢复90%者13例、80%者6例。该系统不足之处在于螺钉的植入方向受到严格的限制错误,未找到引用源。手术体位不当也会影响进钉角度及深度,导致脊髓、神经根及对侧大血管损伤。

1994年报道了美国威斯康星大学临床医学中心Zdeblick研制的Z-plate钉板内固定系统,如图9所示。Z-plate内固定系统通过2根松质骨带锁螺栓与钢板组合,再通过2个垫圈使钛板、螺栓、椎体牢固连成一体,具有高度节段稳定性,有助于植骨融合^[26]。螺钉钻孔在螺钉导向器的引导下操作,容易控制进钉方向和深度,不易误入椎间盘或椎管内。Z-plate具有低侧面、光滑、结构简便、安置方便、节省时间、并发症少等优点。文献报道其临床使用效果优于Kaneda^[27,28],Ghanayem等^[29]使用Z-plate内固定系统治疗了12例胸腰段爆裂性骨折,术后患者神经功能恢复较好,融合率为95%,未发现器械断裂。但是,随访发现有2例后凸畸形超过50°者复位角度丢失10°和20°。

1997年报道了胸腰椎前路带锁钢板(anterior thoracolumbar locking plate, ATLP)的临床使用,如图9所示,该装置由Thalgott研制,螺钉带有两种螺纹,前部的粗大螺纹用于与椎体的松质骨固定,靠近尾部的细螺纹用于与钢板圆孔上的螺纹进行“锁定”,使螺钉和钢板成为一整体结构。Thalgott等^[30]对25名患者行ATLP固定,共发现3例共5枚螺钉断裂。

University-plate内固定系统由钢板、后方垂直于钢板的螺栓和前方控制旋转的螺钉组成,如图9所示。钢板上的3对空穴可提供较大范围的螺栓和螺钉安放空间。螺栓置于钢板的后排孔,螺钉置

于前排孔。螺栓和螺钉之间有 8° 角, 根据需要可达 15° 。钢板基底后侧的螺栓与螺帽匹配良好, 保证螺帽拧紧时螺栓与钢板之间的对线关系不发生改变。Howard 使用该装置治疗 20 例胸腰椎骨折病人, 随访 18 个月, 均获骨融合, 植骨块无移位, 后凸无进展, 器械无断裂。

由 Medtronic 生产的 L5 ~ S1 前路三角形金字塔钢板 Triangular PYRAMID 钉板内固定系统, 主要用来治疗轻度腰椎滑脱。其特点是在腰 5 椎体植入一颗螺钉, 骶 1 椎体植入两颗螺钉, 该器械可以经腹腔镜下安装。2008 年 Liquois^[31] 报道该器械用于腰椎滑脱及腰 5/ 骶 1 椎间盘退行性疾病手术 40 例, 平均 1.5 年随访, 融合率 95%, 两例病人出现神经根性疼痛再次行后路翻修手术。

法国 SCIENT'X 公司设计制造了 PACH, 已形成产品上市应用于临床, 其形状符合腰骶椎体前方解剖特点、拥有螺钉安全系统, 适用于腰 5/ 骶 1 节段。2006 年引进我国, 因生物力学稳定性无法保证, 国内应用较少。艾建国等^[32] 对 PACH 进行了改进, 其生物力学实验证实其屈曲、后伸、侧屈位移及压缩刚度比同等条件下的 PACH 固定更有力学优势。

刘发平等^[33] 根据国人腰骶椎前方血管解剖结构设计了一套新型 L5 ~ S1 前路钉板内固定系统, 如图 10 所示。文献报道该钉板有一次性锁定装置, 可防止内固定松动; 通过前入路可一次性完成 L5 ~ S1 的椎体间融合内固定术, 主要适用于椎间隙感染等。

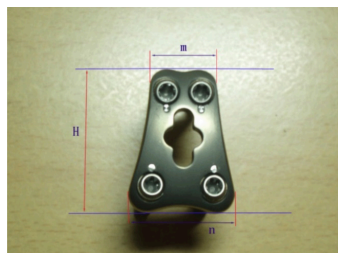


图 10 L5 ~ S1 前路钉板内固定系统

Unity LX 钉板内固定系统由 Blackstone Medical 研制, 如图 11 所示, 其钢板表面有一较大盖板可以同时阻挡四枚螺钉后退。2007 年 Johnson 等^[34] 报道 ALIF+ 固定于腰椎正前方的 Unity LX 钉板内固定系统, ALIF+ 固定于腰椎侧前方的 Unity LX 钢板与



图 11 Unity LX Plate 腰椎前路钉板内固定系统

ALIF+ 椎弓根螺钉三组比较, 结果在屈伸、侧屈、旋转各方向的生物力学稳定性均无明显差异, 腰椎前方固定能提供近似或稍弱于后路经椎弓根固定的生物力学稳定性。目前, 该内固定器械尚无临床应用的报道。

Anterior tension brand 钢板 (ATB plate) 由 Synthes 公司研制, 如图 12 所示, 2005 年 Brian 等^[35] 和 2008 年 Michael 等^[36] 报道 ATB 钢板的生物力学结果, 在屈伸、侧屈活动较后路椎弓根螺钉固定略差, 但在限制脊柱旋转运动方面有优势。2009 年 Freudenberger 等^[37] 报道用于 L3 ~ S1 单节段的前路腰椎融合辅以 ATB 钉板内固定系统固定 30 例与后路腰椎融合固定 29 例对比研究中发现二组的骨融合率相似、临床功能评分相当, 但在缩短手术时间、减少出血量方面前路术式具有优势。



图 12 ATB plate 腰椎前路钉板内固定系统

3 脊柱前路钉板内固定系统的发展趋势

脊柱前路钉板内固定系统在治疗脊柱不稳时有着巨大的作用^[38, 39], 但由于内固定系统设计本身的局限性, 临床工作中可以经常见到即使正确使用这些器械仍然出现不同的手术后并发症。因此, 可考

虑从材料学、钢板螺钉的设计、锁钉的设计及使用等方面进行改进,使之更加适合临床工作的需要,为脊柱不稳的恢复提供合适的环境,从而取得更好的临床效果和有效的减少手术并发症的发生。

理想的前路内固定追求最高的植骨融合率和最低的并发症发生率^[40],需要针对不同症状设计不同特点的产品。临床医生更应该对每种钢板的适用症灵活掌握,为患者选择最佳的钢板固定系统。随着新材料的应用和新工艺的发展,为医疗器械的设计和生提供了更多的选择^[41],可以更好地满足临床的需要;随着生物力学、生物医学工程和循证医学的发展,必定会产生更多优良的钉板内固定器械,促进脊柱外科的飞速发展。

参考文献

- [1] 高靖濠.可吸收钉板应用于颈前路手术的临床研究[D].青岛大学,2018.
- [2] Haid RW, Foley KT, Rodts GE, et al. The cervical spine study group anterior cervical plate nomenclature[J]. Neurosurg Focus, 2002, 12(1): E15.
- [3] 蒋雄健.微创小切口零切迹颈前路椎间融合器治疗单节段脊髓型颈椎病的疗效分析[J].中国实用医药, 2020, 15(14): 86-88.
- [4] 宋坤修, 庞波涛, 徐倩, 等.掌侧万向锁定板治疗桡骨C3型骨折的临床分析[J].外科理论与实践, 2020, 9(3): 6.
- [5] 田生杰, 陆耀刚.颈前路椎间融合术限制型与半限制型钢板内固定治疗颈椎病的比较研究[J].中国骨与关节损伤杂志, 2016, 31(7): 677-680.
- [6] 肖强, 李小丹, 刘静莉, 等.新型3D打印导板辅助颈椎前路双侧椎弓根置钉的安全及可行性[J].中国组织工程研究, 2020, 25(18): 2823-2828.
- [7] 戎宏涛, 张雪琴, 朱涛.3D打印技术在脊柱外科中的应用进展[J].中华神经外科杂志, 2020, 36(1): 88-89-90.
- [8] 刘屹林, 杨浩, 王玉强, 等.颈前路零切迹融合器与传统钉板内固定系统治疗单节段脊髓型颈椎病的临床疗效对比[J].河南外科学杂志, 2019, 25(4): 22-24.
- [9] Smith GW, Robinson RA.The treatment of certain cervical spine disorders by anterior removal of the intervertebral disc and interbody fusion[J]. J Bone Joint Surg Am, 1958, 40 : 607-624.
- [10] Bohler J, Gaudernak T. Anterior plate stabilization for fracture dislocations of the lower cervical spine[J]. J Trauma, 1980, 20 : 203-205.
- [11] 杜增峰, 马晓磊.前路钢板与后路椎弓根螺钉固定治疗颈椎骨折脱位的效果比较[J].医学综述, 2017, 23(10) : 2070-2073.
- [12] Aebi M, Zuber K, Marchesi D. Treatment of cervical spine injuries with anterior plating[J]. Spine, 1991, 16(Suppl 3) : S38-S45.
- [13] Paramore CG, Dickman CA, Sonntag VK. Radiographic and clinical follow-up review of Caspar plates in 49 patients[J]. J Neurosurg, 1996, 84 : 957-961.
- [14] Brodke DS, Gollogly S, Alexander Mohr R, et al. Dynamic cervical plates: biomechanical evaluation of load sharing and stiffness[J]. Spine, 2001, 26 : 1324-1329.
- [15] Apfelbaum RI, Dailey AT, Soleau S, et al. Clinical experience with a new load-sharing anterior cervical plate[J]. Int Congr Ser, 2002, 1247 : 563-579.
- [16] Barnes B, Haid RW, Rods GE, et al. Early results using the Atlantis anterior cervical plate system[J]. Neurosurg Focus, 2002, 12 : E13.
- [17] Dwyer AF, Newton NC, Sherwood AA. An anterior approach to scoliosis: a preliminary report[J]. Clin Orthop, 1969, 62 : 192.
- [18] Dwyer AF, Shafer MF. Anterior approach to scoliosis: results of treatment of fifty-one cases[J]. J Bone Joint Surg, 1974, 56 : 218.
- [19] Kaneda K, Taneichi H, Abumi K. Anterior decompression and stabilization with the Kaneda device for thoracolumbar burst fractures associated with neurological deficits[J]. J Bone Joint Surg(Am), 1997, 79(1) : 69-83.
- [20] 刘忠军, 党耕町, 陈仲强.胸腰椎三种前路内固定技术的应用[J].中国脊柱脊髓杂志, 2000, 10(2) : 77-80.
- [21] Kirkpatrick JS, Wilber RG, Likavec M, et al. Anterior stabilization of thoracolumbar burst fractures using the Kaneda device: a preliminary report[J]. Orthopedics, 1995, 18(7) : 673-679.
- [22] Ohnishi T, Neo M, Matsushita M, et al. Delayed aortic rupture caused by an implanted anterior spinal device: case

- report[J]. *J Neurosurg*, 2001, 95 (2S) : 253–256.
- [23] Richards BS, Herring JA, Johnston CE, et al. Treatment of adolescent idiopathic scoliosis using Texas Scottish Rite Hospital Instrumentation[J]. *Spine*, 1994, 19(14) : 1598–1605.
- [24] Benzel EC, Kesterson L, Marchand EP. Texax Scottish rite hospital rob instrumentation for thoracic and lumbar spine trauma[J]. *J Neurosurg*, 1991, 75(3) : 382–387.
- [25] 李龙, 唐运鹏, 江健, 等. 前路 VestroFix 内固定系统治疗胸腰椎骨折 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2006, 8(2) : 191–192.
- [26] 金大地, 陈建庭, 张浩, 等. 胸腰椎侧前路“Z”形钛钉板内固定系统的初步报告 [J]. *中华骨科杂志*, 1999, 19(4) : 201–204.
- [27] 何慕舜, 张展奎, 叶俊强, 等. 胸腰椎骨折前路 Kaneda 及 Z-plate 内固定的临床研究 [J]. *中国修复重建外科杂志*, 2002, 16(4) : 265–267.
- [28] 李忠泽, 杨惠光, 张云庆, 等. 胸腰椎骨折合并截瘫侧前路 Kaneda 及 Z-plate 内固定的临床研究 [J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2009, 24(1) : 64–66.
- [29] Ghanayem AJ, Zdeblick TA. Anterior instrumentation in the management of thoracolumbar burst fractures[J]. *Clin Orthop*, 1997, 335 : 89–100.
- [30] Thalgot JS, Kabins MB, Timlin M, et al. Four years experience with the AO anterior thoracolumbar locking plate[J]. *Spinal Cord*, 1997, 35(5) : 286–291.
- [31] Liquois F, Tournier C, Xu BS, et al. Anterior retroperitoneal L5–S1 arthrodesis and fixation with cage and plate. Prospective study in 40 cases with a follow-up of one to 2.2 year (mean 1.5 year) [J]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*, 2008, 94 : 273–281.
- [32] 艾建国, 初同伟, 周跃, 等. 改进型腰骶椎前路钢板的研制及生物力学测试 [J]. *第三军医报*, 2010, 32(8) : 826–829.
- [33] 刘发平, 吴雪晖, 罗飞, 等. 腰骶部腹侧血管解剖参数的测定及 L5–S1 前路钢板研制 [J]. *第三军医大学学报*, 2008, 30(7) : 637–640.
- [34] Johnson WM, Nichols TA, Jethwani D, et al. In vitro biomechanical comparison of an anterior and anterolateral lumbar plate with posterior fixation following single-level anterior lumbar interbody fusion[J]. *J Neurosurg Spine*, 2007, 7 : 332–335.
- [35] Beaubien BP, Derincek A, Lew WD, et al. In vitro, biomechanical comparison of an anterior lumbar interbody fusion with an anteriorly placed, low profile lumbar plate and posteriorly placed pedicle screws or translaminar screws[J]. *Spine*, 2005, 30(16) : 1846–1851.
- [36] Michael N, Tzermianios MD, Anis M, et al. Enhancing the Stability of Anterior Lumbar Interbody Fusion: A Biomechanical Comparison of Anterior Plate Versus Posterior Transpedicular Instrumentation[J]. *Spine*, 2008, 33 : E38–E43.
- [37] Freudenberger C, Lindley EM, Beard DW, et al. Posterior versus anterior lumbar interbody fusion with anterior tension band plating: retrospective analysis[J]. *Orthopedics*, 2009 Jul, 32(7) : 492.
- [38] 赵志明. 脊柱前路与后路内固定融合术治疗胸腰段骨折的效果比较 [J]. *中国民康医学*, 2020, 32(7) : 48–49, 52.
- [39] 牛鸣纲. 后路与前路手术内固定融合术对脊柱骨折患者术后疼痛及伤椎影像学参数的影响 [J]. *中国疗养医学*, 2019, 28(5) : 544–546.
- [40] 王大凤, 王朝南, 杨杰. 微创前路钢板内固定治疗骨盆骨折 32 例 [J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2020, 28(8) : 67–69.
- [41] 孙嘉怿. 增材制造金属骨科植入器械不溶残留物评价研究 [J]. *现代仪器与医疗*, 2020, 26(2) : 1–4.

欢迎订阅 2020 年《现代仪器与医疗》杂志

邮发代号 : 82-699