

# 实用 脊柱外科 内固定

主编 董荣华 王文宝 赵合元

天津科学技术出版社

Practical  
internal fixation  
of spinal  
surgery



# 实用脊柱外科内固定

主    编:董荣华  王文宝  赵合元  
副主编:孔令华  叶伟胜  柴继宇



天津科学技术出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

实用脊柱外科内固定/董荣华等主编. —天津:天津科学技术出版社, 2005

ISBN 7-5308-3992-6

I. 实... II. 董... III. 脊柱—骨折固定—固定术 IV. R681.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 069336 号

---

责任编辑:袁向远

版式设计:雒桂芬

责任印制:兰 毅

---

天津科学技术出版社出版

出版人:胡振泰

天津市西康路 35 号 邮编 300051

电话(022)23332393(发行部) 23332390(市场部) 27217980(邮购部)

网址:www.tjkjbs.com.cn

新华书店经销

天津新华二印刷有限公司印刷

---

开本 889×1194 1/16 印张 15.25 字数 411 000

2006 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

定价:76.00 元

顾  
编

问:周 静  
者:董荣华 王文宝 赵合元 孔令华 叶伟胜 柴继宇  
邓树才 吉 宁 张晓林 孙志明 贾占华 马 毅  
郝永宏 刘 欣 邱 勇

# 序

脊柱外科是骨科领域中发展最快的学科之一,特别是内固定技术及器械的进步更为突出。在临床上随着新方法和新技术的开展,面对某种疾病及具体病例需要选择何种手术及采用何种器械常难以做出决断,当出现问题和争议时,迫切需要引导解决问题的办法。对每一位脊柱外科医师来说,都需要不断深入学习,总结经验,相互交流,以提高疗效水平。

由董荣华、王文宝及赵合元主任医师主编的《实用脊柱外科内固定》正是适应这种客观形势下出版的。本书首先在脊柱内固定的基本原理、脊柱生物力学和脊柱融合术的生物学基础上,介绍各部位常用脊柱内固定器械的组成、原理及使用方法,包括脊柱各部位固定和融合技术以及常见疾病的治疗策略;同时阐明不同术式的优缺点,便于临床医师结合病人实际情况进行分析,严格掌握适应证、禁忌证,明确手术目的,选择相应术式及内固定器材。全书的编排从麻醉、体位开始,直到手术技术,详细描述手术入路,突出操作细节和操作要点,包括术中复位、畸形矫正及植骨融合方法;也指出术中注意事项,可能出现的各种并发症和处理措施等;本书还附有失误的实际病例,对某些有争议的焦点进行客观评价,以供读者借鉴。对术前准备、术后康复锻炼和处理也给予充分的注意,务使手术在安全平稳状态下进行,取得满意疗效。本书的特点是理论密切结合实际,通过各种影像学、核医学和诱发电位有关检查材料,指导临床医师选择手术,深入浅出,注意实际操作;另外,也介绍当前一些脊柱内固定引人注目的新发展及新概念,如对骨质疏松性病人内固定采用不同加强方法;胸腔镜、腹腔镜微创技术的应用,以及诸如椎体成形术和后凸成形术等,使其更符合实际发展需要,有很强的实用性和一定的创新性。

本书作者均为多年从事脊柱外科的临床医师,对于所涉及手术都有丰富临床经验和较深刻的理解。本书是在近年来累积两千余病例的基础上的经验总结,以手术技巧为主线,所附大量影像图片均为实际资料,形式新颖,内容丰富,力图简单明了,突出实用。书中详细介绍操作每一步骤,尽量配有示意图及术中操作图片,加以注解,并附有典型病例,真实生动,使读者能更直观生动地把握疾病特征及手术技巧。全书共分为4篇13章,插图照片700余幅,写作严谨,条理分明,文笔流畅,图文并茂,不仅适合脊柱外科专业医师,也可供一般基层骨科医师应用。相信此书的出版在推动脊柱外科进一步发展,提高手术治疗质量方面将会作出卓越贡献。愿推荐此书作为骨科医师常用专业参考书,预祝本书出版取得成功。

郭世佺

2005年元月

# 前 言

内固定技术的发展带动了整个骨科的发展,而其在脊柱外科中的应用是最耀眼的。我国目前脊柱内固定器械及技术已经基本能够与国际接轨,但是还存在着发展不平衡、器械应用不规范以及对器械的原理及手术适应证缺乏深入了解等问题。

本书作者均为从事多年脊柱外科的临床医师,对于所涉及手术都有较深刻的理解。本书形式新颖,内容丰富,图片为主,力图简单明了,突出实用。

全书共分为四篇。第一篇为脊柱内固定基本原理。简单介绍了脊柱外科的发展过程、脊柱的生物力学、脊柱融合术的生物学以及脊柱骨折的分类。第二篇为常用脊柱内固定器械及方法。着重介绍了上颈椎、下颈椎及胸腰椎固定器械。各章节以器械为主线,介绍各种手术方法。简要介绍器材的构成、原理,明确各种手术的适应证、禁忌证,指导临床医师选择手术。手术技巧为主要部分。详细说明术前准备、麻醉、体位等。介绍操作方法时,详细介绍操作步骤,每一步都有示意图,并注明解释。尽量加入术中操作真实图片,更加直观生动。详细介绍了术后护理及康复措施。每种方法都附有典型病例,使读者更直观生动的把握手术技巧及疾病特征。特别是对于某些发生率较高的并发症,本书还附有失误的病例,以供读者借鉴。其中优点及缺点的简要评价,给读者更明确的指导。第三篇为常见疾患治疗策略,着重介绍了脊柱侧凸矫形、腰椎滑脱固定及退变性脊柱侧凸固定等技术。第四篇脊柱内固定新概念为本书又一特色,在编排其内容时,结构与其他章节不同。其中邱勇教授编写的脊柱侧凸微创技术为本书增色不少。十三章介绍的颈椎前路椎弓根钉技术,目前还在试验研究阶段,还没有应用于临床,但给我们提供了全新的观念,可以断言随着其设计的完善和临床应用将会给脊柱内固定带来革命性的改变。

我们期待着通过本书可以使读者不但了解脊柱固定的历史,掌握常用的固定技巧,更能使读者了解固定的设计原理及新型器械的设计理念,完成从使用者到创造者的飞跃。

本书共计 13 章,34 节,图片约 700 幅。

董荣华 王文宝 赵合元

2005 年元月

# 目 录

\*\*\*\*\*

## 第一篇 脊柱内固定基本原理

|                          |        |
|--------------------------|--------|
| 第一章 脊柱外科发展史 .....        | ( 3 )  |
| 第二章 脊柱的生物力学 .....        | ( 5 )  |
| 第一节 颈椎生物力学 .....         | ( 5 )  |
| 第二节 腰椎生物力学 .....         | ( 6 )  |
| 第三节 脊柱内固定的生物力学 .....     | ( 6 )  |
| 第三章 脊柱融合术的生物学 .....      | ( 10 ) |
| 第一节 影响融合的相关因素 .....      | ( 10 ) |
| 第二节 脊柱内固定中的移植骨及代替物 ..... | ( 11 ) |
| 第四章 脊柱骨折的分类 .....        | ( 13 ) |

## 第二篇 常用脊柱内固定器械及方法

|                              |         |
|------------------------------|---------|
| 第五章 上颈椎固定技术 .....            | ( 39 )  |
| 第一节 后路钢丝寰枢椎固定融合术 .....       | ( 39 )  |
| 第二节 后路 Apofix 寰枢椎固定融合术 ..... | ( 41 )  |
| 第三节 后路经关节突螺钉寰枢椎固定融合术 .....   | ( 48 )  |
| 第四节 前路齿状突螺钉固定技术 .....        | ( 51 )  |
| 第六章 下颈椎固定技术 .....            | ( 58 )  |
| 第一节 后路侧块螺钉固定技术 .....         | ( 58 )  |
| 第二节 后路颈椎椎弓根固定 .....          | ( 66 )  |
| 第三节 前路钢板固定技术 .....           | ( 70 )  |
| 第四节 前路自锁钢板固定技术 .....         | ( 76 )  |
| 第五节 前路 Solis Cage 技术 .....   | ( 92 )  |
| 第七章 胸腰椎固定技术 .....            | ( 102 ) |
| 第一节 后路椎弓根钉棒固定系统 .....        | ( 102 ) |
| 第二节 前路钉板钛网系统 .....           | ( 119 ) |
| 第三节 前路钉棒系统 .....             | ( 133 ) |
| 第四节 椎间融合器技术 .....            | ( 139 ) |

### 第三篇 常见疾患治疗策略

|                       |       |
|-----------------------|-------|
| 第八章 脊柱侧凸矫形技术 .....    | (147) |
| 第九章 腰椎滑脱固定技术 .....    | (155) |
| 第十章 退变性脊柱侧凸固定技术 ..... | (165) |

### 第四篇 脊柱内固定新概念

|                                                        |       |
|--------------------------------------------------------|-------|
| 第十一章 脊柱骨质疏松固定原则 .....                                  | (173) |
| 第十二章 微创技术的应用 .....                                     | (181) |
| 第一节 $T_5 \sim T_{10}$ 前方入路胸椎微创手术 .....                 | (181) |
| 第二节 胸腰椎连接部( $T_{11} \sim L_2$ )病变经胸腹膜后入路——改良显微手术 ..... | (184) |
| 第三节 $L_5 \sim S_1$ 前路显微椎间融合术 .....                     | (185) |
| 第四节 胸腔镜在脊柱外科的应用 .....                                  | (189) |
| 第五节 胸腔镜辅助下胸腰段骨折的前入路 .....                              | (192) |
| 第六节 腹腔镜技术经腹腔对腰椎疾患的治疗 .....                             | (195) |
| 第七节 脊柱侧凸微创技术 .....                                     | (199) |
| 第八节 经皮椎体成形术 .....                                      | (218) |
| 第九节 经皮椎体后凸成形术(PKP 技术) .....                            | (224) |
| 第十三章 颈椎前路自引导椎弓根内固定系统 .....                             | (229) |



# 第 一 篇

## 脊柱内固定基本原理



# 第一章 脊柱外科发展史

\*\*\*\*\*

脊柱外科经历了漫长的发展历程,相关的文献浩如烟海。在此只能简单概述脊柱外科的形成和发展。最早的骨科文献是埃及 Inhopted 写于 4 000 ~ 5 000 年前的纸草书。这些草书在 Thebes 的一个墓穴中发现。在 1862 年由 Edwin Smith 所购得。1930 年由 J. H. Breasted 翻译,其中包括对脊髓横断造成的瘫痪,脊髓上段损伤造成的四肢瘫和下段损伤造成的截瘫的鉴别,以及对脊柱脱位,半脱位和扭伤的鉴别。罗马皇帝 Marcus Aurelius 有一名医生 Galen(130 ~ 200)认为,大脑可在一定程度上控制身体远端的感觉和运动功能。他也同意 Inhopted 的观点,即颈髓与其远端病变引起的神经肌肉障碍形式不同。Galen 还观察了脊柱侧弯、后凸和前凸畸形,就矫正方法做了尝试。

希腊 Aegina 的医生 Paul(625 ~ 690)被认为是第一个行椎板切除术的人。当时患者脊柱骨折,且后柱结构压迫了脊髓。此后直至 1828 年才由 Alban Smith 完成了第二例椎板切除术。18 世纪晚期,被称为现代矫形外科之父的 Nicholas Andry 发表了第一篇专业文章: *L'orthopedie*。他的著作中涉及了肌肉牵拉作用、不良姿势和脊柱畸形等内容。他的绘画作品,一根绑在弯曲树干上的木棒,现在以多种形式出现在各个骨科组织的标志中。1769 年伦敦的医生 Percival Pott(1717 ~ 1788)对脊柱结核及其相关畸形作出了经典的描述,这种病此后被称为 Pott 病。此后随着社会及科学技术的发展进步,促进了脊柱外科的发展。

在 Mixter 和 Barr 之前曾切除过髓核症者都认为这是肿瘤、软骨瘤或内生软骨瘤。他们都没有将其与椎间盘或坐骨神经痛联系起来。1932 年底 Joseph Barr 和 Philip Wilson 医生为第一例术前诊断为椎间盘破裂的病人做了手术。此事件预示了“椎间盘时代”的到来。此后经许多人的努力使椎间盘治疗方法,手术技术及器械得到发展。Lyman Smith 曾做过髓核的化学溶解。1973 年 1 月,

费城的 Parvis Kambin 医生经 L<sub>4,5</sub> 间隙旁插入 Craig 套管行椎间盘膨出的减压。逐渐发展到间盘镜。1980 年 10 月起,分级医院人体实验委员会通过了经皮外侧椎间盘切除术的原则和技术。随着国际上脊柱外科的发展。20 世纪 50 年代我国脊柱外科不断发展,在骨科脱位、颈腰椎间盘突出、结核病灶清除等方面开展了许多工作。1970 年代后期北京、上海、天津等地相继建立脊柱外科在脊柱侧弯脊椎肿瘤切除重建等方面取得令人瞩目的成就。近 20 年来,脊柱外科中突出的发展是器械的矫形和内固定。

## 一、脊柱后路内固定

1888 年德克萨斯 B F Wilkins 教授第一个进行了椎管内固定。为 T<sub>12</sub> ~ L<sub>1</sub> 脱位新生儿,用炭化银线将钢丝缠绕 T<sub>12</sub> 和 L<sub>1</sub> 椎弓根上。1891 年 Texas Galveston 的 Berthold Hadra 用钢丝缠绕在相邻棘突上治疗了一例颈椎骨折。此后有较多的报道。1911 年纽约医生 Fred Albee 报道了用薄胫骨置于棘突基底部以获得生物学固定。此后发展应用自体髂骨植骨融合生物学固定。1940 年,旧金山的 Don King 医生用螺钉固定关节突关节面达到脊柱固定的效果。1959 年 Vancouver 的 H H Boucher 使螺钉向内侧由椎弓根打入从横突底部穿出,这是有关椎弓根钉内固定最早的报道。Harrington 的研究表明:横突和棘突固定受力强度为椎板的 1/10,因此在植骨融合前依靠棘突上的钢板和螺钉暂时支持和受力是不可能的。Harrington 用棒和钩做后路脊柱矫形和暂时固定,因此被称为真正的先驱。20 世纪 70 年代,Edward Luque 发明了一套椎板下棒 - 钢丝系统。适用于脊柱后路支撑,尤其是屈伸和旋转过程。20 世纪 60 年代法国人 Roy-Camille 和 20 世纪 70 年代的 Rene Louis 发展了钢板和棒。20 世纪 70 年代末瑞士的 Fritz Magerl 发明了经椎弓根 Scan 钉。瑞士 W. Dyck 将

Schanz 钉改进。Costrel 和 Dubousset, Cleveland 的 Arthur Steffee, Baltimore 的 Charles Edwards 和 Dallas 的 John Anthony Herring 都对椎弓根螺钉系统做出贡献。

## 二、脊柱前路固定

脊柱前路固定融合比后路落后了近 20 年。1933 年, B. H. Burns 为脊柱滑脱患者经腹 L<sub>5</sub> 和骶骨部位骨融合良好。香港地区 Hodgson 将前路融合术先后扩展了结核和椎间盘的病变中。第一例钢板辅助前路融合术是由 Humphries 完成的。最近, Kaneda yuan, Armstrong 和 Kostuik 又进行了一些改进。最新的进展是 H. An, H. Duna, T. Zde-

blick, P. Meyer 和 R. McGuire 的研究和 M2 钢板的应用。脊柱侧凸前路固定棒已由 Dwyer 的可弯曲钢缆和 Zielke 可弯曲棒发展到今天更为坚强而固定的三维矫形器械。

## 三、椎体间融合

椎间融合术最早由 Burns 报道。切除椎间盘终板, 自体髂骨或异体股骨管与自体松质骨联合植入的方法。最近, 金属融合器有更高的稳定性。如何提高不同类型融合器的融合率有待进一步研究。

(王文宝 董荣华)

## 第二章 脊柱的生物力学

\*\*\*\*\*

### 第一节 颈椎生物力学

颈椎可坚强支持颅骨,保持神经与血管结构和提供肌肉连接的部位,还能广泛活动,配合身体对环境的要求,具有抗震因素以减轻颅脑损伤,提供神经血管进出通道,使复杂的功能运用自如。

#### 一、颈椎的结构

**(一)骨** 颈椎含有7节椎骨,寰椎与枕骨相连,无椎体,呈环状,中央为椭圆椎孔,两侧为关节突,关节突内有横韧带相连,横韧带前方与枢椎的齿突相连,枢椎的左右关节突与环椎相连,使之在纵轴上能明显旋转。 $C_3$ 到 $C_7$ 都有椎体,两个椎弓,两个椎板和一个棘突,每个椎弓、椎板间各有关节突与横水平面呈 $45^\circ$ ,可引导运动,支持上下关节突而上联枢椎关节突, $C_{1-6}$ 每侧横突有一横突孔,为椎动脉穿过处。 $C_7$ 横突为三角形,横突孔狭小,其中有静脉经过。

$C_{3-7}$ 椎体侧方有隆起的骨,构成钩状突,下面有突出的前唇,与下一椎体上面的斜坡相重叠构成钩椎关节(Luscka关节)。椎孔前后径比脊髓直径大 $2/3$ ,可容纳神经血管结构不受挤压。

**(二)韧带** 后纵韧带上连颅骨基底,下连椎体腹侧骨膜。后纵韧带在椎管内,椎体背侧,上达环椎以上成为盖膜,中间与间盘紧连,黄韧带连于相邻两个椎板之间,起自下位椎板上背侧,止于上位椎板下内侧,自骶骨开始,止于 $C_2$ 和 $C_3$ 椎板。其他后方韧带还有关节韧带、棘间韧带、横突韧带、棘上韧带,在颈椎的棘间韧带与棘上韧带融合称为皮下的项韧带。十字韧带是稳定 $C_1 \sim C_2$ 关节的重要因素。与横韧带一起可防止齿状突向后移位。在椎管内和后纵韧带腹侧有横韧带。

### 二、颈椎运动学

**(一)颈枕关节** 有 $10^\circ \sim 25^\circ$ 屈伸和 $8^\circ$ 侧屈, $C_1 \sim C_2$ 节段有 $47^\circ$ 轴向旋转,占颈椎轴向旋转的50%, $C_2$ 以下的每节椎间关节可有屈、伸、侧弯和旋转。 $C_2$ 以下的颈椎旋转约 $90^\circ$ ,侧弯 $45^\circ$ ,屈 $40^\circ$ ,伸 $24^\circ$ ,整个颈椎联合运动屈伸约 $145^\circ$ ,旋转约 $180^\circ$ ,侧弯约 $90^\circ$ 。可抬头望天,低头见地。

**(二)匹配活动** 关节突的引导可形成匹配活动,如屈伸与横水平位移匹配,侧弯与旋转匹配,旋转与轴向垂直位移匹配。

**(三)关节面活动** 应用瞬时中心法测试分析切线运动(滑动)发生于关节突关节屈伸与侧弯活动,不能用此分析旋转活动。椎间盘变性后,在屈伸时,关节突关节不是滑移,而是拉开或挤压。

**(四)颈椎的稳定性** 后侧韧带提供颈椎前屈的主要稳定力,前侧韧带提供颈椎后伸的主要稳定力。关节突在运动节段力学上起重要作用,关节突切除将导致成角变位的减少,水平位的变位加剧。

### 三、颈椎动力学

平卧位负荷最小,松弛位站立和坐位时,颈椎负荷中度增加,力矩只有 $1.2 \text{ N}\cdot\text{m}$ 。极度前屈与后伸时负荷才显著增加,极度前屈时力矩可达 $3.7 \sim 6.5 \text{ N}\cdot\text{m}$ 。极度后伸时力矩 $1.1 \sim 2.1 \text{ N}\cdot\text{m}$ 。特别是下颈椎的运动节段。屈曲位牵引时可使运动节段分开,扩大椎间孔,有治疗作用。过度负荷容易产生应力和应变,例如浅池内跳水,撞车时的惯性使头于前屈位过度摆动,引起后侧韧带破损,伤轻时只有后侧韧带损伤,伤重时可引起上椎体的下关节突跨越下位椎体的上关节突引起脱位。过屈损伤也可引起椎体楔形变,严重时引起粉碎性骨折。

(王文宝 孔令华)

## 第二节 腰椎生物力学

### 一、运动节段

腰椎“椎体-椎间盘-椎体”构成一个运动节段,为脊椎的功能性单位。椎间盘除作为运动性制约因素外,它也是运动节段的流体静力性功能结构。它吸收能量,分散负荷。日常生活中,前屈、后伸和侧弯时椎间盘内产生张应力和压应力。旋转时产生剪应力。不负荷时压力约为  $10 \text{ N/m}^2$ , 负荷时均匀分散于整个椎间盘内,椎间盘退变后,这些功能亦将减退。

当压缩负荷加于椎间盘时,主要在髓核受压,每单位面积外负荷量的压力为正常负荷量的 1.5 倍。外周纤维环受张应力,纤维环后方的张应力为每一单位面积轴向施加压应力的 4~5 倍。关节突的主要功能是引导运动节段的活动。关节突的定向决定脊椎在任何水平面可能发生的活动类型,总起来讲,颈椎关节突接近水平面,因而更有利于旋转,胸椎者接近于背腹面而有利于侧弯、旋转。腰椎者接近内外侧,有利于屈伸和侧弯,无旋转。关节突也承受挤压负荷,特别是后伸时,更为显著,约为总负荷量的 30%,前屈加旋转时负荷量也很大。椎弓和椎间关节在抗剪力上起重要作用。

### 二、运动学

两椎体间活动度很小,总是几个运动节段联合行动。随年龄增长而减小,腰椎运动节段的瞬时中心正常在椎间盘内。但椎间盘退变时,可处于椎间盘以外,从而引起异常的面活动。躯干运动也包括骨盆活动,开始的  $50^\circ \sim 60^\circ$  前屈发生于腰椎,之后的前屈主要是骨盆前倾。运动时躯干肌肉也起到重要作用,提供脊柱的外稳定力,韧带及间盘提供内稳定力,直立状态需要肌力维持。

### 三、动力学

**(一) 脊椎的负荷** 主要是体重,肌肉活动,韧带上的预应力和外加负荷。平常采用联合面力的简单隔离技术来计算,椎间盘内压力测定可直接

了解椎间盘承受的负荷量,但是方法太复杂,不适用于一般应力。常测量躯干肌肉的肌电图和有关的活动,算出肌肉的收缩力值,所获得的值和椎间盘压密切相关,因此用此法估计脊椎上的负荷。

**(二) 站立时躯干的重力线** 如果身体节段对线良好,重力线往往在第 4 腰椎体中心的腹侧,运动中心处于前屈力矩范围内,必须由韧带力和骶脊肌来抗衡。重力线移动时改变脊椎力矩的方向和大小,必须增加肌力来拮抗。骨盆的向前向后倾斜均影响肌力活动,影响脊椎上的静力性负荷。

**(三) 站、坐、卧时腰椎负荷的对比** 卧位负荷最小,松弛位站立时仍可保持低的负荷,无靠背放松端坐时载荷比直立时为大,坐位躯干前屈时更大。腰椎间盘负荷,在松弛直立位,按盘压力计算,70 kg 人的第 3 腰椎间盘负荷为 70 kg,在测量水平以上的负荷几乎是该节段以上体重的 1 倍,约为总体重的 60%,约为 40 kg。躯干前屈时,增加脊柱上的前屈力矩而增加负荷,脊柱前倾使椎间盘在曲线凹侧膨出,凸侧回缩,加上扭转负荷更增加了间盘的应力。从以上说明身体位置影响腰椎的负荷,任何偏离松弛直立位,如前屈、扭转,将在腰椎产生较强的应力,无支持的坐位产生比直立更大的应力,比轴向挤压产生的负荷大。

**(四) 外力负荷** 如举重或拎提物体,可使腰椎承受很高的负荷,虽然腹内压有助于支持脊椎并减轻这些负荷,但仍使腰椎承受了不小的负担,为了使脊椎在负重时减少负荷,躯干与物体的距离越短越好。当椎体承受的挤压负荷超过疲劳点时,终板或椎体在间盘损伤之前就会发生骨折。行走速度对  $L_3\sim L_4$  运动节段的挤压负荷为体重的 0.2~0.5 倍(Cappozzo A, 1984),足尖离地负荷最大,步速越快,负荷越高,肌活动主要是躯干伸肌,前屈越大,肌力越大,挤压负荷也增加。

(王文宝 孔令华)

## 第三节 脊柱内固定的生物力学

脊柱内固定已经有 90 多年的历史。脊柱内固定的发展经历了许多困难,如感染,移植骨的骨折,内固定和融合的失败等。近几十年来,随着对

脊柱力学特性的进一步了解,以及冶金业和放射学的进展,使这一领域有了长足的进步。新型合金和设计原理的改进降低了金属的断裂。现在可以用钢丝、钩和螺钉固定脊柱的不同解剖部位(棘突,椎板,关节突,椎体和椎弓根)。对脊柱内固定的基本原理的理解已成为选择恰当系统的重要依据。

脊柱内固定的目的是在损伤节段形成牢固地生物学融合前,分担其负荷并维持其解剖对线。每种内固定系统都有其优缺点,医生必须根据临床具体情况和特定需要来选择。

### 一、脊柱内固定器械的生物力学评价

可通过三种不同的生物力学试验来评价脊柱内固定器的生物力学特性。强度和疲劳试验本质上是破坏性的,常用于评价内固定器本身或固定后结构的整体强度。非破坏性试验用于评估在生理负荷下内固定系统的稳定性。

**(一)强度试验** 用材料试验机施加负荷,直到试验对象不能耐受为止。从强度试验中可得到断裂负荷,断裂吸收能和钢度。该实验还可评价某种特定内固定器的整体强度。在这些研究中,先损伤脊柱的韧带部分模拟临床疾病状态,然后再固定。在固定部分上加以各种负荷,比如屈伸,侧弯或轴向旋转负荷,直到金属断裂为止。将所施加的负荷和断裂时的位移程度与从完整脊柱所得到的数据进行比较。然而,它并不反映固定部位及其临近节段各自的负荷-位移行为。

**(二)疲劳实验** 以一定负荷率(频率)对标本施加不同强度的周期性负荷,直到标本断裂。所需周期数表示系统在该负荷强度下的疲劳寿命。(例如:椎弓根螺钉系统)经典的疲劳骨折几乎都发生在椎弓钢板-螺钉交界处。

内固定器必须在达到牢固骨性融合前保持良好的功能且无断裂。疲劳实验也无法显示在不同负荷模式下损伤及固定部位的生物力学特性。而这一点在促进愈合方面比维持矫形更值得注意。

**(三)稳定实验** 脊柱内固定的基本目的是固定受压或损伤的脊柱直到其牢固愈合,因此有必要在非破坏性的生理负荷下检查脊柱内固定物的稳定性。这种稳定性可用钢度(负荷/位移)或软度(移位/负荷)表示。稳定性实验可采用两种不

同方案,即钢度和柔度实验。

**1.钢度实验** 将脊柱内固定的一端固定于实验台上,另一端置于材料实验机的连杆器上。在非破坏性范围内对夹好的标本施加轴向压力负荷。将连杆器标本轴向移位,产生负荷,并改变负荷线的位置以造成不同的负荷模式。

**2.柔度实验** 将标本下端固定于实验台上,而其上端仍保持自由。然后,非限制性对标本上端施以单一力矩,使标本产生多方向位移。

在上述两种方法中,均应测量每一椎体的位置,可用三维运动分析系统,角度计或位移测量传感器。

### 二、脊柱内固定的生物力学评价

目前尚无脊柱内固定系统稳定性实验的标准方案,Panjabi 建议用柔度实验。因为此时负荷是加在自由椎体上的,从而可产生自然的脊柱各方向运动。这种多向运动强调了体内脊柱生理三维运动学和动力学的重要性。

#### (一)胸腰椎前路和后路固定的生物力学评价

一组实验是在 15 个小牛脊柱节段中,切除全部椎间盘和 L<sub>5</sub>-S<sub>1</sub>椎间盘终板,以破坏其稳定性,然后 University 前路钢板系统(UNIV),Kandea 前路棒加横连系统(KAN)和后路经椎弓根 ISOLA 加横连系统(ISOLA; Acromed, Inc, Cleveland, OH)固定标本。再按照上述方案进行实验。结合本实验研究与文献报道的胸腰椎内固定系统的其他研究的一般规律:①在轴向加压,屈伸和侧弯运动时,前路内固定系统均能在完整脊柱以上产生稳定性;②椎弓根螺钉系统的钢度较钩-棒系统更高;③前路和后路节段性内固定的稳定效果相似;④绝大多数受试系统可在完整水平以上恢复轴向旋转稳定性。

**(二)颈椎前路固定的生物力学评价** 一项实验研究为:取 10 份新鲜尸体颈椎标本(C<sub>2</sub>~T<sub>1</sub>)5 例标本用于单节段三柱损伤(屈曲脱位)内固定(I 组),另 5 例用于中柱前方损伤(如爆裂骨折)的稳定性(II 组)。I 组标本中切断后部韧带结构及后纵韧带及椎间盘后半部,从而产生 C<sub>4-5</sub>节段屈曲-分离损伤,模拟三柱损伤。II 组中,切除 C<sub>5</sub>椎体模拟中柱前方损伤。而后以下列四种

不同方法固定:①以枢椎钢板行后路侧块螺钉固定(Danek Inc, Memphis, TN);②PMMA 块前路融合加后路固定;③PMMA 块加后路和前路钢板固定(Orion 钢板, Danek Inc, Memphis TN) ④PMMA 块加单纯前路固定。而后分别测量相对于完整颈椎运动变化的平均( $\pm$ 标准差)的分数。结合本实验及文献报道结果为:①前路螺钉-钢板内固定系统的生物力学性质比后路侧块螺钉-钢板内固定系统差;②三柱损伤模型中,单纯前路钢板不能产生充分的稳定性。在三柱损伤模型中,前后路联合固定优于单纯前路/后路固定。但是,绝大多数稳定性差异并无统计学显著性;而且在临床上,单纯前路钢板加后路矫形器常能取得良好的效果。

**(三)椎弓根钉——横连内固定系统的生物力学特性** 用横连连接纵棒以广泛应用于椎弓根内固定术以加强稳定性。有许多种实验研究测试椎弓根钉加纵棒再加横连,对脊柱内固定稳定性的影响。并定量研究了横连的稳定效果评估获得最佳稳定性的影响。且定量研究了横连的稳定效果评估获得最佳稳定性的理想位置。其结果提示横连可增加轴向施转的稳定性,但对其他负荷模式则不起作用。现已发展出一种针对外科结构的三维有限元素模型,来检测以不同方法在不同部位使用横连的稳定效果。

其试验研究所示:用1~2根横连并不能在轴向压力和伸屈负荷下进一步增加稳定性。但是一根横连在侧弯和轴向施转中分别可增加0~13%和0~78%的稳定性。当横连位于纵棒的近端1/4处时稳定性最强。2根横连在侧弯和轴向施转中的稳定作用(分别为3.4%~14.6%和14.6%~30%)与其位置有关。最佳的位置应为纵棒的中点和近端1/8处。

### 三、脊柱内固定的强度

除稳定性问题以外,移植物失败所造成的固定物滑脱也是脊柱内固定的一个常见并发症,可引起假关节形成,矫形失败或继发周围重要组织和器官的损伤。移植物失败有两种方式:①零件断裂;②骨-移植物界面或内固定器结构内界面如螺钉-棒交界处的松动。应该注意的是,如果不融合,所有金属植物最终均会失败,因此细致的

融合技术对减少金属疲劳度非常必要。多种因素可造成骨-移植物界面的失败。例如:钢丝固定的技术,螺钉的设计,打入技术,骨的质量均可影响骨-螺钉界面的强度。骨界面强度的定量研究对确定局部结构的强度非常关键。螺钉的抗拔强度与螺钉的主径成正比。一般说来,抗拔强度与副径螺距或齿面的功能无关。随着螺钉打入深度的增加,螺钉抵抗垂直负荷的固定强度亦有所增加。螺钉与自体纵轴的成角对固定强度无明显影响。而前内侧成角却与固定强度有关。BMD与椎弓根钉抗拔强度存在正线性关系。Soshi 建议在中度骨质疏松患者中用骨水泥增加固定强度,但严重骨质疏松者即使用骨水泥效果也差。术前应检查 BMD 以获得良好的脊柱内固定效果。目前未确定提示螺钉-骨界面固定早期断裂的 BMD 阈值。

### 四、腰椎内固定节段对临近节段的作用

腰椎融合部位上方的交界性退变是临床治疗脊柱退变性疾病并发症之一,这一病理现象力学机制尚不完全清楚。它是由多因素所造成的。以往实验研究证实,节段制动可造成邻近节段运动和负荷的增加。这种负荷集中被认为可造成邻近节段的退行性变。交界段出现生物力学性质的改变或断裂现象的原因是多方面的。除用坚强内固定物融合外,其他因素也能造成断裂。这些因素包括邻近节段的健康状况和术后腰骶椎的对线。坚强的内固定可能加速本已发生退行性变的椎间盘的病变过程,需要强调的是术后维持正常腰椎前凸的重要性。术后腰椎的对线不良可使活动节段承受非生理性负荷,从而加速邻近节段的破坏。脊柱融合或内固定后交界区的退变可能是多因素的,对交界区断裂的病理力学的彻底认识有待进一步研究。

随着我们对脊柱动力学本质的了解,近年来出现了更为坚强和复杂的脊柱内固定方法。螺钉棒或螺钉-钢板固定系统使现代内固定器能更有效地抓牢脊柱,能更广泛地分布受力。内固定器能矫正多平面畸形,在融合之前可有效可靠地维持矫形。彻底了解脊柱解剖、病理和运动是选择恰当治疗方案的关键因素。选择某种内固定系统决定于损伤性质,脊柱哪些承重部位受到破坏及



破坏范围。受损脊柱的残余稳定性越小,对融合结构负荷均分的要求就越高。内固定系统并非单独发挥作用,而必须依靠生物力学系统分担负荷,这是基本要点。例如,若有一充分的前路负荷均分结构来减少植入物所受的弯曲负荷和运动,则

后路固定系统的寿命将延长。否则,即使有坚强的后路固定,术后仍可能需要制动来增加结构的机械稳定性。

(赵合元 王文宝)