

国际骨科名著系列

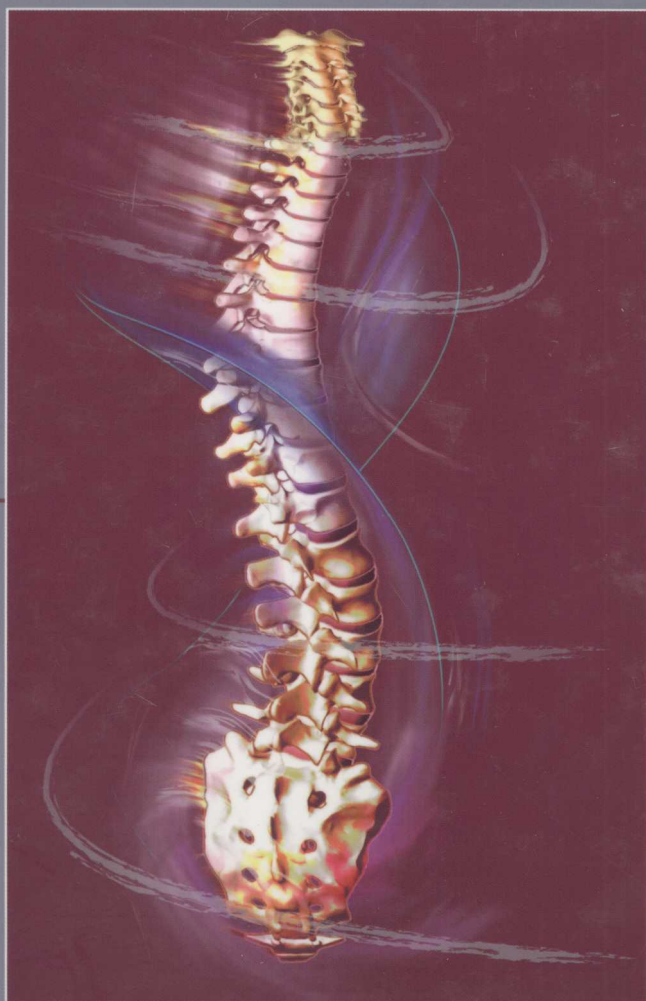


脊柱功能重建外科学

——高级理论和技巧

Motion Preservation Surgery of the Spine

Advanced Techniques and Theory



原著者 James J. Yue
主 译 邹德威 杨惠林
金大地 王 岩



人民军医出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

• 国际骨科名著系列 •

脊柱功能重建外科学

——高级理论和技巧

Motion Preservation Surgery of the Spine

——Advanced Techniques and Theory

原 著 者 James J. Yue

主 译 邹德威 杨惠林 金大地 王 岩

主 审 邱贵兴 唐天驷 张光铂

学术顾问 Hansen A. Yuan 党耕町 胡有谷 侯树勋

副 主 译 李 明 罗卓荆 许建中 周 跃

吴闻文 李 放 于泽生 彭宝淦

 人民军医出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

北 京

· 图书在版编目(CIP) 数据

脊柱功能重建外科学:高级理论和技巧/(美)詹姆斯(James, J. Y.)著;邹德威等译. —北京:人民军医出版社, 2008.1

(国际骨科名著系列)

书名原文:Motion Preservation Surgery of the Spine—Advanced Techniques and Theory

ISBN 978-7-5097-1278-6

I. 脊... II. ①詹...②邹... III. 脊椎病—外科学 IV. R681.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 163403 号

Motion Preservation Surgery of the Spine: Advanced Techniques and Theory, 1st edition

James J. Yue

ISBN-13:978-1-4160-3994-5

ISBN-10:1-4160-3994-5

Copyright©2008 by Elsevier. All rights reserved.

Authorized Simplified Chinese translation from English language edition published by the Proprietor.

ISBN-13:978-981-272-060-3

ISBN-10:981-272-060-X

Copyright©2008 by Elsevier (Singapore) Pte Ltd. All rights reserved.

Elsevier (Singapore) Pte Ltd.

3 Killiney Road, #08-01 Winsland House I, Singapore 239519

Tel:(65) 6349-0200, Fax:(65) 6733-1817

First Published 2008

2008年初版

Printed in China by People's Military Medical Press under special arrangement with Elsevier (Singapore) Pte Ltd.

This edition is authorized for sale in China only, excluding Hong Kong SAR and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书简体中文版由人民军医出版社与 Elsevier (Singapore) Pte Ltd. 在中国大陆境内合作出版。本版仅限在中国境内(不包括香港特别行政区及台湾)出版及标价销售。未经许可之出口,视为违反著作权法,将受法律之制裁。

著作权合同登记号:图字:军-2007-057号

策划编辑:黄建松 王媛媛 文字编辑:黄维佳 任海霞 刘新锐 责任审读:张之生

出版人:齐学进

出版发行:人民军医出版社

经销:新华书店

通信地址:北京市100036信箱188分箱

邮编:100036

质量反馈电话:(010) 51927270; (010)51927283

邮购电话:(010) 51927252

策划编辑电话:(010) 51927243

网址:www.pmmp.com.cn

印刷:北京印刷一厂

装订:恒兴印装有限公司

开本:889mm × 1194mm 1/16

印张:48.5

字数:1465千字

版、印次:2008年1月第1版第1次印刷

印数:0001~3500

定价:398.00元

版权所有 侵权必究

购买本社图书,凡有缺、倒、脱页者,本社负责调换

电话:(010)66882585、51927252

译校者名单

(以姓氏笔画为序)

于旻峰	于 斌	于泽生	马华松	王 征
王 威	王根林	王晓平	王骏骅	毛克亚
毛海青	文天林	史金辉	白克文	包肇华
匡正达	朱若夫	朱晓宇	朱雪松	任大江
任东风	刘 凌	刘志伟	许建中	李 明
李 放	李 智	李其一	李荣群	李朝顶
李端明	杨 炎	杨 波	杨同其	杨惠林
吴 叶	吴贵忠	吴闻文	吴继功	邱贵兴
余可谊	邹 俊	宋 志	宋海峰	张 勇
张 强	张 巍	张西峰	张志成	张志刚
张志明	张泽华	张洪涛	张雪松	张瑞娟
张新宇	陆 宁	陆 俭	陈 亮	陈 超
陈国奋	陈秉辉	陈晓庆	陈晓明	邵水霖
邵燕翔	罗卓荆	季 承	季一鸣	金大地
周 军	周 峰	周 跃	周劲松	周建伟
周雪峰	庞晓东	郑国权	孟 斌	赵 磊
赵志彩	赵昌松	施卫东	姜为民	贺喜顺
柴 伟	耿德春	钱 军	钱忠来	徐 明
徐 格	徐耀增	高 鹏	郭炯炯	黄 鹏
黄立新	梅 昕	龚 凯	姬 勇	彭 军
彭 城	彭宝淦	蒋 晖	蒋定华	蒋臻欢
程晓非	鲁凯伍	鲍 磊	蔡 斌	蔡 鑫
管华清	谭 荣	谭相齐	戴思雨	

内容提要

本书是由世界脊柱功能重建学会 (SAS) 组织国际权威专家集体编写的前沿性学术著作, 共分97章。作者首先从以往临床工作中应用保留和重建脊柱节段运动功能技术的经验教训入手, 以引人入胜的独特写作方法, 系统地介绍了保留和重建脊柱节段运动功能技术的发展、脊柱关节装置的分类, 保留和重建颈椎及腰椎运动功能手术的脊柱解剖、生物力学机制、材料特性和磨损分析等高级理论, 然后对保留和重建脊柱节段运动功能手术的术前评估、颈椎和腰椎手术的适应证和禁忌证、颈椎和腰椎疾病的发生机制及诊断方法等进行了深入探讨, 客观地评价了应用保留和重建脊柱节段运动功能技术的社会经济效应, 同时还结合临床病例详细地介绍了一系列保留和重建脊柱节段运动功能最前沿的手术技术, 重点阐述了各项保留和重建脊柱节段运动功能技术的手术入路、术前准备、手术操作、注意事项、并发症防治和手术翻修等内容, 总结了近几年国际上在这一领域的临床研究成果和经验, 展望了保留和重建脊柱节段运动功能技术的良好发展前景。本书内容科学严谨, 资料丰富翔实, 适合中、高年资的骨科医师及相关研究人员, 尤其是脊柱外科医师参考阅读。

序 —

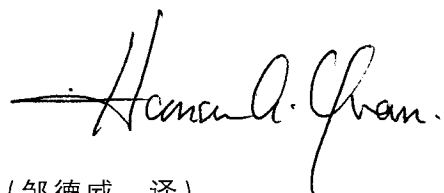
对人体起支撑作用的脊柱由24个运动单元组成，每一单元包括3个关节，且每一单元的运动度不具有相似性，其6个自由度的活动范围也不同，每一个解剖区域都具有独特的运动范围及特性。因此，对于研究者和外科医师来说，如何保留脊柱的运动功能是具有极大挑战性的课题。

通过多年的研究、测试及临床试验，人们对脊柱运动功能有了更为深入的了解。随着科学技术的进步，各种复杂的手术技术也崭露头角，与此同时生物材料也已具备了对组织相容性、安全性及最终有效性都至关重要的特质。为了使生物材料更加接近生理运动单元，我们对其进行了全面的测试，详细监测了耐疲劳和抗磨损的特性，并且同步进行了标准化的动物实验研究。这些研究对于组织相容性和特定情况下的有效性分析是十分必要的。但是，没有任何一种动物与人类是完全相同的，所以只能先开展小规模临床试验，待确定其安全性后，再进一步扩展到大规模的有效性随机对照试验。现在的问题在于，依照现行排除标准选择的不一定是最佳的实验对象，但是为了获得最好的I级医学证据和科研成果，研究者们会更加不懈地努力，以期选择出最佳的实验组别。

创伤最小而收益最大的技术正在逐步发展，尽管生物学领域已具备丰富的理论依据，但可证明其行之有效的证据却少之又少。在早期合理诊断后，是否存在比组织工程更好的再生运动保留技术是我们应该考虑的问题。本书编者们将有关运动保留技术各个方面最前沿的完整资料都汇入这本书中，其中还包括了许多杰出外科医师的研究成果。由于该领域的发展十分迅速，所以在本书第1版完成的同时，编者们已开始了第2版的构想。

感谢各位学者及编辑人员为此书付出的辛勤劳动，谨祝此书圆满出版！

国际脊柱功能重建学会(SAS)
美国纽约上州医科大学



(邹德威 译)

序 二

回顾脊柱外科在过去10余年的发展及技术进步,对脊柱创伤、退变、不稳、畸形的修复重建的重心已从结构重建逐步转变为生理运动功能的重建。

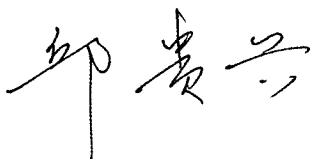
自1911年Hibbs和Albee首次提出脊柱融合术以来,脊柱融合术已成为脊柱外科医师治疗脊柱疾病不可或缺的方法。随着对脊柱生理功能研究的不断深入和对大量脊柱融合病例的长期随访,人们逐渐认识脊柱融合后脊柱的正常功能还是会受到影 响,而且人们对脊柱融合术的质疑也越来越多,如融合节段运动功能丧失,应力传导发生改变,相邻节段可能会出现 的退变或加速原有退变,甚至引起邻近节段退变病(ASD)。“保留和重建脊柱节段运动功能”的治疗概念就是在这种大环境下提出来的,其技术更是日新月异。国际脊柱功能重建学会(Spine Arthroplasty Society, SAS)正是为了达成这一目标而成立的学术组织,现在已成为脊柱外科最为活跃的学会之一。

目前,保留和重建脊柱节段运动功能的技术主要为针对脊柱前柱功能重建的髓核置换术、全椎间盘置换术,以及针对脊柱后柱功能重建的后方动力性稳定技术。此外,在脊柱畸形的手术矫形方面,越来越关注保留脊柱运动功能,如何保留和重建脊柱节段功能将是脊柱畸形矫形的研究方向。

本书根据不同的脊柱疾患分章,介绍了目前保留和重建脊柱节段运动功能的最新技术、最新材料及大量病例,包括选择保留和重建脊柱节段运动功能的技术的适应证、禁忌证、手术入路、术中注意事项、术前术后处理及并发症的防治,总结了近些年国际上在这一领域的临床研究成果和经验,给我们展望了其良好的前景。本书在编译风格上强调“科学性、创新性、先进性、全面性、系统性”,在内容上强调临床实用性,是一本能够让骨科各级医师,尤其是脊柱外科医师及时了解目前国际脊柱外科发展动向和学习最新技术的重要著作。

最后,我谨向世界脊柱功能重建学会(SAS)主席、SAS杂志总编、美国纽约上州医科大学Hansen A Yuan教授和百忙之中参加此书编译的专家、学者,以及为本书出版付出辛勤劳动的同志们表示衷心感谢,希望该书的及时出版能为我国脊柱外科事业的迅速发展起到巨大的推动作用。

中华医学会骨科分会
北京协和医院骨科



目 录

- 第1章 脊柱运动功能保留技术的基础 / 1
- 第2章 运动功能保留技术的发展史 / 11
- 第3章 脊柱关节置换装置的分类 / 22
- 第4章 保留和重建颈、腰椎运动功能手术的脊柱解剖 / 40
- 第5章 保留和重建脊柱节段运动功能的生物力学机制 / 49
- 第6章 材料特性和磨损分析 / 56
- 第7章 脊柱动态稳定术的临床前评估 / 71
- 第8章 保留和重建腰椎运动功能手术的适应证与禁忌证 / 83
- 第9章 保留和重建颈椎运动功能手术的适应证与禁忌证 / 88
- 第10章 保留椎间运动治疗的椎间运动量分析和椎间融合术 / 94
- 第11章 有创诊断方法 / 108
- 第12章 腰椎与颈椎相邻节段的退变和疾病 / 122
- 第13章 随机临床试验的统计学结论辨析 / 129
- 第14章 保留和重建腰椎运动功能技术的社会经济效应 / 135
- 第15章 腰椎前路技术 / 141
- 第16章 腰椎前侧入路并发症的治疗 / 147
- 第17章 腰椎侧前方手术入路 / 155
- 第18章 腰椎后路的微创手术入路 / 160
- 第19章 内镜下腰椎后外侧（经椎间孔）入路 / 167
- 第20章 颈椎前方和后方手术入路 / 177
- 第21章 颈椎间盘成形术的基本适应证及植入空间准备 / 182
- 第22章 Bryan®人工椎间盘 / 189
- 第23章 Prestige®人工颈椎间盘 / 195
- 第24章 多孔运动人工颈椎间盘置换术（PCM 颈椎关节成形术） / 198
- 第25章 ProDisc-C®颈椎人工全椎间盘置换 / 211
- 第26章 NeoDisc™弹性颈椎全椎间盘置换 / 219
- 第27章 MOBI-C® / 230
- 第28章 Cervicore®颈椎间盘置换 / 237
- 第29章 SECURE®-C 人工颈椎间盘 / 246
- 第30章 CerPass™颈椎全椎间盘置换 / 254
- 第31章 Kineflex|C™人工颈椎间盘 / 259
- 第32章 DISCOVER™人工颈椎间盘 / 269
- 第33章 M6 人工颈椎间盘 / 275
- 第34章 颈椎前路翻修并发症：手术入路相关注意事项 / 280

- 第 35 章 颈椎间盘置换翻修术 / 289
- 第 36 章 颈椎关节成形术后的持续疼痛 / 299
- 第 37 章 腰椎间盘置换的椎间隙准备 / 305
- 第 38 章 CHARITÉ™ 人工椎间盘置换 / 311
- 第 39 章 ProDisc®-L 人工全椎间盘置换 / 319
- 第 40 章 Mobidisc® 人工椎间盘假体 / 326
- 第 41 章 FlexiCore® 椎间盘 / 330
- 第 42 章 Kineflex™ / 338
- 第 43 章 Activ-L™ 人工椎间盘 / 346
- 第 44 章 Maverick™ 全椎间盘置换 / 353
- 第 45 章 Theken eDisc™: 第二代人工腰椎间盘 / 364
- 第 46 章 外侧全腰椎间盘置换 / 370
- 第 47 章 腰椎前路手术翻修 / 376
- 第 48 章 全翻修策略: 腰椎 / 381
- 第 49 章 腰椎人工全椎间盘置换术后并发症的翻修策略 / 388
- 第 50 章 腰椎全椎间盘置换后持续性疼痛 / 395
- 第 51 章 DASCOR® / 401
- 第 52 章 PDN® 和 HydraFlex™ 人工髓核置换系统 / 413
- 第 53 章 NeuDisc™ 人工腰椎髓核置换 / 418
- 第 54 章 NuCore™ 注射性髓核: 一种原位固化的髓核置换 / 424
- 第 55 章 Aquarelle 水凝胶髓核 / 430
- 第 56 章 BioDisc™ 髓核置换 / 440
- 第 57 章 TranS1® 经皮髓核置换 (PNR™) / 445
- 第 58 章 NUBAC™ 椎间盘内关节成形术 / 452
- 第 59 章 Satellite™: 球形部分椎间盘置换 / 464
- 第 60 章 Dynesys® 动态稳定系统 / 475
- 第 61 章 动力稳定系统 / 482
- 第 62 章 Stabilimax NZ™ 后路腰椎动态稳定系统 / 487
- 第 63 章 Scient'x IsoBar TTL 动态棒稳定系统 / 493
- 第 64 章 Cosmic®: 退变腰椎的动态稳定系统 / 501
- 第 65 章 IST (innovative spinal technologies) 动态稳定装置 / 511
- 第 66 章 NFlex™ / 517
- 第 67 章 PERCUDYN™ 系统 / 523
- 第 68 章 DIAM™ 脊柱稳定系统 / 529
- 第 69 章 Wallis 动态稳定系统 / 534
- 第 70 章 稳定腰椎的棘突间植入装置: Coflex™ 系统 / 545
- 第 71 章 腰椎管狭窄 X STOP® 棘突间撑开减压术 / 553
- 第 72 章 TOPS™: 后路小关节置换和运动节段动态稳定系统 / 561
- 第 73 章 全关节突关节成形术 / 573
- 第 74 章 解剖学小关节置换系统 (AFRS™) / 586
- 第 75 章 The Zyre™ 脊柱小关节置换装置 / 590
- 第 76 章 FENIX™ 脊柱小关节表面重建假体 / 595

- 第77章 颈椎间盘置换与颈椎椎板成形术的联合应用 / 603
- 第78章 混合性非融合技术 / 613
- 第79章 采用动力椎弓根螺钉稳定技术的椎间盘髓核置换 / 619
- 第80章 腰椎融合与全椎间盘置换的联合手术 / 625
- 第81章 应用 Inclose™ 外科网状修补系统的椎间盘纤维环修复重建术 / 629
- 第82章 Barricaid 内部治疗装置 / 635
- 第83章 人类椎间盘退变动物模型 / 644
- 第84章 生长因子在椎间盘退变中的作用 / 652
- 第85章 细胞疗法治疗椎间盘退变 / 664
- 第86章 椎间盘修复和再生的基因治疗 / 674
- 第87章 自体椎间盘软骨细胞移植: 早期临床结果 / 682
- 第88章 用于手术方法评估的个性化肌电图辅助的有限元生物力学模型 / 686
- 第89章 脊柱畸形与运动保留技术 / 694
- 第90章 在脊柱侧弯畸形的邻近节段实施腰椎间盘置换是否可行 / 704
- 第91章 Orthobion™: 儿童脊柱侧弯的非融合治疗方法 / 709
- 第92章 老年及骨质疏松患者行脊柱关节成形术的注意事项 / 720
- 第93章 多节段人工腰椎间盘置换 / 724
- 第94章 后路腰椎关节成形术 / 731
- 第95章 颈椎椎间关节成形术治疗脊髓型颈椎病 / 739
- 第96章 颈椎关节成形术在邻近融合节段、多节段病变中的应用和联合应用 / 746
- 第97章 非融合技术的展望 / 755

* 参与本书讨论请登录 www.306spine.com

第1章

脊柱运动功能保留技术的基础

Alvin H. McKenzie

翻译 任大江, 李 放

“需要决定结构” — Sir Harry Platt

“功能决定结构” — John Hunter

“生命在于运动” — Thomas Carlyle^[37]

要 点

- * 脊柱的灵活性和稳定性是人类脊柱结构的两个共存特征，是在人类生存及进化过程中为达到某种需求、功能及运动目的而逐步形成的。因此，一个仅仅具有“稳定性”而没有“灵活性”的脊柱将难以实现正常的脊柱功能。
- * 脊柱是由多个脊椎通过椎间关节连接而成的，椎体内结构为骨小梁，如同三维立体相互交错的网格结构，并通过环绕四周的支索及吊索得以加强。构成椎体间关节的椎间盘不仅提供了脊椎间的稳定活动，同时还具有吸收外力对脊柱冲击的作用。
- * 吸收外力对脊柱冲击作用的主要结构是椎体，并非椎间盘。椎体通过其内部骨小梁的弯曲、压缩以及回弹这一系列的过程来完成缓冲作用。椎间盘中的髓核是椎体间的运动中心，它的功能类似于减震器中的球形活塞，可以使脊柱在负重条件下依然保持稳定；而纤维环为脊柱在非负重条件下提供了稳定性。
- * 在脊柱其他结构保持完整的前提下，理想的运动功能保留装置应具有以下特点：与椎体骨小梁的生理特性相适应，大小、形态、抗压缩性以及稳定性与髓核类似，具有形变后自身再塑形功能；具有自身润滑作用并且坚固耐用。
- * 以往的经验教训告诉我们，目前已建立的关于脊柱结构和功能的理念并非永远正确，当人类的需求发生了改变或出现新的治疗理念、方法及革新性手段时，新的理念就会取而代之。

一、引言

脊柱是人体直立的基石或支柱，但又像是大力神之踵。它独特的结构和功能（灵活性、稳固性和动力平衡）使得人类成为地球上进化最完善的物种。就像帆船的桅杆，既可以挺拔而支撑风帆，又可以通过调整铰链的绳索控制风帆与风共舞，使船只在惊涛骇浪中游刃有余。脊柱的这种直立、精巧的构成（形状、结构、平衡、关节以及相互连接）及特性（强度、压缩回弹性以及连贯性）都是由物种在自然界生存的各种需求决定的，犹如物竞天择、适者生存，使人类最终成为物种之首而统治世界。

健康的脊柱，其节段性的结构及附着其上的肌肉、韧带组织类似于帆船的桅杆和风帆，动静结合，可以为船只提供动力，并具有灵活性、持久性。同样，脊柱的这种结构也可以为人类提供灵活性和稳定性，而且通常是无痛的。当结构和绳索被破坏时，仍然可以通过拉紧桅杆和风帆，小心地航行，直到桅杆座被修复或融合（往往被错误地认为可以带来“稳定性”）。Mixer 和 Barr^[1]认为，病变切除或椎间盘切

除并不是我们的惟一选择,人类应该对自己的脊柱负责。当外伤、疾病或椎间盘切除导致脊柱节段出现异常活动度时,往往会造成关节突关节的破坏,从而出现同节段的不稳和下一节段或上一节段的病变。当由于同样的原因导致脊柱一个节段运动功能丧失时,短时间内,病变节段的僵直可以限制病变的发展,但会引起邻近节段的退变并出现不稳,在自身修复中最终会变为僵硬结构,从而丧失运动。以往的经验告诉我们,如果缺乏稳定性和灵活性两个要素,脊柱无法完成所有的功能,更不能维持健康活力。在20世纪末的时候,这种两要素的观点被人们忽视甚至被压制。

“是应默默地忍受坎坷命运的无情打击(以往的脊柱治疗方法),还是挺身反抗去结束它们,这两种行为中哪一种更符合人类生命的内在规律,这是必须认真考虑的问题^[2]。”答案也许就在那些以往我们懒得去看一眼,甚至曾经驳斥过的经验教训中。

二、脊柱

脊柱也许就是上帝为人类创造的最为复杂的器官了。首先,让我们来回顾一下它的结构、功能和需要。就像双龙骨底座和单底座活动桅杆一样,脊柱固定在骨盆和骶骨之上,脊柱的尺寸类似于船的杉木桅杆(高度=横梁 $\times 12 \div 5$,直径=2.5cm,每一个91.4cm高,其临界负荷根据桅杆的直径不同而变化,因此直径增大一倍后,其负重能力增强8倍)^[3],同时其临界负荷根据 Euler 公式,与其桅杆高度的平方成反比,因此通过弯曲桅杆或其他的方法可以使最大临界负荷增强4倍。研究表明,通过弯曲脊柱可以使其临界负荷从2N/mm到4N/mm或从约300 psi到600 psi。为了负担来自头颅的重量和脊柱的骨性结构、紧张的肌肉以及支持韧带所带来的影响,脊柱通过三个生理弯曲来降低桅杆的高度,同时通过弯曲来积蓄运动的能量,维持平衡和增强持久性。颈椎具有灵活性和稳定性,对机体的重要信号起到承上启下的作用。它为机体提供了动力和循环,同时神经分布其中,使得上肢可以协调运动,但主要还是为了完成一些精细的运动。胸椎也具有传导神经信号的功能,并通过周围交叉的肋骨和附着于肋骨上的肌肉产生的胸腔内压来增强稳定性^[4]。胸廓为上肢提供了固定的平台和力臂,其下方的腰椎通过自身的结构及分布到胸廓、下肢、腹壁及骶骨、骨盆的肌肉支持来保持直立。通过腹压的加强,躯干具有灵活性及稳定性,同时为机体过滤、转运、能量转换提供空间。

在各种直线运动、加速运动或需要灵活性及力量的特技表演中,双足、下肢可以与脊柱始终保持一致。健康的脊柱维持了躯体的稳定及平衡,因此它具有如下特性:可伸展性、可收缩性、弹性、旋转、倾斜、柔韧性、冲力、可恢复性、偏移以及可叠加性。脊柱的节段是由坚固且同时具有一定柔韧度的椎间盘和椎体构成的,这些可压缩并膨胀的椎体内部是强大的、可以根据外部环境改变而进行塑形的骨小梁结构,这些骨小梁可以通过弯曲来分散脊柱纵轴或边缘多个方向的外力作用,并为造血细胞提供保护。如果没有脊柱这一奇妙的结构,当人类需要进行高效持久的对抗活动,以及在工作、娱乐时需要协调肢体运动或需要躯干提供足够的能量和灵活性的时候,人类的双足以及躯干就不再是酋长手中的权杖了,充其量只能说是头足类的动物。因此,当脊柱发生了病变,我们需要做的不仅仅是减慢或阻止病变的发展,更重要的是要恢复它的正常功能。

三、椎体

椎体主要由骨松质组成,椎体的前方及周边由薄层的骨皮质组成。椎体的后方骨皮质增厚对椎弓根以及脊柱后方结构进行支持;在椎体上方及下方的边缘,椎板也相应增厚,纤维环的纤维组织起自这里。容纳髓核的筛状软骨终板位于椎体髓核陷窝的中后部^[5],它由脊索起源的软骨构成,缺乏直接的血供,在其下方也没有连续的骨板。然而,很多Y形或倒Y形的、垂直的、直向的、分支的以及不规则的骨小梁从软骨终板的一侧进入,在它的另一侧来自髓核的纤维组织和椎间盘的内板突入软骨终板(图1-1)。这些骨小梁形成了初级和次级压力骨小梁,这些细长的、复合的以及中等长度的柱状体具有屈伸的弹性,类似新型汽车的叉形臂。它们与断面像横支杆一样的张力骨小梁会合,防止出现垂直方向的弯曲并增强临

界负荷。在髓核陷窝的旁中央及后方有大量发育良好的初级压力骨小梁，在陷窝的中央，骨小梁的数量明显减少且变得薄弱^[7]。通过这种轴向的伸展，增强了惯性力矩和临界负荷^[8](图1-2)。骨性椎板的次级压力骨小梁斜行走行到达邻近的椎体壁。在椎板附近，大量初级张力骨小梁呈水平走行到达终板平面，轻度弯曲同时呈直角到达初级压力骨小梁。次级张力骨小梁一直延伸至椎弓根。Young 模量（符合椎体临界负荷的弹性模量）与木头、镁或铝进行了比较^[4]。因为骨小梁的弯曲可以累积能量，同时正常的椎体可被压缩为高度的1/10而不发生骨小梁的骨折，因此脊椎具有相当好的屈伸弹性^[9](图1-3)。椎体在局部应力下的强度因骨小梁的密度不同而不同(Wolff's 法则^[10])，同时椎体也可以通过类似哥特建筑中的飞扶壁结构，如椎弓根、椎板，表面覆盖以黄韧带使后方的附件得以加强；通过类似升降索套筒的结构，可以起到保护其中的脊髓、神经节以及神经根的作用。关节突关节允许脊柱在一定的方向上进行有限的活动，同时为每一节段提供了两个稳定点。棘突和横突就像桅杆顶部的横支杆，肌肉和韧带组织附着其上，使脊柱具有了三维空间的运动功能，并有维持脊柱的形态、增强其稳定性的作用。

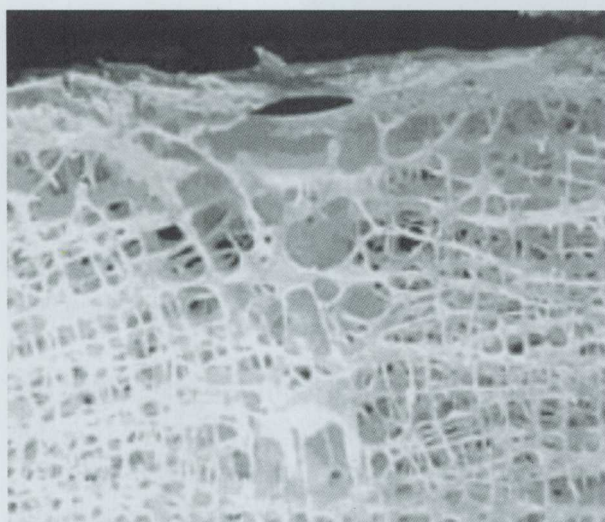


图1-1 在筛状软骨终板和周围椎板接合处，上位椎体骨小梁的分型样式

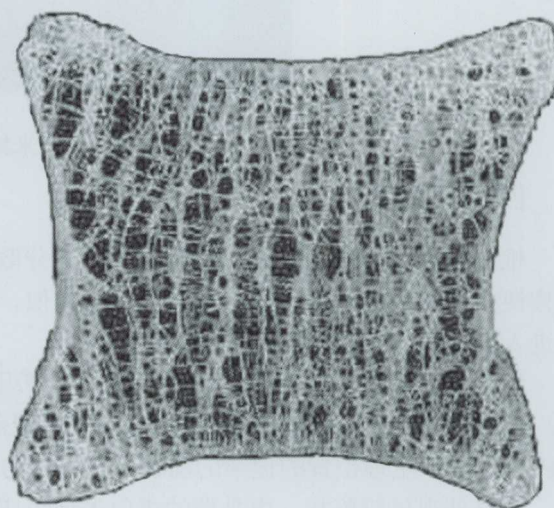


图1-2 初级（中心）压力骨小梁在筛状的软骨终板中弯曲，次级（周围）压力骨小梁向椎体壁延伸，两者都被水平方向弯曲的初级张力骨小梁所加强

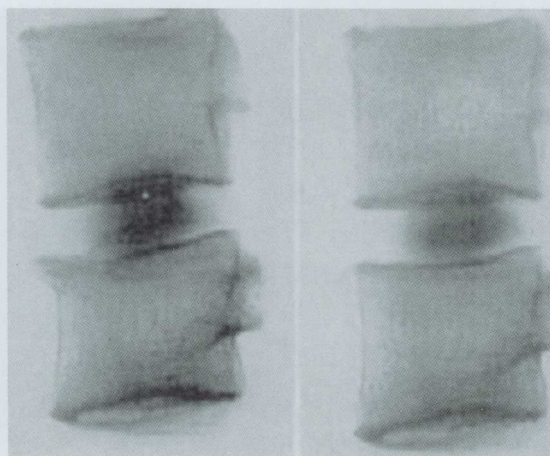


图1-3 椎间盘造影显示椎体被压缩与回弹

受到椎体内筛状骨小梁结构可为椎体提供强度、可压缩性及弹性等特性的启发，米其林公司生产出了一种新型的真空金属轮胎，命名为：*Tweel*^[11]（图1-4）。



图1-4 米其林新型真空金属轮胎

四、椎间盘

椎间盘被牢固的固定在相邻椎体之间，分散来自椎体的压力，通过与双侧软骨终板结合的纤维环和髓核使椎体间具有一定的活动度。与椎体类似，椎间盘的血供来自前方和侧方的脊椎动脉丛，其血液回流进入椎管内静脉丛—奇静脉^[12]。

纤维环由薄层的纤维软骨通过斜行的纤维组织固定于邻近的椎体，延续的骨小梁通过它的中部及外周。它的四周被前纵韧带、后纵韧带以及骨膜覆盖。纤维环连续的多层纤维组织呈斜行相互交叉，在纤维环内部，位于生理位置的健康的髓核具有一定的弹性张力，因此纤维环保持着一种紧张而稳定的状态^[5]。

髓核外观呈胶胨状，由黏稠的蛋白多糖组成，疏松的纤维束嵌入其中，这些纤维束排列成紧密的网状结构，其中的波形束含有丰富的类似于网织红细胞的梭形细胞和含有空泡的核深染软骨细胞^[5]。髓核具有吸收水分的特性，它可以通过吸收水分来改变内部的张力。健康髓核的新陈代谢是通过筛状的软骨终板进行的，它通过髓核和邻近椎体间的压力差和渗透压来进行代谢产物和水分的交换。被纤维环重重包裹的健康完整髓核类似一个标准的高尔夫球橡胶内核（被一层一层的弹性带压缩而成的圆形橡胶囊），感觉就像一个质地坚硬的球体^[14]。Robert Roaf 和其他学者们^[9, 15]描述，当一个非临界负荷作用于一个具有完整纤维环和正常髓核及软骨终板的健康脊椎上时，椎板将发生向内的弹性形变，而此时髓核仍保持原来的球形（图1-5）。髓核向邻近的椎体中凹陷时，随着椎间盘高度的下降（仅仅在此时）和纤维环的膨出，由髓核和凹陷的椎体间的摩擦力就可以稳定节段。当外力撤除时，具有弹性的椎体将髓核还原回原位，此时纤维环的纤维变得紧张，纤维环恢复原状，并保持节段的稳定。当外力负荷超过临界值的时候，椎体将发生骨折，髓核依旧可以维持完整性，但节段将变得不稳定。

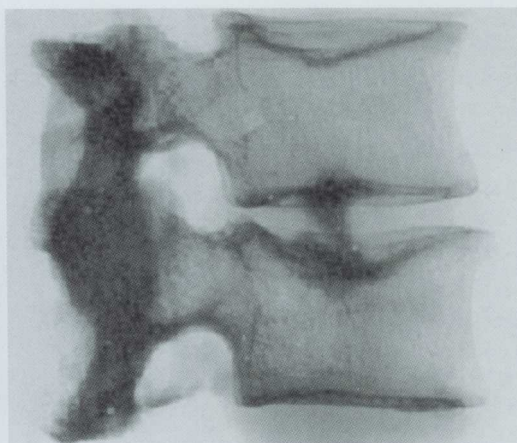


图1-5 椎体被压缩，髓核维持原状

尽管以往有很多关于椎体和椎间盘作用的理论和教训,但对于脊柱来说,吸收振荡能量主要是靠椎体,而非椎间盘。纤维环是翼状韧带,允许椎体间在各个方向上的有限活动。在正常负重条件下,传递到椎体的压力使健康的髓核发生移位,纤维环紧张,同时保持韧带和椎体间的稳定性;在承受较重的负荷时,坚硬的球状髓核在髓核陷窝处保持稳定的位置,向下挤压筛状的软骨终板,使椎体的骨小梁发生弯曲,通过类似活塞的作用产生接触稳定性。当正常负重下的外力撤除时,椎体回弹,髓核恢复到原有位置,同时纤维环拉紧。

五、椎体的病理改变:椎间盘复合体

椎体、椎间盘和髓核在创伤、退变或“老化”后发生的改变有可能始于软骨终板的不全骨折^[16],同时因为椎间盘内出现细胞凋亡以及髓核组织的分解,导致髓核的营养供应中断。椎间盘内的如蛋白聚糖、前列腺素 E_2 、炎性细胞因子(肿瘤坏死因子 α 和白介素)等生物学刺激物被基质金属蛋白酶激活(一种特殊的与细胞相关的酶类)后产生了一种具有低pH值的、可以趋化炎性细胞进入到椎间盘内的介质^[17, 18]。肉芽组织形成瘢痕组织,促进了髓核的皱缩和纤维环的变形。随着瘢痕组织的移位和位置改变,纤维环内层越来越多的纤维软骨被破坏,皱曲的外层纤维环出现撕裂并有可能引起退变髓核的突出(图1-6)。

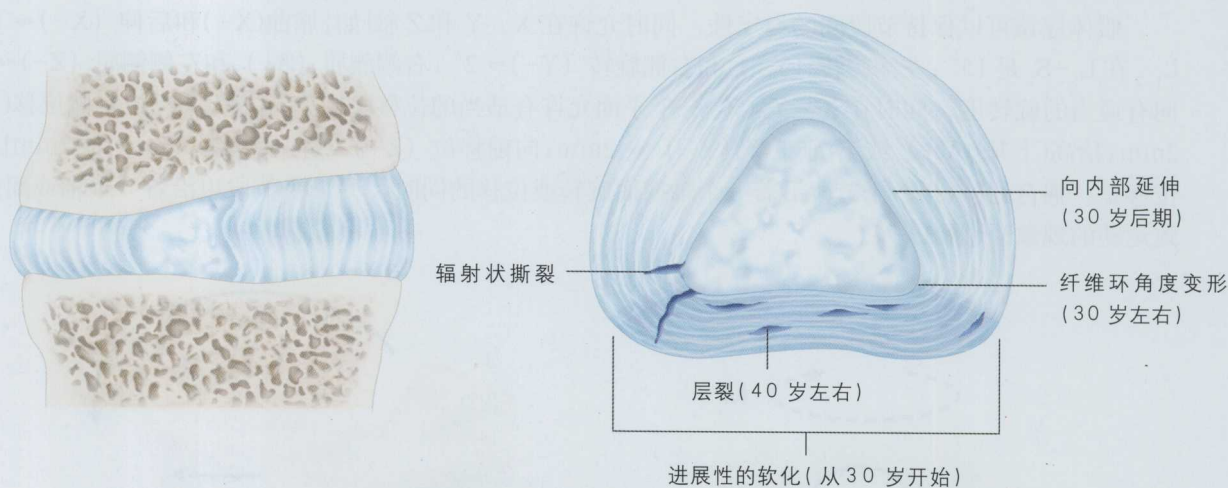


图1-6 Fahrni描述的椎间盘随时间发生的退行性改变

髓核与纤维环的破坏最终将引起邻近椎体及椎体骨小梁应力的改变。这种不规则的骨小梁系统可能会逐步进展(研究表明,最初的变化发生在靠近椎板的水平骨小梁^[7])。伴有或不伴有髓核突出的纤维环撕裂是椎间盘内的液体向外渗漏从而引发腰背疼痛、头痛或没有感觉及运动障碍的神经根性疼痛的原因。失活且内部含有低pH值介质的椎间盘如果向前方撕裂,将会导致出现类似急腹症的腹部疼痛或类似妇科疾病的耻区疼痛^[20]。一般来讲,退变的椎间盘会变得不稳定,引起小关节源性的腰痛症状,同时伴发因椎间盘突出而出现的神经损害^[21]。

患者为减轻不稳定带来的疼痛症状而采取过度背伸的姿势来稳定关节突关节,从而导致后方结构的肥大增生,出现椎管和神经根孔的狭窄^[22, 23]。病变可能会继续发展,也可能是慢性的、间断性的或是急性的病程。根据目前的标准,退变的椎间盘不一定会成为“需要外科治疗的病变”,但会产生一系列影响,像健康、工作能力、满意的生活状态、对社会和经济的乐观态度以及对幸福的追求都会受到损害。无论脊柱病变严重与否或分期如何,在新的世纪,在安全合理的前提下,发展具有稳定性且无痛的运动节段保留技术毫无疑问是医师新的课题和历史使命。

六、对理想运动节段保留技术装置的需求

(一) 先决条件

一个有效的脊柱运动节段保留装置(假体)应该可以扩大脊柱手术的适应证。对脊柱的重建术持傲慢态度不是目前提倡的,对于那些健康状况受到损害、同时遭受巨大社会和经济困难的,又不符合目前治疗的指导方针,但又存在无法缓解的慢性椎间盘源性疼痛的患者来说,他们需要更多、更好的治疗选择。假体应该被用在椎间盘切除后的原有椎间盘位置,用以重新建立运动功能,恢复和维持椎间盘的稳定性,并阻止其上方或下方的节段退变,有效地缓解疼痛^[24]。选择进行关节成形术的患者应该是明确诊断为椎间盘源性疼痛和(或)不稳,这种不稳可以合并或不合并椎间盘突出。在准备进行关节成形的节段,要求没有进展的退变性关节炎或纤维环结构及骨的破坏,同时患者经长期保守治疗效果不佳,丧失了保持满意生活状态、力量和灵敏性的能力。其他的要素可根据患者常规的站立位X线片、磁共振和椎间盘造影资料提示的脊柱病理改变的性质和程度来决定,并遵守常规的术前医学及心理评估。

(二) 脊柱运动节段保留技术装置或假体的置换

一种理想的椎间假体应该可以恢复运动节段的不足,它应该:可以恢复节段本身的灵活性、稳定性,并且无痛,同时可以允许椎间盘长期有效的工作,并具有灵敏性和耐用性。

假体应该可以保持节段间的稳定性,同时允许在X、Y和Z轴[如:屈曲(X+)和后伸(X-) $\approx 10^\circ$ 在 L_{1-2} 在 L_5-S_1 是 15° ;左侧旋转(Y+)和右侧旋转(Y-) $\approx 2^\circ$;右侧侧屈(Z+)和左侧侧屈(Z-) $\approx 6^\circ$]方向有适当的旋转度,同时在X、Y、Z三个平面允许有适当的位移[如:左侧位移(X+)或右侧位移(X-) $\approx 2\text{mm}$;抬高(上升)(Y+)或下沉(下降)(Y-) $\approx 2\text{mm}$;向前移位(Z+)或向后移位(Z-) $\approx 2\text{mm}$]。这种位移是“耦合的”(指一个节段沿着一个轴或面旋转或位移的同时,另一个节段也沿着一个轴或面协调一致运动的现象)^[17](图1-7)。

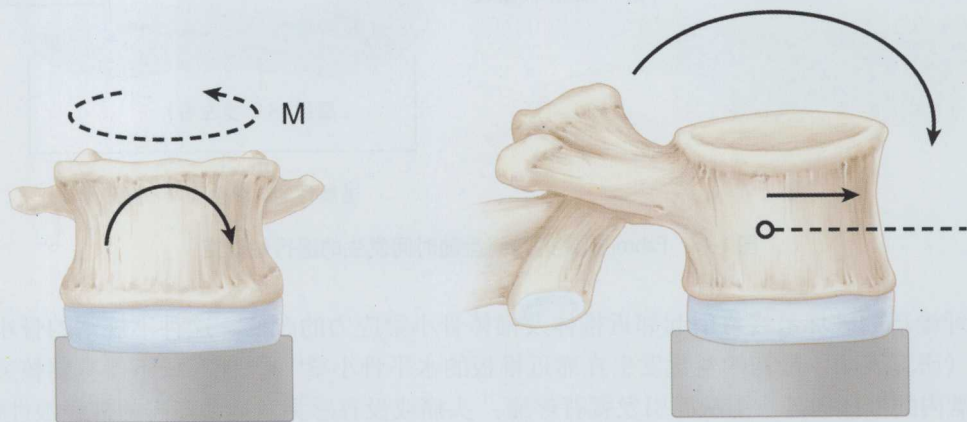


图1-7 耦合指一个节段沿着一个轴或面旋转或位移的同时,另一个节段也沿着一个轴或面协调一致运动的现象

假体应该在脊柱正常发挥功能时允许这些位移,但同时应该依照上述的运动范围,并通过限制运动来保留节段的稳定性。

假体和假体植入节段的稳定性有赖于:

- (1) 对所有重要的脊柱病理改变进行准确的外科处理。
- (2) 准备足够的进入椎间隙的入路,可以或通过调整后可以提供适合假体植入的安全路径。假体在生物力学上类似噪音吸收系统。

(3) 存在生物力学上声波反射的椎体节段, 在涉及到的椎体中, 存在比较适合的骨小梁系统。

(4) 在上下的节段具有健康和基本正常的纤维环、韧带和神经肌肉控制。

(5) 对假体的要求, 应该是综合配套的、惰性的、抗疲劳的、尺寸合适的、自我润滑的、具有生物相容性等多性能的综合集合体。

七、临床工作中的经验教训: 按照时间进行排序 (20世纪50~70年代)

(一) 20 世纪中期, 脊柱疾病已经为大家所熟识

1. 椎间盘切除术

多被应用于椎间盘高度丢失、脊柱灵活性丧失、复发的椎间盘突出、椎管和神经根管狭窄、神经根瘢痕粘连、不稳以及关节突关节炎的治疗。

2. 减压

当时很少有人提倡或进行减压手术, 因为可能会导致术后复发狭窄、不稳、神经周围纤维化、硬脊膜撕裂、疼痛不缓解和神经功能缺失的后遗症。

3. 融合

总是与手术前后发病率、假关节、狭窄、骶髂关节炎、内固定失败和邻近节段失稳相伴随。虽然有如上缺点, 但脊柱融合术依然是治疗“失效脊柱”的“金标准”。

4. 椎间盘切除术后脊柱的稳定性

此概念被 Lucite Pegs (Gardner, 1950), Methyl Acrylic (Cleveland, 1955; Hamby, 1957) 提出后, 当时就遭遇了无情的冷遇^[25]。

(二) “脊柱关节成形术”当时被认为是一个讳莫如深的字眼

1. Paul Harmon

从 1959~1961 年, 通过前方入路使用钴铬合金球来稳定脊柱节段, 促进融合。他发现在 13 例患者中有 9 例可以作为独立支撑器起到很好的稳定作用 (最早期的椎间盘假体^[26]), 但是当时他在南部加利福尼亚行医执照被吊销, 2 年后才予以恢复。

2. Ulf Fernstrom

从 1962~1972 年, 使用钢球进行脊柱成形术, 并通过 Hirsch 脊柱钢丝来防止和治疗脊柱不稳。在 1966 年, 他报道了在进行前路手术治疗的 105 例中, 并发症少, 内固定安全, 假体下沉速度缓慢, 稳定性得以维持, 没有骨刺形成, 同时具有辅助的灵活度^[27]。到 1972 年, 他报道了进行后路治疗的 195 例患者, 共 262 个腰椎节段, 其中 13 例患者由颈前入路, 有效率为 65%。85% 的患者术前是领取全额伤残抚恤金的人士, 而术后有 85% 的患者重返工作岗位^[28]。因为贬低他的人称, “他的患者中有 15% 再也无法工作了”, 所以他的工作未能发表, 并为此失去了更多的发展机会, 被迫从 Udevalla 大学离职调去了北极圈北部一个叫 Hudiksvaal 的村庄。

3. Reitz and Joubert

在 1964 年被要求终止此项手术前, 在南非的 32 例颈椎和 9 例腰椎节段完成了钢球、半球形和硅橡胶的关节置换术。

4. Al McKenzie

在 1971 年, 报道了从 1969~1970 年间的 40 例钢球关节成形术的短期疗效^[30]。25 年后的 1995 年, 作者才可以发表他在 10~20 年中 (平均 17 年) 103 例、155 个节段中的 67 例的复查结果报告。患者手术时的平均年龄为 44 岁^[31]。尽管被迫在 1974 年终止这一手术, 作者仍然报道了在椎间盘切除假体置换组中 83% 的长期随访优良率和强直性脊柱炎假体置换组中 75% 的优良率, 95% 的患者重返工作岗位。一个假体移位并进行了更换, 另外一个因发生了椎间盘炎被取出。椎间隙保留的优良率为 55%, 良为 28%, 差为 17% (图 1-8)。