

THE BIOMECHANICS OF BACK PAIN

腰痛的生物力学

原著

Michael A. Adams

Nikolai Bogduk

Kim Burton

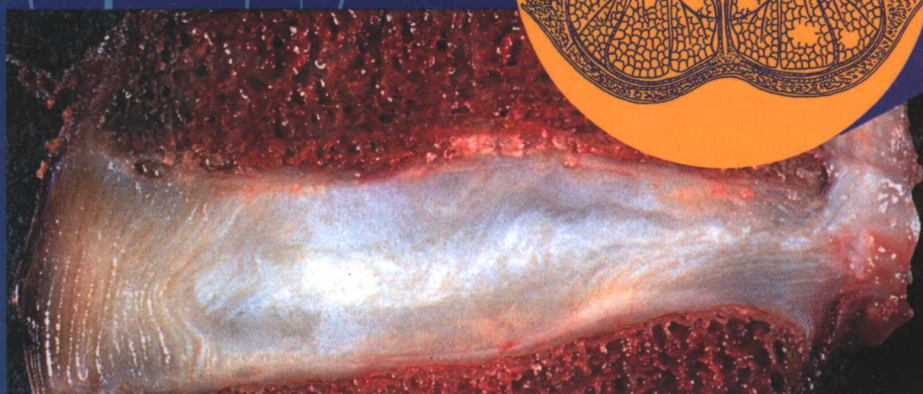
Patricia Dolan

主译

赵凤东

范顺武

杨迪生



北京大学医学出版社

The Biomechanics of Back Pain

腰痛的生物力学

原著 Michael A. Adams 亚当斯
Nikolai Bogduk
Kim Burton
Patricia Dolan

主译 赵凤东 范顺武 杨迪生

北京大学医学出版社

YAOTONG DE SHENGWU LIXUE

The Biomechanics of Back Pain, first edition

Michael A. Adams, Nikolai Bogduk, Kim Burton, Patricia Dolan

ISBN: 0-443-06207-2

Copyright © 2002 by Elsevier. All rights reserved.

Authorized translation from English Language edition published by the Proprietor.

ISBN: 981-2592-37-7

Copyright © 2005 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 2005

2005 年初版

Printed in China by Peking University Medical Press under special agreement 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.

本书简体中文版由北京大学医学出版社与 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，是为违反著作权法，将受法律之制裁。

北京市版权局著作权合同登记号：01-2004-5926

图书在版编目 (CIP) 数据

腰痛的生物力学/ (英) Adams, M. A. 等著; 赵凤东 范顺武 杨迪生 主译. —北京: 北京大学医学出版社, 2005. 7
书名原文: The Biomechanics of Back Pain
ISBN 7-81071-663-8

I. 腰... II. ①亚...②赵... III. 腰腿痛—生物力学—研究 IV. R681.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 116031 号

腰痛 的生物力学

主 译: 赵凤东 范顺武 杨迪生
出版发行: 北京大学医学出版社 (电话: 010-82802230)
地 址: (100083) 北京市海淀区学院路 38 号 北京大学医学部院内
网 址: <http://www.pumpress.com.cn>
E-mail: booksale@bjmu.edu.cn
印 刷: 莱芜市圣龙印务书刊有限责任公司
经 销: 新华书店
责任编辑: 刘 燕 责任校对: 杜 悦 责任印制: 郭桂兰
开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 15 彩色插页: 4 字数: 349 千字
版 次: 2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月第 1 次印刷
书 号: ISBN 7-81071-663-8/R·663
定 价: 86.00 元
版权所有, 违者必究
(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

注 意

医学在不断进步，由于知识的不断更新，所以在治疗、程序、设备以及用药方面做出某些改变是必需的。作者和出版者在保证本书的准确性和更新性上已经非常用心。但是，我们强烈建议读者在信息，特别是用药剂量、最新的法规以及医疗实践标准的正确性上去伪存真。

译者名单

(以姓氏笔画为序)

- | | |
|-----|--------------------|
| 王坤正 | 西安交通大学第二医院骨科 |
| 刘忠堂 | 温州医学院附属第二医院骨科 |
| 杨迪生 | 浙江大学医学院附属第二医院骨科 |
| 严世贵 | 浙江大学医学院附属第二医院骨科 |
| 陈海啸 | 浙江省台州医院骨科 |
| 李春海 | 中山大学医学院附属孙逸仙纪念医院骨科 |
| 范顺武 | 浙江大学医学院附属邵逸夫医院骨科 |
| 赵凤东 | 浙江大学医学院附属邵逸夫医院骨科 |
| 赵 凯 | 浙江大学医学院附属邵逸夫医院骨科 |
| 施培华 | 浙江大学医学院附属邵逸夫医院骨科 |
| 夏 冰 | 浙江省人民医院骨科 |
| 徐华梓 | 温州医学院附属第二医院骨科 |
| 黄 悦 | 浙江大学医学院附属邵逸夫医院骨科 |

中文版前言

过去的十年对于脊柱退行性变和疼痛的原因，已经进行了一次世界范围内的重新评估。传统的观点认为，力学负荷是引起腰痛的主要原因，暂时的卧床休息是缓解疼痛的最好方法之一。然而，我们现在知道，骨骼肌肉组织愈在承受较大负荷时，愈会变得加坚韧，而相反，在不负重或负重过少时，则会变得愈加脆弱。越来越多的研究表明，遗传是腰椎发生病理改变的最重要原因，而社会心理因素是影响腰痛发生与治疗的最重要因素之一。

该书是由四位英国脊柱科学家共同撰写，他们回顾了近来发表在国际权威杂志上的近 900 篇文献，并将其中的观点进行仔细地评估和归纳总结，试图将有关于腰痛的新旧知识结合起来，从而给出一个基础更广，观点更均衡的结论。该书认为，纯粹地否认力学负荷在腰痛发生中的作用的观点是错误的，实际上，最好的科学研究表明，力学负荷是重要的，但是只有当其异常增加到足以损伤脊柱组织，并触发退变和引起疼痛时，在腰痛中才起重要的作用。该书还认为，遗传的作用主要是弱化了一些人的脊柱结构而使其更易于受损，抑或更易于遭受力学负荷的损伤，而社会心理因素则会影响人们对于腰痛的反应而不是首先引起疼痛。

本书自 2002 年出版以来，已得到了世界各地，尤其是欧洲、北美和澳大利亚的脊柱或骨科医生以及科研人员的强烈反响。

本书的中文译本旨在为那些没有时间阅读英语原文，但却需要了解当今国际上相关研究进展的中文读者提供关于腰痛的权威性信息。本书主要为一位中国的骨科医生赵凤东和他的中国导师范顺武教授、杨迪生教授所翻译完成。其中，赵凤东医生通过在 Bristol 大学一年的访问学习期间，能够与两位原作者（MAA and PD）进行直接的交流和合作，因而，在充分了解原作者的学术思想基础上，应用他们自己的临床知识和经验，使得本中文译本最直接、最贴切地阐述了原书的内容。

原作者和译者均希望，在腰痛的生物学和力学基础的研究中，本译本可以促进国际间的合作和交流。

Michael A. Adams

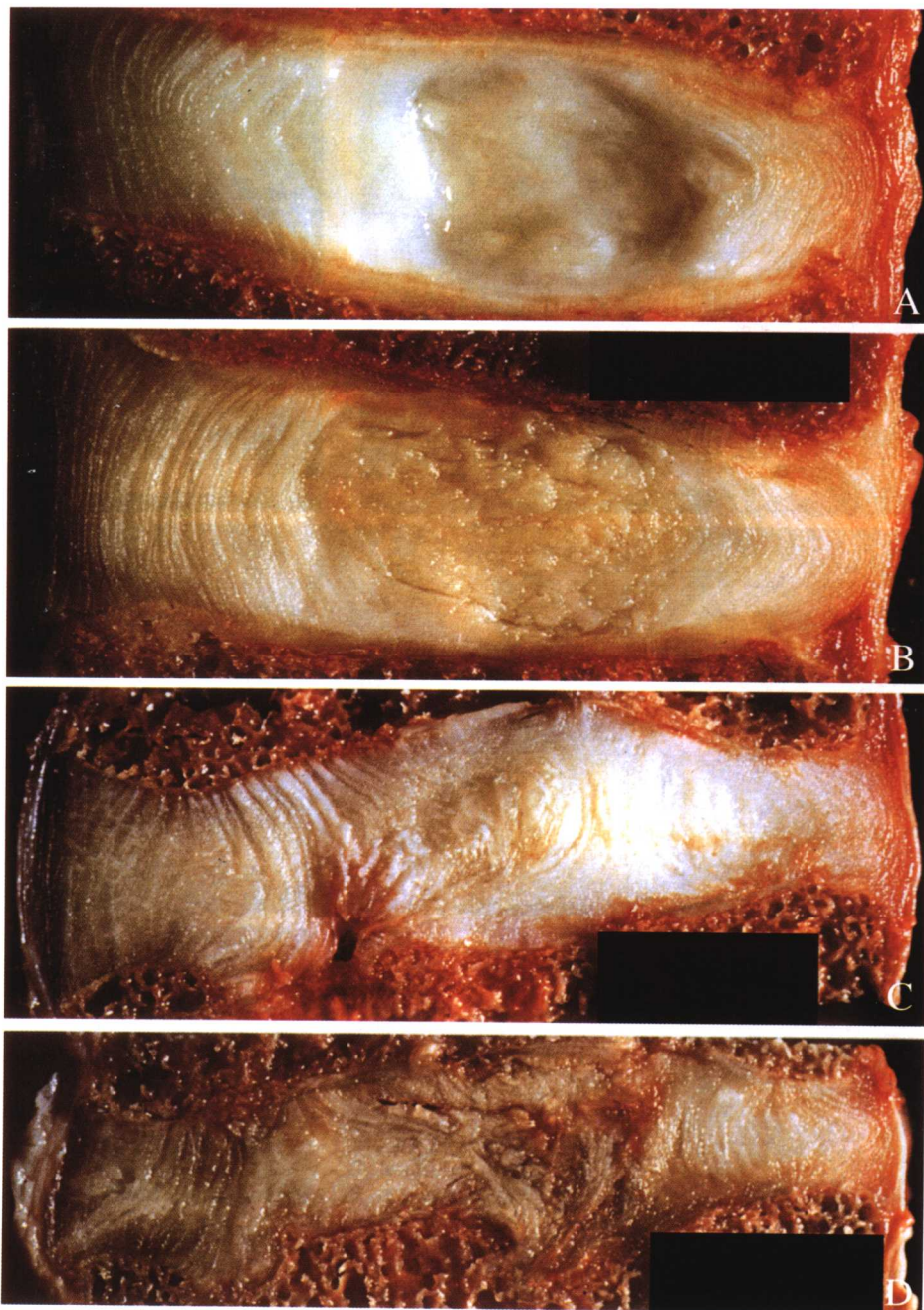
Bristol, U. K.

16th July 2004

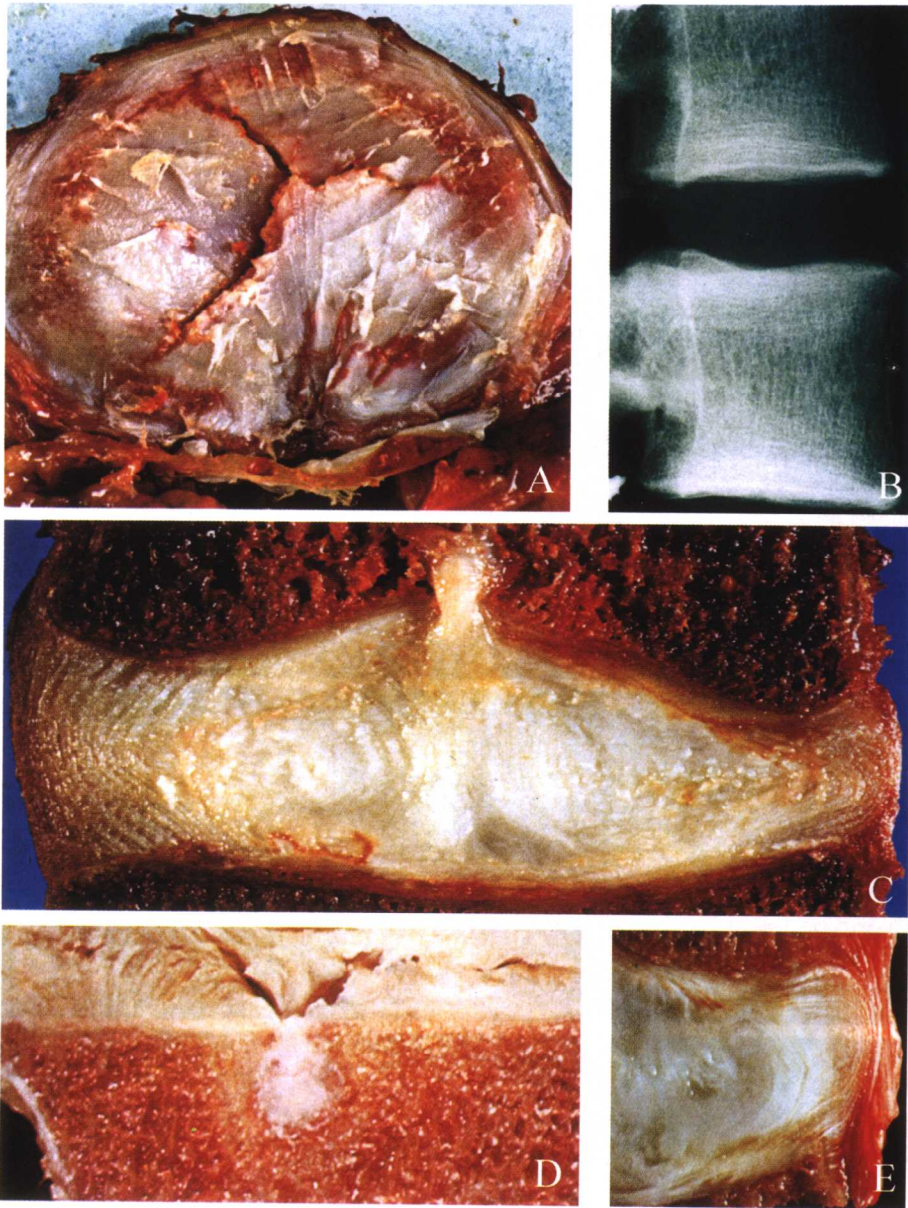


致 谢

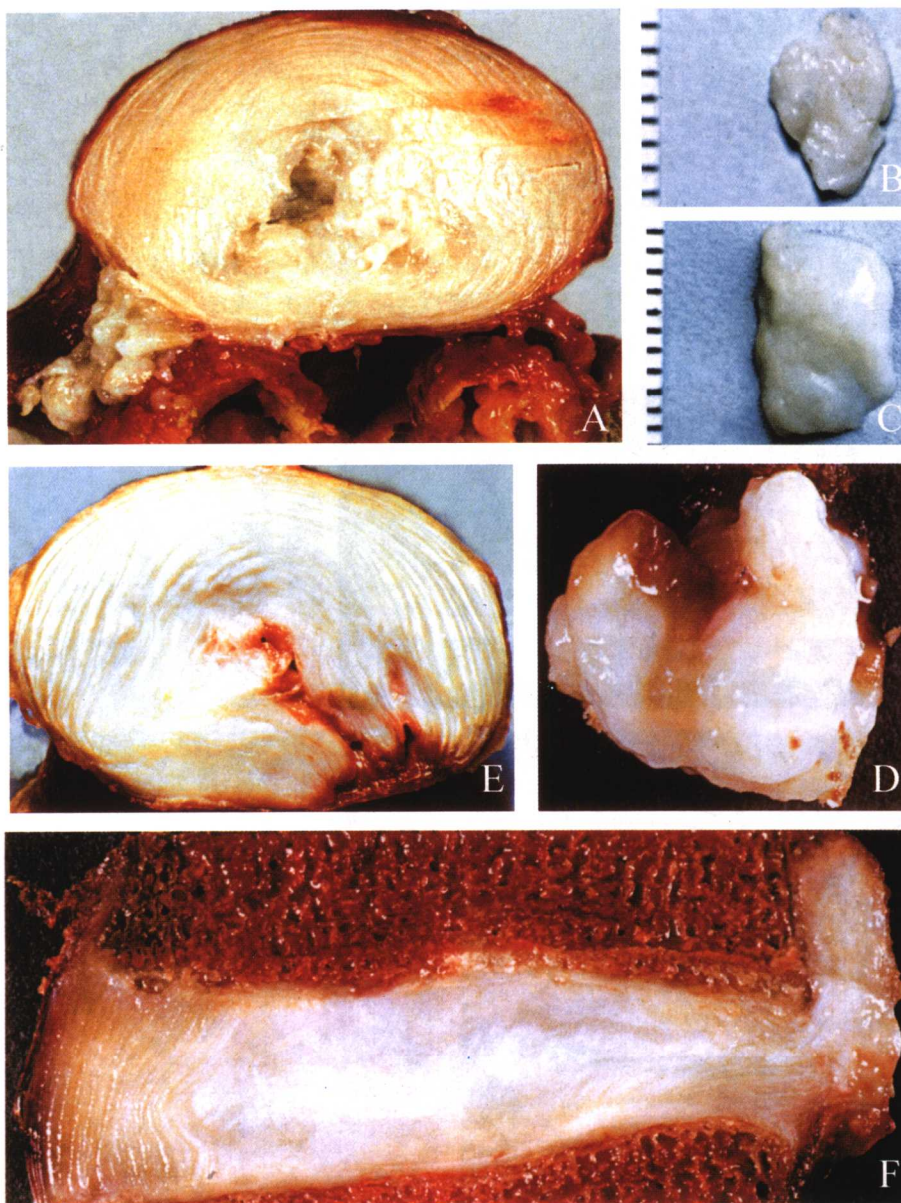
本书作者对布里斯托大学解剖系的 **Bob Coyne** 对本书中的彩图所进行的数字化处理表示诚挚的谢意。



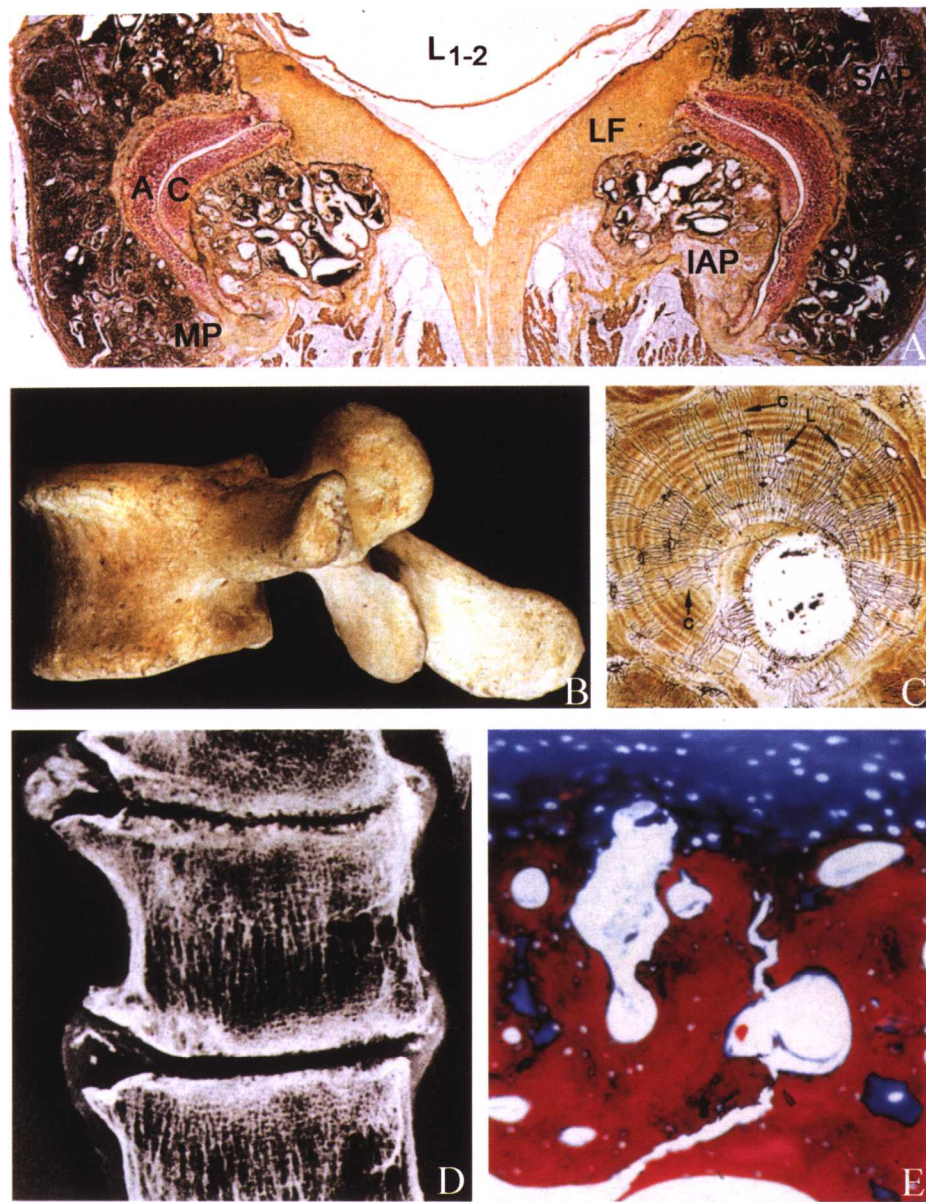
彩图插页 1 腰椎间盘中矢状面切面，左侧是标本前方。这些椎间盘没有承受任何死后负荷，代表了椎间盘退变的四个阶段（109 页）。(A) 一级，典型的 15~40 岁的椎间盘（男性，35 岁。）(B) 二级，典型的 35~70 岁椎间盘。髓核出现纤维化，并有典型老化的棕色色素沉着。但是，椎间盘的结构是完好的，椎间盘没有“退变”。（男性，47 岁，L2~L3。）(C) 三级，显示中度退变改变。显示纤维环凸入髓核，下终板损伤，椎间盘的某些区域没有色素沉着。（男性，31 岁，L2~L3。）(D) 四级，严重椎间盘退变。显示棕色色素沉着，上下终板破裂，纤维环内侧塌陷，椎间盘高度相应降低。（男性，31 岁，L4~L5。）



彩图插页 2 (A) 标本上的经由压迫性超负荷所致的椎体终板的较大的星状骨折(横切面, 上方是椎体前方) 椎间盘已经被切除以显示其下的骨, 中央部分为软骨终板覆盖。(B) 一个腰椎标本运动节段经受压迫性超负荷后的 X 线图片。邻近椎间盘的一个终板被发现损伤, 但是在 X 线图片上并不明显。(男性, 21 岁, L2~L3。)(C) 力学负荷后腰椎椎间盘标本中矢状面切面(左侧是标本前方), 通过循环压迫负荷达到轻度压迫性超负荷损伤(损伤了上终板和使得髓核减压。)一些髓核组织已经垂直突入椎体, 内层纤维环塌陷凸入髓核。注意损伤的终板(上终板)明显地凹陷, 后侧外层纤维环像发卡一样弯曲。(男性, 42 岁, L4~L5。)(D) 腰椎间盘和椎体的中矢状面切面图(左侧是标本前方)。可见一个髓核通过下终板垂直突入椎体, 很明显已经很长时间了。显示椎间盘退行性改变。邻近椎间盘没有退变, 它们的终板是完好的。(E) 腰椎椎间盘标本经受压迫和后伸负荷后的中矢状面切面图(右侧是标本后方)。显示最外侧的纤维环板层像发卡一样弯曲, 使纤维环突出超过椎体后侧边界。



彩图插页 3 (A) 力学负荷后腰椎标本椎间盘的横切面 (上方是标本前方)。显示后外侧很大的髓核脱出 (底部左侧), 是在受到弯曲和压迫的严重负荷后突然脱出的。弯曲是围绕一个倾斜的轴线, 这样左侧后外侧区域的外侧纤维环就会达到最大程度的拉伸。(男性, 43 岁, L4~L5)。(B) 从标本试验中收集到的脱出物质 (像图 A 一样)。(C) B 图里的同样物质, 在 37℃ 生理盐水中浸泡 4h 后发生肿胀。组织的重量增加了近 150%。引自于 Dolan 等人得到的数据²¹³。(D) 图 A 里的脱出的髓核物质的近距离照片 (男性, 40 岁, L2~L3)。(E) 在循环性力学弯曲和压迫负荷后的腰椎间盘横切面 (上方是标本前面)。详细见 p. 132。注意纤维环“钟形”变形, 后外侧很大的放射状裂缝。终板骨折, 使血液通过裂缝流下。(F) 腰椎椎间盘标本在力学负荷后的中矢状面切面图 (左侧是标本的前方)。在 6° 屈曲时椎间盘被压迫破坏 (9.8kN)。显示放射状裂缝和脱出的髓核停留在后纵韧带的下方。(男性, 40 岁, L2~L3)。



彩图插页 4 (A) L1~L2 节段的关节突关节横断面组织学切片 (上方是标本的前方)。显示覆盖软骨的关节面的形状 (染为紫色) 和较厚的无定形的黄韧带 (LF), 它与前方关节囊结合在一起。IAP/SAP: 下/上关节突。引自: Singer KP 1994 Anatomy and biomechanics of thoracolumbar junction. In: Boyling JD, Palastanga N (eds) Grieve's Modern Manual Therapy, 2nd edn, with permission of Churchill Livingstone, Edinburgh. (B) 剥离了所有的软组织的腰椎体的矢状面观察 (左侧是标本前方)。注意长而宽的棘突和倾斜定位的下关节突。(C) 组织切片显示一个大的骨单位 (在图 4.8 中解释)。中央的哈佛氏管的内容是模糊的, 但是可以清楚地看到陷窝里的骨细胞 (L), 和它们位于骨小管内的放射状的细胞质的突起 (C)。经允许引用, 引自: Young B, Heath YW 2000 Wheeler's Functional Histology, Churchill Livingstone, Edinburgh. (D) 老年而退变的腰椎的 X 线表现 (左侧是标本前方)。椎间盘塌陷高度降低, 很大的边缘骨赘有效地增加椎体的表面积。显示邻近终板的骨硬化和椎体内水平骨小梁的优先丢失, 这是典型的骨质稀疏。椎间盘前缘的钙化表明桥接骨赘形成的早期, 和上一节段的后侧一样。(E) 在小牛的关节中关节软骨 (蓝色) 和软骨下骨 (红色) 的组织学切片。钙化的软骨是黑色的。显示软骨下骨的骨髓腔, 有些是与软骨直接接触的。比较图 4.13 的椎体终板。关节软骨面的力学负荷已经在软骨下骨产生两个很大的裂缝。

目 录

致谢

彩图插页 1~4

1. 绪论 1
 2. 腰椎柱和骶骨 9
 3. 腰部脊柱 27
 4. 脊柱组织的生物学 43
 5. 下腰痛 63
 6. 下腰疾患的流行病学 69
 7. 作用于腰椎的力 81
 8. 腰骶椎的力学功能 93
 9. 腰椎的力学损伤 115
 10. 功能性病理学 141
 11. 腰痛的预防和治疗 157
 12. 医疗—法律的考虑 167
 13. 总结：脊柱的老化、退变和疼痛 175
- 参考文献 183
- 索引 208

本章目录

力学负荷与腰痛	1
本书的目的	2
作者介绍	2
谁应该读这本书?	2
各章的介绍	3
生物力学的名词和概念	4

1

绪 论

力学负荷与腰痛

力学负荷有益于腰部的健康。脊柱的骨骼、肌肉、韧带以及椎间盘都可以通过体育锻炼而变得更加坚强，从而使之更不易于损伤。过去的观点是利用卧床休息来治疗腰痛，并认为体育锻炼有损于腰痛的治疗，但是这种观点已经逐渐引起人们的怀疑。相反，现在的研究更强调体育锻炼在维持骨骼肌肉系统健康中的重要性。遗传被认为是脊柱健康的新的“敌人”，它在椎间盘退变中起决定性的作用，而个性也影响到腰痛的各个方面，包括是否决定报告患有腰痛。“腰痛的革命”就是一个著名的专家总结近来学术观点怎样变化的过程⁸⁴⁰。

然而，那种认为遗传对脊柱病理的影响可以以某种方式降低力学或生物化学因素重要性的观点是错误的；相反，基因恰恰是通过影响脊柱组织的力学、生物化学以及代谢的特性而发挥作用的。同理，那种认为社会心理因素如抑郁倾向和工作不满意也是腰痛重要原因的观点也是不正确的；事实上，在解释初次的腰痛时，某些身体的和代谢的因素比社会心理因素发挥了更大的作用。社会心理因素解释人们对疼痛的反映而不是疼痛本身。近来的疼痛诱发试验不仅确定了严重腰痛的解剖学根源，而且也确定了当受影响的组织受到机械刺激时，病

人的特征性的腰痛是可以复制的。这些观点以前就已经得到承认⁸⁴⁰：只不过是近来腰痛研究的天平过度地倾斜向了社会心理因素的研究，而忽略了身体的因素，故有希望的是，未来十年里，腰痛研究的钟摆会重新摆回身体研究上来。

本书的目的

本书的目的不仅仅是将研究的钟摆再次推回身体研究上来，而且要把它置于一个平衡的位置上，使所有影响腰痛的因素都得到相应的重视。腰痛的生物力学这本书并不意味着单单是力学性的解释，它仅仅反映了一个事实：在牵涉生物学、心理学和力学（也即生物力学）的复杂腰痛自然史过程中，力学因素是最明显的和最可以预防的影响力。本书名字也旨在通过力学途径来解释腰痛，其中生物学和物理学的知识就可以用来解释导致腰痛的一系列事件。当然，腰痛是一个困难的和多面性的疾病，但是它尚未困难到我们必须摒弃常规的科学方法转而求助于模糊的整体方法的程度。腰痛是应该被解释的，而不是被搪塞的。本书作者的不同背景反映了他们和出版商的共同愿望：出版一部均衡的全面的书籍，以包涵他们近年来所有的关于腰痛科学进展的研究。

作者介绍

Mike Admas 毕业于自然哲学（物理）系，后从事于脊柱力学的博士（PhD）研究，他的研究主要侧重于标本脊柱和关节软骨的力学研究。但是这种深厚的生物力学影响已经在十多年的对科学学生的骨骼肌肉的授课中有所缓冲或减弱。他对腰痛的主要兴趣是对导致脊柱组织退

变的力学和生物学因素（细胞调节）相互作用的解释和阐述。

Nik Bogduk 当他还是一个医学本科生的时候，就已经开始腰痛的研究。那时他研究了腰椎的神经支配，目的是明确腰痛的可能根源。医学毕业后，他从事于神经学的博士（PhD）工作，期间患病率基于他的解剖学研究，发展了腰痛和颈痛的诊断手段。后来他将这些诊断手段与其它的一些手段应用于颈腰痛的研究中，以明确腰痛和颈痛各种原因的相对患病率，并评估疼痛治疗的神经消融技术和手术治疗手段。在临床研究同时，他仍然继续致力于脊柱肌肉的解剖和脊柱运动学的基础科学的研究。

Kim Burton 毕业后从事整骨治疗工作，后进入研究领域，从事腰痛的生物力学和流行病学的博士（PhD）研究工作。其后研究关于不同职业人群的流行病学，主要集中于社会心理因素和人体功率学的因素在因腰痛致残中的相对作用。最近，他已经从事临床领域研究，发明并检验了作为康复障碍的社会心理因素的治疗手段。他已经从事于全英腰痛早期护理和职业保健指南的制定工作，并是《Clinical Biomechanics》杂志的主编。

Trish Dolan 毕业于生物科学专业，后来集中从事体育锻炼和肌肉生理的博士（PhD）研究。其后又进行了实验室内的组织生物力学测试的博士后工作，以后她的研究工作介于生理学和生物力学之间。她的主要研究包括脊柱肌肉力的测试、脊柱疾患病人的脊柱功能定量和分析研究。

谁应该读这本书？

本书从两位作者即 MIKE 和 TRISH 指导解剖学最后一年的本科生和理疗科学、骨科学与人体功率学的研究生举办的骨骼—肌肉组织的

研讨班(课程)衍化而来。另外两位解剖学和临床专家进一步丰富了本书的理论基础。本书主要为那些治疗腰痛的人员而写的,包括理疗师、骨科整骨医师、脊柱指压师、全科医师、职业病专职人员和护士。当然,它也有益于高年资理科学学生、外科医生、人体功率学家以及个人伤害诉讼者。

阅读本书并不需要原先积累许多的肌肉及骨骼组织生物学和生物力学知识,因为在绪论章节里就已经解释了书中后来用到的概念和名词。然而,为了在许多关于腰痛的有争议的地方做到公正,在一些特殊的研究文献领域,本书作了比一般的本科书更为严格和详尽的分析。

各章的介绍

第2、3章描述了腰骶椎及覆盖它们的肌肉和筋膜的功能性解剖学。所有书中以后提到的名词都予以定义,而且许多都用线形图示来表示说明。结构与功能合在一起描述比较容易,但在一些特殊的功能较易引起争议之处,书中后面的相关的章节会有提及。

第4章详细描述脊柱组织的生物学。为了理解以后章节中脊柱力学的临床相关问题,就需要先理解细胞代谢、组织完整性和力学负荷之间的相互作用。本章并进行了老化与退变之间的辨别,因为这在临床上是极其重要的。

第5章描述“腰痛来源于哪里”这一易于引起争论的问题。单单基于疼痛诱发和封闭试验就可以获得一个令人满意的答案,但本章关于这个问题的其他部分和以前的章节也试图将腰痛与神经解剖和常见的诊断综合征结合起来。本章证据证明了书中后来章节对椎间盘的重视的意义。

第6章回顾了脊柱病理和腰痛原因的流行病学文献。这些信息对于理解力学与其它因素在

腰痛病因中的相对重要性是至关重要的。这是一个关键的章节,它证明了本书选题和范围的正确性。

在考虑脊柱是怎样对所加载的负荷产生反应之前,非常有必要去熟悉日常活动中作用于脊柱的力量的起点和大小。第7章分析了脊柱负荷问题。

第8章分析了脊柱对非损伤力量的正常反应。它表明脊柱每个结构都有特殊的功能,这是理解脊柱力学功能障碍和破坏的前提。无论在哪里,定性描述都是通过试验方法而得到的,因为通常认为:只有你测量过了,你才能真正理解一种机制。举个例子,观察到椎间盘因为施压而向周边膨出,这看起来有一些临床意义——但是直到你发现,即使压力达到几倍的体重时,椎间盘膨出才仅仅1毫米。

第9章描述各脊柱结构的受伤机制和疲劳破坏。这是最大的章节和本书的重点。本章仔细描述了椎间盘破坏的治疗,许多彩图插页给读者提供了正常和异常椎间盘的直观感觉。本章最后部分对尸体标本力学试验结果和前几章关于在体脊柱负荷与活体组织在力学环境中的反应进行一致性分析。

许多临床医生都相信腰痛可以在没有明显的损伤和退变的情况下发生。第10章认为脊柱功能性的病理可以发生于神经支配组织的局部应力集中,并且显示应力集中是怎样在体位改变、脊柱负荷和负重历史中产生的。

这就直接导致了预防和治疗腰痛的可能性。基于最近的临床和流行病学研究,第11章将对此提出见解,且此见解与前几章的证据相一致,那种认为力学负荷对腰椎有害且在腰痛时候应该减少的观点被认为是荒谬的,同时强调一定的理疗和精神治疗是有益的。

一些专家认为财物赔偿和个人伤害申诉是慢性腰痛治疗无效的自然结局。另一些人把这看作是腰痛报告和其后残疾的重要原因。第12

章认为两点都有道理,但总结认为,某些腰椎间盘突出,常常是脆弱组织承受力学负荷的结果。组织的易损伤性和它的医学—法律含意也是本章的重点。

第 13 章对本书的主题进行总结,认为细胞介导的退变是组织破坏的结果而不是原因,也同时试图解释为何脊柱病理和疼痛之间的关联如此复杂。

生物力学的名词和概念

书中后来用到的一些名词和概念将在此解释,以方便参考。这些注释可以为本书可能的读者提供有用的解释,而不是为了使得专家满意而写的严格的概念。

力:是作用在身体上使之产生位移或变形的作用。它是一个矢量,有大小和方向。力的单位是牛顿,大约 $9.81\text{N}=1\text{kg}=2.2\text{lb}$ 。

如果压缩物体则为压力,拉开物体则为张力,既不压缩也不拉开而使物体变形者为剪力(图 1.1)。

一个力可以应用(二维平面上)两个分力来表示,这两个分力通常作用于较为方便的方向上,通常相互为直角(如图 1.2)。分解力为几个分力,对于整合作用于不同方向上的两个或更多的力是一个有用的方法:这些分力更易总和计算,然后可以重建两个原始力的合力。

质量:物体的质量是它包含的物质的量。表示物体被快速移动时的抵抗力(也就是被加速)。质量仅仅有大小,因此是标量。它的单位是千克(kg)。

重量:重量是地球引力作用于物体上的力。根据牛顿第二运动定律:

$$F=m \times a \quad [1]$$

因此重力往往用($m \times g$)表示, m 代表质

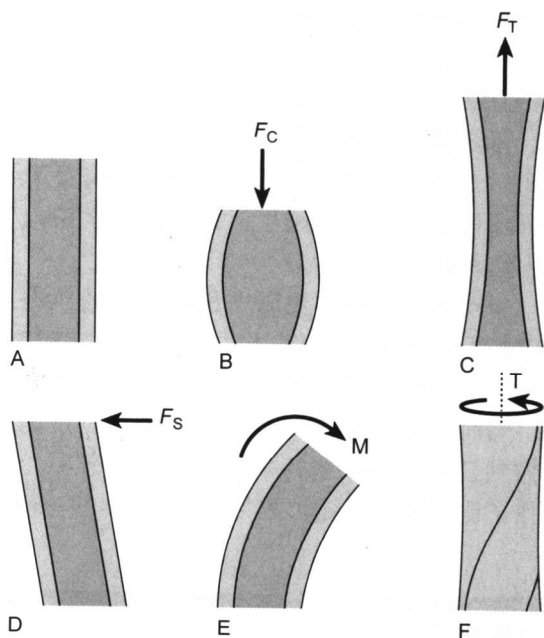


图 1.1 作用在一个固体上的不同的力的效果。(A) 没有作用力;(B) 压力;(C) 拉力;(D) 剪力;(E) 弯曲力矩;(F) 扭转力矩或扭矩 T 。

量, g 代表重力加速度, g 决定于海拔高度,在外太空降为0。因此物体的重量也随海拔高度而减小。因此,质量是不能与重量混淆的。公式1使力的单位可以用较熟悉的质量单位(kg)来表示: $9.81\text{N}=1\text{kg}=2.21\text{lb}$ 。这仅仅是一个近似值,因为重力加速度并不一定是 9.81m/s^2 。

应力:就是负荷强度,等于作用于单位面积上的力,它的单位是MPa, $1\text{MPa}=1\text{N/mm}^2$ 。1MPa相当于10kg重量作用于指甲大小的面积上。剪切应力也就是作用于单位面积上的剪力压强。

液体:液体就是几乎没有刚度以及随所盛容器而变形的物质。在液体中,剪切应力很小,因此对于这样的利用伸展来平衡内部压力的物质来说,内部抵抗力很小。在一个静止的液体里,压力并不因方向(水平或垂直)和位置而改变。

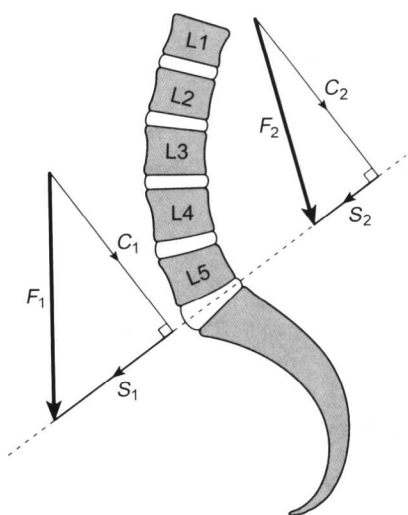


图 1.2 F_1 和 F_2 代表了作用于脊柱上的腹肌和腰肌的肌力。因为两者的作用方向稍有不同，所以不能将两者简单地相加而得出一个作用于脊柱上的总的合力。为了计算合力，有必要用两个分力来代表每一个力，“C”和“S”，两者按照 90° 角相互作用。分力相加得出两个方向上的总的作用力（即 $C_1 + C_2$ ，和 $S_1 + S_2$ ）。那么作用于 L5 与 S1 间的椎间盘上的总的合力 R （没有标出）为： $R^2 = (C_1 + C_2)^2 + (S_1 + S_2)^2$ 。当以这种方式计算力时，按照这两个有意义的方向计算分力是有用的，在本例中，是垂直和平行 L5S1 椎间盘的力。

压力（流体静压）：指液体内的负荷强度。它与应力具有相同的单位（MPa），因此容易混淆但应该不会被混淆，因为应力指固体，而流体静压指液体。在一个健康的椎间盘中，髓核就像液体一样，而周围的多数纤维环则像纤维固体。所以整个髓核的负荷强度可以单一的标量来表示，即椎间盘内压（IDP）；而纤维环的负荷强度则必须根据随方向和位置的变化的应力而描述。

位移：指一点相对于另一点的位置变化。它是一个矢量，拥有大小（两点之间的距离）和方向，单位：米（m）、毫米（mm）、微米（ μm ）和纳米（nm）。 $1000\text{nm} = 1\mu\text{m}$ ，

$1000\mu\text{m} = 1\text{mm}$ ， $1000\text{mm} = 1\text{m}$ 。大约 $25.4\text{mm} = 1$ 英寸。

速度：是位移相对于时间的变化速率。它是矢量，有大小（速度）和方向，单位是 m/s 。

加速度：是速度相对于时间的变化速率。是矢量，有大小和方向。单位 m/s^2 。

应变：是物体受力后产生变形的量。

应变 = 变化的长度 / 原长度 [2]

应变可以用分数或百分比来表示，如果一个物体的长度增加了一半，则应变为 0.5 或 50%。坚强物体的微小变形可以用微应变来表示，10 000 微应变等于 1% 的应变。

能量：能量与功本质上是一样的。如果一个力（ f ）作用于一个物体并使之移动一定距离（ d ），那么所做的功就是 $f \times d$ 。如果对抗重力而垂直举起，那么物体就获得了能量（势能），等于移动它所做的功。如果一个物体下落，那么它的势能就转化为动能，（实际上，质量为 m 的移动速度为 v 的物体的动能为 $1/2 mv^2$ 。）能量可以转化为许多其他的形式，包括热，能量的单位（焦耳），是按照热来定义的，而不是力与距离。

力矩：力矩是物体的质量与它的速度的乘积。有许多力矩的物体就需要许多的制动能量。

弯曲力矩：这是测试作用在物体上力的弯曲作用的指标。它等于力的大小与力和选定的旋转中心之间的力臂的乘积，因此它的单位是牛顿米（Nm）。注意，由于任何一点都可以作为旋转中心，所以一给定的力的弯曲力矩可以是不同的（图 1.3）。例如，当一个人前屈时，如 83 页所示，上身的重量（力）就对每个椎间盘中心产生了不同的弯曲力矩。弯曲力矩可以相对于椎间盘的旋转中心、相对于它的几何中心或相对于任何其他的点来确定。

扭矩：它等同于弯曲力矩，不同的是，它是使躯体扭曲而非屈曲（图 1.1），它的单位也