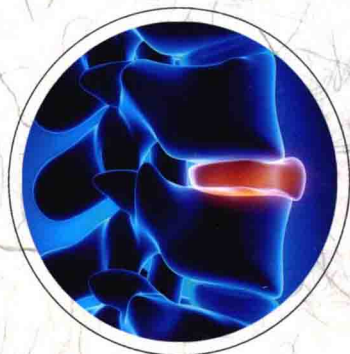
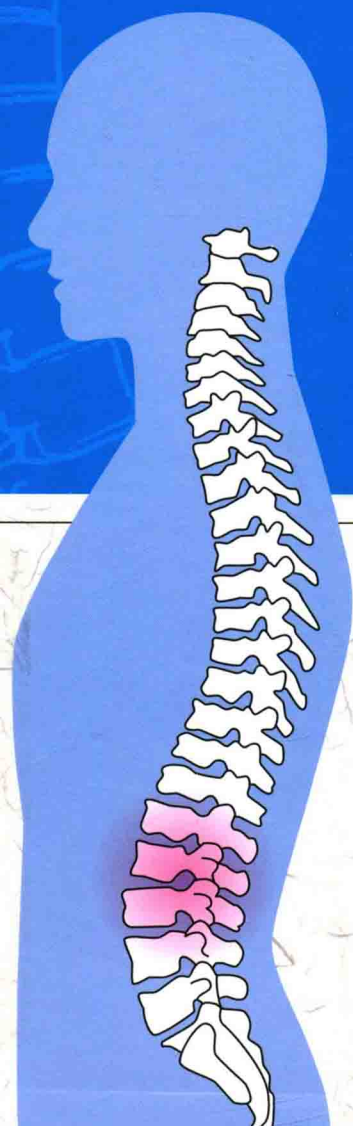


第2版

刘洪强 / 主编

ZHUJIANPAN TUIBIANXING JIBING
ZHILIAO XINF

椎间盘退变性疾病 治疗新法



北京科学技术出版社

椎间盘退变性疾病治疗新法

(第2版)

刘洪强 主编

 北京科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

椎间盘退变性疾病治疗新法/刘洪强主编. —2 版. —北京: 北京科学技术出版社, 2014. 10

ISBN 978 - 7 - 5304 - 7201 - 9

I. ①椎… II. ①刘… III. ①椎间盘突出 - 治疗 - 研究
IV. ①R681.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 096273 号

椎间盘退变性疾病治疗新法 (第 2 版)

主 编: 刘洪强

责任编辑: 邬扬清 杨 毅

责任校对: 黄立辉

责任印制: 李 茗

出 版 人: 曾庆宇

出版发行: 北京科学技术出版社

社 址: 北京西直门南大街 16 号

邮政编码: 100035

电话传真: 0086 - 10 - 66161951 (总编室)

0086 - 10 - 66113227 (发行部) 0086 - 10 - 66161952 (发行部传真)

电子信箱: bjkjpress@163.com

网 址: www.bkydw.cn

经 销: 新华书店

印 刷: 三河国新印装有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

字 数: 300 千

印 张: 12

版 次: 2014 年 10 月第 2 版

印 次: 2014 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5304 - 7201 - 9/R · 1770

定 价: 48.00 元



京科版图书, 版权所有, 侵权必究。

京科版图书, 印装差错, 负责退换。

编者名单

主 编 刘洪强

主编助理 龙荫生 高慎永 尹义玲

副主编 (以姓氏笔画为序)

王 刚 王江南 冯三元 刘 慧 祁立强

齐建永 李 宁 李晓刚 杨 杰 何 涛

赵万德 贺国庆 贺国庆 崔彦坡 曹景雷

编 委 (以姓氏笔画为序)

王 刚 王 振 王江南 王宗宝 王宪停

王敏山 尹义玲 邓先道 艾尔肯江·阿尔西丁

龙荫生 冯三元 冯美华 任 磊 朱京亮

孙广军 孙绍杰 刘 慧 刘洪强 祁立强

齐建永 李 宁 杨 杰 李晓刚 李惠朋

杨玉学 杨淑萍 吴永波 何 涛 陈 鹏

陈小业 和树禄 胡振辉 赵万德 赵宏伟

贺国庆 高会冰 高慎永 曹景雷 崔彦坡

梁绍进 梁路石 路金柱 蔺红献 谭祥跃

潘玉龙

主编简介



刘洪强，1967年生，现任洪强医疗集团董事长，山东新泰洪强医院、青岛洪强骨科医院、河北满城中医学骨伤医院院长，山东新泰洪强健康产业园、北京鼎承世纪医院管理有限公司、北京恒安惠众科技有限公司等企业董事长。

担任中国人才研究会中国脊柱医学学术委员会和中国颈肩腰腿痛学术委员会主任委员、中国骨伤人才分会副会长、中国民间中医药开发研究会中国民营医院院长工作委员会主任委员、《中国中医药现代化远程教育》杂志副主编。

卫生部“十二五”中医骨伤国家临床重点专科学科带头人，国家中医药管理局腰痛和脊髓型颈椎病中医临床路径制定专家组成员，射频热凝靶点治疗术和松解疏通术创始人，拥有新型针刀、松解针等发明专利20余项，“骨病单元”综合服务模式的创立者。从事临床疼痛和脊柱微创治疗20余年，先后为国内外培养脊柱微创治疗专业人才近万名。多次应邀到中国香港、新加坡、马来西亚、澳大利亚等多个国家和地区讲学或进行手术指导。

现已在国内形成了特色骨病治疗的专科优势品牌。长期致力于健康产业发展，形成了临床医疗、设备研发、疗养、养生、养老服务和连锁加盟为一体的发展模式。

再版

前 言

《椎间盘退变性疾病治疗新法》一书能得以再版（第2版），应感激广大专业医师对我们的厚爱。随着当今科技迅猛发展，医学也像其他学科一样，出现了许多新理论、新技术。椎间盘退变性疾病的治疗理念也发生了巨大的变化：对椎间盘的研究更加深入，已从过去传统的单一医学模式转向生物医学模式；从单纯的治疗转向预防椎间盘的早期退变和使退变的椎间盘“再生”。在治疗上采用微创技术，使退变后丧失“功能”的椎间盘再度恢复功能——恢复高度和脊柱稳定性。我们在第2版中增添了“椎间盘退变性疾病的微创治疗”和“椎间盘退变性疾病组织工程种子细胞及细胞支架研究进展”两章。在“椎间盘退变性疾病的微创治疗”一章中重点介绍了射频热凝靶点及相关的新技术，同时较详细地介绍了几种常用的椎体间融合的方法和所用器械以及椎间盘组织工程的研究进展。本书尽可能融入了多年积累的各种影像资料和经验，以增强指导性和可操作性。本书可供骨科医师、进修医师、疼痛专科医师及脊柱外科专业医师阅读参考。

从事骨伤临床四十余年，在门诊、病房、义诊或医疗队下乡巡诊的工作中，我发现“颈肩腰腿痛”已经成为这个专业中最为流行的词汇，特别是随着现代医学科技的发展，CT、MRI的普及，“椎间盘膨出或突出”的诊断提示愈来愈“明确”的时候，我就想写一本有关人体内23个椎间盘病的书。因为脊柱的病变，绝大多数是椎间盘的改变惹的祸。

经过数百万年的进化和演变，人类开始直立行走。最近，据利伯曼和尤他大学的丹尼斯·布兰布合作进行的一项研究提出，我们的祖先在大约200万年前，就能熟练地奔跑。为了猎取食物和躲避灾难，奔跑在人体特征性进化中起着重要作用，为了支撑我们的脑袋，并使身体的重量能在髋关节和下肢上保持平衡，脊柱进化成多段S形。美国密苏里大学哥伦比亚分校的人类及解剖学家卡罗·沃德解释：“问题在于脊柱原本的设计是作为拱顶使用（爬行），当我们人类站立起来后，它只好充当承载重量的立柱了。”沃德还认为，这种S形系统，使我们在保持身体平衡和以双足运动时非常有利。但我们的直立姿势，却对弯曲的结构施加了过多的压迫和间接力，也因此让脊柱各段吃了不少苦头。试着身体后倾，把脊柱向后弯成弧形时，是不是觉得下脊部紧绷得让你发抖？那是因为压缩负荷增加，脊柱间的纵向关节彼此受压造成的。由于脊柱是弯曲的，因此脊柱骨必须长成楔形，宽的部分朝前，窄的部分朝后（即前宽后窄）。这样的结构使下背部的负荷最重，楔形的弧度也最大，因此凡举重物或伸展过度都有可能最末端的椎体滑脱或被压缩而引发疼痛。因此，人类直立行走是要付出代价的。

随着现代社会的高速发展，人类的生产方式、生活方式以及生态环境发生了根本性的变化，人的脊椎也变得越来越脆弱。颈椎病的年轻化、腰椎病的普遍化，是否印证了那条支撑着你整个身体的顶梁柱、象征着一个人的志气和骨气的脊梁越来越退化了？要知道生物进化的规律是“用进废退”，所以近几年我一直在苦思冥想：为什么人体脊柱的23个椎间盘中就那么几个椎间盘惹祸最明显，80%~90%在颈4以下，在腰部以下，发病率

这么高，难道这些部位的椎间盘都是由于突出而引起发病？难道对这些导致发病的椎间盘都需要手术摘除治疗吗？椎间盘的退变性改变可以延缓吗？椎间盘的病变仅仅只限于颈肩综合征或腰腿疼痛吗？

近几年我通过收集和查阅国内外高水平的研究资料，发现人们对它的研究与认识发生了质的飞跃。据有关资料统计，每年被脊椎病缠身的美国人约 150 万，医疗费用及经济损失高达 160 亿美元；在英国，平均每 1000 名男性劳动者中，每年因此类疾病要失去 627 个劳动日，而每 1000 名女性劳动者中，要失去 347 个劳动日；而占全世界人口 1/5 的中国人当中，80% 左右的人不同程度地有过颈、腰痛或腿病的历史。这些数字并非危言耸听。人类由爬行变为直立，脊柱付出的代价太大了。现代人脊椎病的发病率越来越高。由于社会发展的原因，竞争越来越激烈，生活、工作节奏加快，活动增加，损伤的机会也随之增多；另外，进入信息化时代，随着职业分工的细化，计算机、网络等的发展，伏案等职业因素更增加了脊椎“早衰”的概率。发病的人数越来越庞大，而且以城市白领居多。还有一个特点就是发病年龄越来越小，笔者就曾在门诊多次遇到十几岁的初中或高中学生，在家长的带领下就诊，叙述颈部僵硬、疼痛、活动受限。X 线显示颈椎生理弯曲变平直，这些都是颈间盘退变的早期表现。但如果你告诉家长说，“您的儿子（女儿）患了颈椎病”，他（她）们能相信吗？脊椎疾病不但影响青少年的生理健康，还会导致视力、记忆力、注意力等各种生理功能的改变，严重影响青少年的身心健康成长。

因此，数年前我就想写一本关于“椎间盘病”的书，以循证医学为原则，使我们专业医师不要把注意力集中在已“突出”的椎间盘上，而应对椎间盘的整个生理、病理有个本质的了解，以更科学的态度去对待它，让它更好地在两个椎体之间发挥最佳的生理作用，减少或减轻它“惹祸”带来的损害，让人类脊柱真正挺起来！

编者

二〇〇九年二月

目 录

第一章 椎间盘的解剖学特点	1
第二章 椎间盘的生物力学特点	5
第三章 椎间盘的生物化学特点	10
第四章 椎间盘退变性改变的病理过程	15
第五章 椎间盘病变的临床表现和分型	27
第一节 颈椎间盘病变	28
第二节 胸椎间盘退变性疾病	51
第六章 椎间盘疾病治疗的循证医学原则	54
第七章 椎间盘疾病治疗方法的选择	58
第八章 椎间盘疾病治疗效果评价	80
第九章 椎间盘疾病的康复训练	97
第十章 椎间盘退变性疾病的前瞻性评估	101
第十一章 椎间盘退变性疾病的微创治疗	105
第一节 微创后路腰椎融合术	110
第二节 微创经椎间孔腰椎椎体间融合术	113
第三节 经皮前路腰骶间轴向融合术	116
第四节 微创棘突间非融合内固定技术	118
第五节 微创腰椎横突成形术治疗腰5横突肥大	122
第六节 经皮微创椎弓根钻孔减压术	124
第七节 微创人工小关节置换术	124
第八节 射频热凝靶点治疗脊髓型颈椎病	126
第九节 射频热凝靶点治疗腰椎间盘突出症	135

第十节	射频热凝靶点联合激光椎间盘减压术治疗包容型腰椎间盘突出症	146
第十一节	射频治疗腰椎脊神经神经后支卡压综合征	149
第十二节	椎间孔镜下腰椎间盘摘除术	153
第十三节	非融合 U 形棘突间内固定器的临床应用	160
第十二章	椎间盘退变性疾病组织工程种子细胞及细胞支架研究进展	172
第一节	种子细胞研究进展	173
第二节	细胞支架研究进展	175
第三节	椎间盘退变基因治疗进展	176

第一章

椎间盘的解剖学特点

椎间盘从脊椎解剖结构上来讲，它是维系脊椎间联系的重要组成部分，是椎体间相互运动的“链条”。人体的脊柱由上而下，可以分为4段。依次为颈、胸、腰及骶尾段，形成4个“S”形生理弯曲，即2段向前凸（颈、腰段），2段向后凸（胸、骶尾段）。而其中作为连接的椎间盘具有弹簧一样的功能，可以增加脊柱的负重，并吸收震荡。

椎间盘的主要结构是纤维环，它包含了10~20层的胶原，称为板层，它环形围绕椎间盘周围，相邻两层纤维走行方向呈 30° ~ 60° 角倾斜交叉，并紧紧结合在一起（图1-1）。当紧密结合在一起时，这些板层是坚硬的，能承受较大的压力负荷。因为其结构材料为胶原，所以纤维环具有足够的柔韧性，可以变形。因此，椎体间可以弯曲运动。但如果发生弯曲，就会丢失坚硬度，从而承受压力的能力会降低。为了防止这种变化，纤维环就需要椎间盘的第二个解剖结构——髓核。髓核是位于椎间盘中心含水的胶冻样物质，当受压时，这种冻胶状物质就会向四周放射状膨出。一方面，这种放射状的膨出被周围的纤维环所抵制；另一方面，这种膨胀也从内侧支撑了纤维环，使之不至于向内侧弯曲而降低刚度。纤维环和髓核协调性的结合维持了椎间盘的刚度以抵抗压力负荷，同时两者又都有足够的顺应性以使椎体间存在一定的活动度（图1-2）。

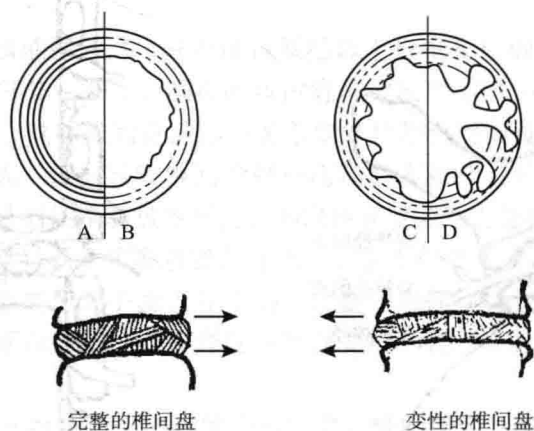


图1-1 间盘变性的不同阶段

A. 年轻的、完整的椎间盘，有弹性的纤维环和含水正常的髓核。B. 变性的早期阶段可见纤维环的纤维化及碎裂，纤维环开始脱水。C. 变性中期阶段，在早期阶段基础上进一步变性，髓核碎片侵入纤维环。D. 高度变性阶段，髓核明显脱水和碎裂并侵入断裂的纤维环内以致髓核团块达到纤维环的外层和后纵韧带之下

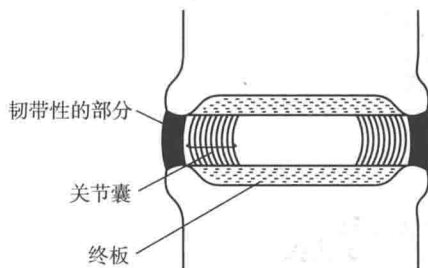


图 1-2 纤维环的详细结构

周围的纤维环附着在骨突环上，构成了可伸展的、韧带性的部分。内层纤维环围绕髓核，构成了关节囊部分。它们可以进入软骨终板里，因此形成环绕髓核的一个完整的封套。因为这些纤维的存在，所以终板的表层就是纤维软骨性的，较深层就是透明软骨性的

椎间盘的第三个解剖结构是椎体的上下终板，它是覆盖椎间盘上下面的软骨，将椎间盘固定于各自的椎体上，每个软骨终板都分别覆盖骨性终板的大部分，只留下周围少部分骨骺环未被软骨覆盖。骨性终板或软骨下骨是椎体的一部分，而不是椎间盘的一部分。但是，如果终板的力学紊乱会同时影响到骨性终板和软骨终板。

除了椎体可以弯曲运动外，椎间盘可以使得椎体间存在小范围的扭转和滑移运动。这些运动均被纤维环的张力所抵抗，运动程度是纤维环的弹性和张力的一种功能表现。

椎间盘的血管与神经：成人的椎间盘无血管，仅纤维环周围有来自节段性动脉分支的小血管穿入，多分布在椎间盘的前后缘。在婴幼儿时期，每个椎间盘由三条小动脉供血。

椎间盘的神经分布与血管相似，在纤维环的周边有丰富的神经末梢，其深部、软骨终板和髓核内无神经纤维。前部和两侧部主要有窦神经（sinuretebral nerve）纤维。窦神经多发自脊神经后支，也可发自总干，亦称 Luschka 神经，接受交感神经小支后经椎间孔返回椎管，故又称返神经（图 1-3）。窦神经先贴行于椎间盘后面，发出升、降二支沿后纵韧带两侧上、下行，可跨两个椎间盘，共分布至 4 个椎体，其横支与对侧吻合（图 1-4）。窦神经分布于椎管内诸结构，其感觉神经末梢在后纵韧带、硬脊膜囊前部、神经根袖、椎前内前静脉丛的静脉壁等处密度最高，椎骨骨膜及硬脊膜侧部次之，硬脊膜囊后部及黄韧带内最少，该结构可解释侧隐窝狭窄、椎间盘压迫而引起的剧烈疼痛。最近的一些研究证明，腰椎间盘的终板下的软骨中也有神经末梢，这些纤维可能是伴随血管进入椎体的神经（图 1-5）。

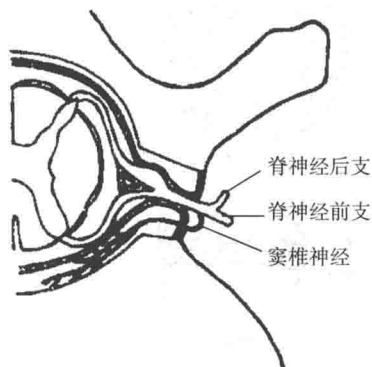


图 1-3 窦椎神经

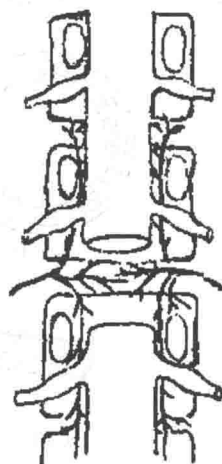


图 1-4 窦椎神经分布

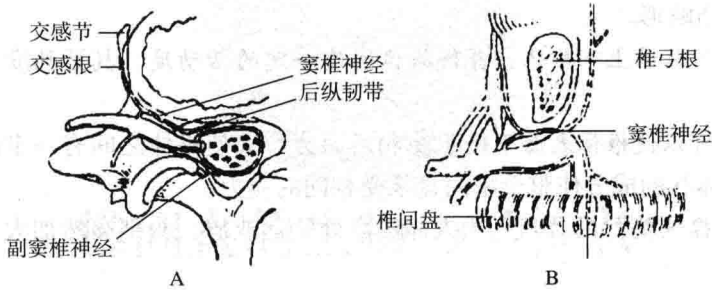


图 1-5 骶椎神经的组成及其与椎间盘的关系

A. 骶椎神经的组成。B. 骶椎神经与椎间盘的关系

椎间盘的高度是有变化的，不同的部位，不同的年龄段或不同的时间，即使同一间隙的间盘，都会有不同的变化。Taylor (1975) 测定腰椎间盘的高度见表 1-1。

表 1-1 不同年龄腰椎间盘高度

年龄 (岁)	高度 (mm)	年龄 (岁)	高度 (mm)	年龄 (岁)	高度 (mm)
1	3.5~4.5	5	6~8	11	8.5~11
2	4~6	6	7~10	12	9~11
3	5~7	7~9	7~11	13	9.5~12
4	6~8	10	8~11	成人	9

Inufusa 进一步通过腰椎断层解剖详细测量了腰椎各间隙椎间盘的高度数值，见表 1-2。

表 1-2 腰椎断层解剖测量值 ($\bar{X} \pm s$)

	L1~2	L2~3	L3~4	L4~5	L5~S1
前部椎间盘高度 (mm)	8.95 ± 1.55	9.56 ± 1.76	9.27 ± 2.19	9.50 ± 2.53	9.32 ± 2.81
中部椎间盘高度 (mm)	9.30 ± 1.44	10.39 ± 1.85	9.78 ± 2.52	9.30 ± 2.52	7.18 ± 2.52
后部椎间盘高度 (mm)	6.55 ± 10.21	7.10 ± 10.90	6.97 ± 2.03	6.55 ± 1.71	5.29 ± 1.93

总体规律是椎间盘前厚后薄，其厚度占骶椎以上脊椎长度的 25%，而其中腰椎间盘占脊柱腰段长度的 30%~36%，颈椎间盘占脊柱颈段的 20%~24%，胸椎间盘占脊柱胸段的 18%~24%，这种椎间盘的形态关系到脊柱的生理弧度，也直接影响到人体姿势的改变和运动功能。任何导致椎间盘髓核内蛋白多糖分裂和降解的病变都可以损害其结合水的能力，从而使椎间盘恢复高度和维持高度的能力受损而降低。

脊柱是人体整个运动系统中最重要部分之一。它不仅要承受身体躯干部分的重量，还作为四肢肌肉、骨骼的稳定平衡支柱中心，使整个身体保持正常的生理姿势和躯干的各种运动，保护脊髓和脊神经。在脊柱这些重要的功能中，椎间盘组织起着特殊的功能。

1. 使脊柱保持一定的高度 随着椎体的发育，椎间盘高度也增加，其增长可增加脊柱的长度。发育终止后，脊柱的长度可随体位改变而变化，即在站立时椎间盘的高度要比卧位时低，因此人的身高白昼低晚上变高，这种昼夜差一般为 20~30mm。老年后，椎体或椎间盘的高度减低，所以人到老年以后会变矮。当椎间盘病变时，影响到

脊柱可发生侧凸畸形。

2. 椎间盘可联结上下椎体，并使椎体间有一定的活动度。其活动度大的多在下颈段和腰骶段。

3. 椎间盘可以使椎体表面平衡承受相同的力。即使椎体之间有一定的倾斜度，可通过髓核半液体状的成分使整个椎间盘承受相同的应力。

4. 起到“橡皮垫”的作用。当人体由高处坠落或肩、头部突然加大负荷时，起到缓冲作用。

5. 使椎体间维持侧方关节突有一定的间隙和高度。

6. 可使椎间孔保持稳定的大小，以避免对神经根的压迫或刺激。正常情况下，椎间孔的大小是神经根粗细的3~10倍。

7. 维持脊柱的生理曲度。不同部位的椎间盘薄厚不一，在同一椎间盘的前后薄厚也不同，这些在腰椎间盘表现最为明显。颈椎和腰椎椎间盘前厚后薄，这样就使颈、腰椎出现生理性前凸。一旦生理性前凸变直或加大都会引起相关组织的病变。

参考文献

1. 党耕町，严尚诚译. 颈和肩臂痛. 北京：人民卫生出版社，1988.
2. 赵凤东，范顺武，杨迪生主译. 腰痛的生物力学. 北京：北京大学医学出版社，2005.
3. 季爱玉主译. 腰椎间盘突出. 北京：人民卫生出版社，2005.
4. 黄国志著. 脊柱革命. 广州：广东经济出版社，2005.

第二章

椎间盘的生物力学特点

由于椎间盘的解剖特性，它就像夹在两固体之间的“水包”。因此，椎间盘具有多种生物力学的性能，它是人体在生物力学方面表现最为复杂的结构，它具有多维空间运动的特点。可以将压力、剪力、弯曲力和扭转力等几种力合在一起形成合力。当人直立时，躯干、头和手臂的质量会对下腰椎施加相当于体重 55% 的垂直作用力。如在体重为 70kg 的男性就是 385N。假定腰骶椎间盘与水平面呈 30° 角，那么重力作用于椎间盘的压力和剪力就分别为 335N 和 190N。腰椎的小关节和椎间盘能一起承受约 80% 的扭转力，其中小关节承担一半。髓核在分散应力、对抗剪力和扭转应力时起了重要的作用。

椎间盘能随负重的变化而变形，最初是通过胶原网状结构的重组进行的。不同节段的椎间盘变形范围不同，目前没有一个模式理论能同时揭示现在发现的椎间盘退变与年龄、性别和程度的关系。如果持续负重，椎间盘的高度会降低或蠕变变形，蠕变变形很大程度上是由椎间盘液体丢失变形而引起的。因此，在不同的负荷下，椎间盘变形的程度主要依赖于胶原网状物质的结构和完整性。相反，蠕变变形的发生率和范围很大程度上与蛋白多糖（PG₂）渗透压有关。由于椎间盘是一种渗透压系统，椎间盘水合作用经历一种昼夜循环过程：在白天活动时，椎间盘负荷较大，其内液体被挤出；而晚上休息时椎间盘负荷变小，其内液体又恢复。经 MRI 观察显示椎间盘内的水分昼夜差异达 25%，据测量在白天椎间盘高度平均下降 6mm，这被认为与压力介导的椎间盘液体丢失有密切关系。相反，在太空实验室里失重 85 天的宇航员的椎间盘高度平均增加 5cm，这被认为与低负重时椎间盘膨胀有部分关系。

根据对颈椎生理弧度变化的研究，正常颈椎的中立位具有一定的生理前凸弧度。绝大多数正常人颈椎序列都存在 21° ~ 24° 的生理前凸。这种生理弧度的形成和维持主要是依靠椎间盘前高后低这一特性。颈椎生理性前凸对于维持颈椎的正常生理功能和运动功能有很重要的作用。在不同的颈椎曲度下，颈椎承受头颅重量产生的应力分布和对外力的反应是不同的，并且不同颈椎曲度下椎体的生物力学特性也不相同。

动态因素和静态因素对维持颈椎生理弧度具有重要意义。颈部肌肉作为动态因素明显影响颈椎生理弧度，当颈椎及其周围发生炎症或急、慢性损伤劳损时，由于颈部肌肉的痉挛使生理前凸消失。这种改变称为功能性弧度改变。静态因素包括颈椎骨、关节、韧带及椎间盘等。颈椎前柱高度的改变明显影响颈椎的弧度，因而这种改变又

称为结构性弧度改变。在颈椎间盘退变性改变的疾病中，功能性和结构性弧度改变均起作用，但后者的作用更主要。

颈椎的发病是一个连续的过程，从病理等改变看，可分为颈椎间盘、椎间关节、颈椎骨与软组织的继发性病理改变、脊髓及其血管的慢性压迫性病理。其中椎间盘的退行性改变是最早也是最本质的病理改变。椎间盘的功能与其含水量关系密切，30岁以后，椎间盘就开始发生生理性甚至病理性的退变。目前认为，髓核的亲水能力，主要取决于凝胶的吸水压，随年龄的增长，髓核中非聚集蛋白多糖呈进行性增加，蛋白多糖（PG₂）分子急剧减少，最终使椎间盘的吸水能力及亲水能力下降，其承受外界压力的能力也显著下降。这些改变会导致凝胶功能丧失以及纤维环生物力学失衡，纤维环的压力分布不均匀，使纤维环变性，并进一步引起椎间盘高度的丢失，使椎间关节不稳，继而引起颈椎骨和软组织的继发性病理改变。正常高度的椎间盘与其后部的2个小关节协同承受头颅和躯干的压力负荷，使颈椎骨具有完善的生物力学功能。这种前（椎间盘）和后（小关节面）共同载荷对颈椎的稳定和生物力学功能极为重要。国内学者贾连顺等对新鲜尸体颈椎标本研究后认为，椎间盘退变，椎间隙随之变窄，引起相对的后关节面载荷变化，结果可导致椎体相对不稳，表现为椎节在伸屈活动时发生骨移，屈曲时退变椎间盘上方椎体前移，伸展时，椎体向后滑动可恢复颈椎序列正常排列，其原因因为椎间盘退变后高度降低，前后纵韧带松弛，非正常椎节活动非但不增加颈椎活动范围，反而会改变椎管的矢状径。因此，长时间的低头读书、写字、高枕睡眠等都会导致颈椎病的发生，这一观点已被多数学者所接受。颈椎在活动时，椎间孔大小也会发生相应的变化，屈曲时增大，后伸时缩小。Yoo（1992）等发现颈椎屈曲20°或30°时，其椎间孔直径分别增大10%和13%；后伸20°或30°时，其直径分别缩小8%和10%。长期椎间不稳可使椎间盘刺激椎体后缘促使骨赘的形成，尤其在颈椎过伸时，这种变化更为明显。

人类颈、腰段的生理前凸随发育成长而逐渐形成，当处于胚胎和婴幼儿时，脊柱只具有一个后凸的生理弧度。出生后5个月婴儿爬行或坐位仰头，即形成继发的颈椎前凸；生后9~10个月婴儿开始学步站立；至生后13个月时，腰椎的后凸逐渐减小、消失；到3岁以后，腰椎又继发形成前凸；到8岁时腰椎前凸明显；到10岁时腰椎前凸基本与成人一样。与此同时，仅在胸椎和骶尾椎处仍保持脊柱的原发后凸，以平衡脊柱的生理前凸。在站立的脊椎动物（包括灵长类）中唯有人类才具有这种生理曲度。人类脊柱保持直立位，因此在劳动中脊柱就要承受纵轴的压力、剪力、张力、弯曲和旋转的力量。所以脊柱的稳定要求必须具有内源性稳定和外源性稳定的条件，并且两者必须平衡。内源性稳定包括椎间盘、小关节和椎间诸韧带，外源性稳定包括椎旁诸肌肉和胸腔及腹腔内外的肌肉维持。从某种意义上讲，外源性稳定因素较内源性稳定因素更重要。失去内源性稳定，脊柱的变化比较缓慢；而失去外源性稳定，脊柱立即不能维持正常的功能。实验发现，在没有肌肉，仅靠韧带连接的脊柱，当尾端不固定、头端固定，当头端负荷2.04kg后，脊柱即可呈现侧弯。对于腰背肌在腰部疾病的发病机制和治疗中作用的认识是一个不断深化的过程，已经获得公认的有三个里程碑。第一个是Kraus（1970），他是第一个比较系统地注意肌肉与腰背痛关系的人。他提出不

仅是肌肉的力量，而且肌肉的柔韧性和灵活性也同样重要的观点。第二个里程碑是 Janda (1978) 和 Sahrman (1992) 强调了肌肉失衡的概念。第三个里程碑是 Maye (1988) 和 Gatchej 提出的调节和失调的概念。关于脊柱外源性稳定因素的研究，近十几年来已趋向于适用功能锻炼的方法，系统地改善肌肉功能以预防和治疗。许多研究表明腰部慢性疾病与躯干肌无力有关，而与背伸肌的无力关系更加明显。Beinbom (1988) 等认为：正常人体躯干肌的伸/屈肌力比值约为 1.30。Timm (1990) 对 2520 名患腰骶劳损、椎间盘突出、滑脱、脊柱后方骨折、小关节紊乱等 14 种可引起腰背疼痛疾病的患者，用 LYBEX 角度测量仪等进行下腰痛 (low back pain, LBP) 患者预防损伤和临床康复的治疗及研究，结果 2381 名患者康复后满意出院，成功率为 94.5%，一年半后随访，仅 9 例复发，占 0.4%。Hansen (1993) 对 150 名 LBP 患者随机分组进行强化腰背肌锻炼的研究，他发现中、重体力劳动者对物理治疗反应较好，而腰背肌锻炼对久坐或轻体力工作者更为有效。为了更有效提高肌力，许多学者对功能锻炼的方法不断进行改进和尝试。Graes (1992) 在 $0^{\circ} \sim 72^{\circ}$ 的范围内研究不同的伸展锻炼幅度对增加伸肌肌力的疗效。结果发现在 $0^{\circ} \sim 36^{\circ}$ 范围内的伸展练习对提高背伸肌力是最有效。Carpenter (1991) 用不同训练频度来增加腰背等伸展肌力，结果在训练前 12 周内最明显。腰椎功能锻炼的方法很多，大致可分为屈曲锻炼和伸展锻炼两大类。大多数学者的随机研究结果显示伸肌锻炼是关键。同时也指出为了恢复腰椎的功能，在加强肌力训练的同时必须进行协调性和柔韧性的训练。Hellsing 在招募新兵中发现，腓绳肌和腰大肌短缩可提示 LBP 的发生或预示近年内将发生 LBP。患者腰椎活动度的训练和评估是通过增加躯干肌力的锻炼和牵拉躯干及下肢肌肉、韧带、筋膜组织来实现。通过这些实验和研究，充分说明外源性稳定的重要意义。

随着现代科学技术的发展和在医学领域的应用。特别是有限元分析法自 20 世纪 60 年代末应用于医学领域，70 年代首次应用于脊柱生物力学的研究。近年研究已取得迅猛发展，尤其在评价脊柱医源性负荷方面凸显出其优越性。有限元分析法 (finite element method, FEM) 是计算力学中的一种重要方法，它是 20 世纪 40 年代初兴起的应用数学、现代力学及计算机科学等学科相互渗透、综合利用的一门边缘科学。有限元分析法最早由 Courant 于 1943 年提出，50 年代应用于分析航空飞行器结构问题，此后，一直广泛应用于工程科学技术领域。60 年代末，医学领域开始应用，最早是用于分析心血管相关的流体力学问题。1973 年 Belytschko 等首先将有限元分析法应用在脊柱生物力学研究中，并使这一研究日益广泛和深入。由于脊柱的解剖结构、组织性能及负荷分布等方面的复杂性，以往的实验方法如电测法、光弹法等难以获得全域性信息，而采用了有限元分析法，脊柱的结构形状、组织性能、载荷边界条件等均可用数学形式概括，可通过改变其中任一参数观察其对整体结构的影响，从而更准确地解释脊柱在生理及病理过程中的力学变化。因此，有限元分析法应用于脊柱生物力学研究后得到飞速发展。

对椎间盘有限元模型贡献最大的是 Shirazi-Adi 等 (1984)，他们建立了包括 L2~3 椎间盘在内的脊椎阶段非线性三维有限元模型 (包括骨皮质、骨松质、终板和椎间盘)，椎间盘的纤维环模拟成胶原纤维，髓核模拟成不可压缩液体；两层纤维环的中间部分