

后方压迫致颈脊髓前后方压力改变的实验研究

赵 斌¹, 马 迅¹, 范永贵¹, 陈维毅², 张学锋², 孙 麟¹, 赵轶波¹

(1 山西医科大学第二临床医院骨科 030001 太原市; 2 太原理工大学 030001 太原市)

【摘要】目的:通过模拟颈黄韧带病变对颈脊髓后方致压,观测颈脊髓前后方所受压力与致压深度的关系,为临床手术方式的选择提供生物力学依据。方法:采用 5 具新鲜成人尸体颈椎标本(C2~C7)通过后方 C4/5 间骨窗置入直径 9.58mm 的半球形致压物模拟颈椎黄韧带病变时对颈脊髓后方所形成的压迫,硬膜囊前方测压杆与硬膜囊接触端为直径 18mm 弧形圆柱形面,圆柱形面纵轴与颈脊髓纵轴相吻合。实验对颈脊髓由后向前致压,致压深度分别为椎管中矢径的 10%~60%,依次增加 10%,分别测量不同致压深度下,颈脊髓前后方所受压力。结果:不同致压深度时,脊髓前方所受压力变化为 $0.0003 \pm 0.0028\text{N}$ ~ $0.1065 \pm 0.0628\text{N}$,各相邻致压深度间颈脊髓前方所受压力两两比较无统计学差异 ($P>0.05$);脊髓后方所受压力变化为 $0.0003 \pm 0.0032\text{N}$ ~ $0.7355 \pm 0.3340\text{N}$,致压深度为椎管中矢径的 10%~30%时各相邻致压深度间颈脊髓后方所受压力两两比较差异无显著性 ($P>0.05$),致压深度为椎管中矢径的 30%~60%时各相邻致压深度间颈脊髓后方所受压力两两比较差异有显著性 ($P<0.05$)。随致压深度的增加颈脊髓后方所受压力明显加大,二者呈非线性关系,相同致压深度时脊髓前、后方所受压力比较均有显著性差异 ($P<0.05$)。结论:颈脊髓后方致压时脊髓前后方所受压力比较差异显著,脊髓前后方所受压力与致压深度密切相关呈非线性关系,以致压局部所受压力最大,提示临床手术方式选择应以直接减压为主。

【关键词】颈脊髓;后方致压;生物力学

中图分类号:R681.5, R318.01 文献标识码:A 文章编号:1004-406(2007)-02-0129-04

The changes of the anterior and posterior stress due to the cervical cord-meningeal compression originated posteriorly/ZHAO Bin, MA Xun, FAN Yonggui, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2007, 17(2): 129~132

【Abstract】 Objective: To evaluate the relationship between the stress on cervical cord-meningeal complex (CCMC) compressed posteriorly and the degree of canal occlusion by simulating cervical abnormal ligamentum flavum and provide the biomechanical evidence for the choice of operation. Method: Specimens of five intact fresh cervical spine (C2~C7) from adult cadavera were collected and abnormal ligamentum flavum was simulated by placing a hemispherical steel ball (diameter 9.58mm) in the back of the canal through the C4-5 bone window. Compress the CCMC from posterior with the degree of canal occlusion varying from 10% to 60% (with an interval of 10%), and then measure the stress on the CCMC from anterior simultaneously under different conditions of canal occlusion with pressure transducer. Collect and analyse the data using SAS 8.0 statistical program package. Significance was set on the level of ($P<0.05$). Result: The stress on the anterior of the CCMC was changed from $0.0003 \pm 0.0028\text{N}$ to $0.1065 \pm 0.0628\text{N}$ with the degree of canal occlusion varying from 10% to 60% (with an interval of 10%); There was no significance between neighboring degree of canal occlusion ($P>0.05$). The stress on the posterior of the CCMC was varied from $0.0003 \pm 0.0032\text{N}$ to $0.7355 \pm 0.3340\text{N}$ in different depth. There was no significance between the 10% and 30% ($P>0.05$), while remarkable significance between 30% and 60% ($P<0.05$). The stress on the posterior of the CCMC increased greatly with the increasing of the degree of canal occlusion. With nonlinear relationship between them. Conclusion: The significance is remarkable between the anterior and posterior stress on spinal meninges by CCMC compressed posteriorly. The stress is strongly associated with the degree of canal occlusion but present nonlinear relationship, especially at the compression site which suggest that the direct decompression should be performed.

第一作者简介:男(1969-),副主任医师,医学硕士,研究方向:脊柱外科

电话:(0351)3365103 E-mail:zzbb2005@tom.com

【Key words】Cervical cord; Compressed posteriorly; Biomechanics

【Author's address】Department of Orthopaedics, the Second Hospital of Shanxi Medical University, Taiyuan, 030001, China

自从 Elsberg 报道了黄韧带增生致脊髓受压之后,对于黄韧带的解剖、组织学、病理学及生物力学特征,国内外都作了大量的研究^[1-3]。本实验旨在模拟颈椎黄韧带病变后对颈脊髓所形成的压迫,测量不同致压深度时颈脊髓前后方所受压力变化,从生物力学角度进行探讨,为临床手术方式的选择提供生物力学依据。

1 材料与方法

1.1 标本及制备

取自死于意外急性颅脑损伤的颈椎标本 C2~C7 5 具。标本最小年龄 25 岁,最大年龄 38 岁,平均 30 岁,均为男性。死亡至取材时间 30min~2.5h,取材后即时双层塑料袋密封,置-80℃深低温冰箱储存,储存时间 28~142d。试验前标本全部进行 X 线及 CT 检查,除外颈椎骨折及肿瘤病变,同时自 CT 片相应平面测量 C4、C5 椎管的骨性中矢径,记录备用。实验前自-80℃冰箱取出标本,室温下自然复温。小心剔除颈椎附着之肌肉,保留骨、韧带及关节囊的完整性。4# 丝线小心闭合 C2 及 C7 节段之硬膜囊及蛛网膜下腔,并与周缘同平面软组织缝合固定。闭合 C2 端时蛛网膜腔置入两根直径 2mm 之软管,一根作进水管,一根作出水管,以模拟正常脑脊液压力。

取外径 12mm 环锯,于 C4/5 椎间隙正中由前向后开孔,直视下小心切除残留的后纵韧带及周缘软组织,避免损伤硬膜囊前壁。注意开孔时保持环锯与 C4/5 间隙走行的一致性。去掉 C4 全部棘突及 C3、C5 部分棘突,小心分离咬除 C4 椎板及 C5 上缘部分椎板及黄韧带,使之成直径 12mm 骨孔,避免损伤硬膜囊后壁。

调配自凝型牙托粉,分别固定 C2、C7 椎体的上、下端于特制 10cm×10cm 铝板上,固定时保持颈椎中立位,上下方的铝板相互平行。支架固定待其凝固后,由进水管注入 0.9%生理盐水(冰盐水),排出囊内气体,夹闭排气管,然后移至实验台上进行测试。保持 0.9%生理盐水液平面高于 C2 水平 20cm 以模拟正常的脑脊液压力。

1.2 致压及测量系统

硬膜囊后方压力传感器 A(英国 INSTRON 公司,型号 UK624)固定于载物平台可旋进机床上,与致压杆相连。致压杆与硬膜接触处为直径 9.58mm 半球形钢珠,通过可旋进机床尾部手柄的转动推动致压杆向前移动完成对硬脊膜脊髓致压动作。同时可读出致压杆前移的距离,由此可控制致压物进入椎管的深度。硬膜囊前方压力传感器 B(英国 INSTRON 公司,型号 UK129)固定于载物台一侧,与硬膜囊后方直径 9mm 铝质测压杆相连,该测压杆与硬膜囊接触端为直径 18mm 弧形圆柱形面,圆柱形面纵轴与颈脊膜脊髓纵轴相吻合(图 1)。A、B 传感器通过导线与 INSTRON5544 材料性能试验机(英国 INSTRON 公司)相连,通过该装置由 A、B 传感器接受到的数字信息,经自带软件处理后予以保存,实验完毕数据通过 Microsoft Excell 软件处理后予以提取。

1.3 测量方法及内容

C7 椎体固定于载物平台上,取中立位。调整 A、B 传感器高度,使 A、B 传感器所接致压杆,测压杆中心保持一直线,能够分别进入颈脊柱后方,前方骨孔,不与周缘骨壁及软组织相接触。B 传感器所连测压杆由 C4/5 前方骨孔进入,弧形圆柱形面纵轴与脊膜脊髓纵轴相平行,使弧形圆柱形面恰好与颈脊膜前壁相接触并调零。A 传感器经 C4/5 后方骨孔进入,半球形顶部与两侧椎板交汇处内缘骨壁相平,予以调零。按照 CT 所测量标本 C4/5 节段椎管中矢径,摇动 A 传感器尾部手柄,使致压杆分别进入椎管中矢径的 10%、20%、30%、40%、50%、60%。当致压杆进入至每一致压

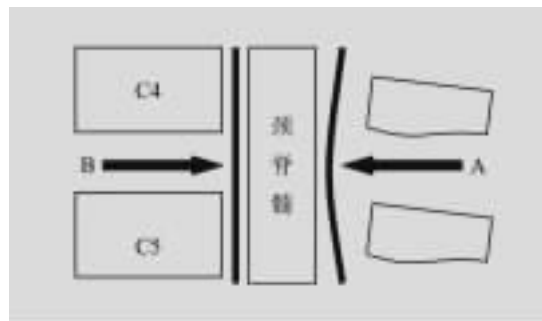


图 1 颈脊髓后方致压前后方脊髓所受压力示意图
(A 为硬膜囊后方压力传感器 B 为硬膜囊前方压力传感器)

深度时,适当退出致压杆,而后继续进至下一致压深度,以利于数据的提取。完成 60%致压深度后退出传感器 A,储存图片数据,重新致压,每一位置重复 3 次后退出 A、B 传感器,调整位置进行下一位置致压测量,过程同上。

1.4 统计分析方法

资料用均数 $\pm$ 标准差($\bar{x}\pm s$)表示。数据结果运用 SAS 8.0 统计软件包中完全随机设计两组均数比较 t 检验及多因素方差分析进行统计学处理。

2 结果

见表 1。各相邻致压深度间颈脊髓前方所受压力两两比较无统计学差异($P>0.05$);致压深度为椎管中矢径的 10%~30%时各相邻致压深度间颈脊髓后方所受压力两两比较差异无统计学意义($P>0.05$),致压深度为椎管中矢径的 30%~60%时

各相邻致压深度间颈脊髓后方所受压力两两比较差异有统计学意义($P<0.05$);随致压深度的增加颈脊髓后方所受压力明显加大,二者呈非线性关系(图 2);相同致压深度时脊髓前、后方所受压力比较均有显著性差异($P<0.05$)。

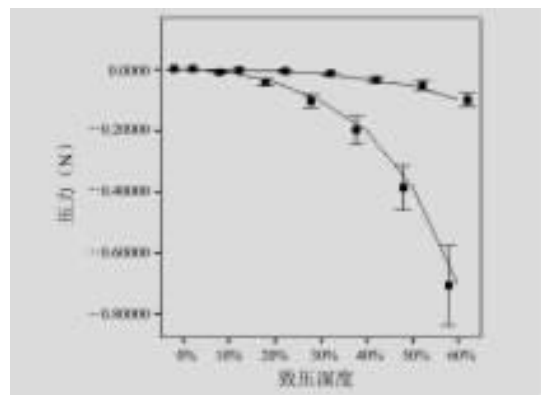


图 2 颈脊髓前后方脊髓所受压力与致压深度关系

表 1 不同致压深度时颈脊髓前、后方所受压力

($\bar{x}\pm s$, N)

部位	起始值	致压深度					
		10%	20%	30%	40%	50%	60%
前方	0.0003 $\pm$ 0.0028	0.0018 $\pm$ 0.0032	0.0066 $\pm$ 0.0059	0.016 $\pm$ 0.0118	0.031 $\pm$ 0.0215	0.0569 $\pm$ 0.0369	0.1065 $\pm$ 0.0628
后方	0.0003 $\pm$ 0.0032	0.0105 $\pm$ 0.0097 ^①	0.0443 $\pm$ 0.0282 ^①	0.1087 $\pm$ 0.0591 ^①	0.2095 $\pm$ 0.1135 ^①	0.4003 $\pm$ 0.1852 ^①	0.7355 $\pm$ 0.3340 ^①

注:①与相同致压深度前方比较 $P<0.05$

3 讨论

3.1 测量方法

由于硬脊膜特殊的生物力学性质,绝大多数急慢性颈脊髓损伤患者的硬膜均保持完整,致压物多数通过硬脊膜作用于脊髓使其持续受压。目前由于脊髓组织结构特殊,尚无较好的办法直接测量脊髓内部应力变化。本实验利用压力传感器模拟颈脊髓后方受压,同时以椎管矢状径的百分比为致压深度,并模拟了正常脑脊液压力,使实验测量更接近生理状态。实验中后方压力器为圆球行模拟黄韧带凸起对脊髓的压迫,前方采用凹面压力感受器其弧度与硬脊膜弧度相近来测量脊髓前方所受压力变化,本实验通过测量脊髓后方致压时前后方压力的变化对其进行分析。

3.2 致压深度与压力变化关系

后方致压时,随致压深度的增加,颈脊髓脊膜后方受到的压力明显增大。虽然个体间差异较大,但是压力与致压深度均呈非线性关系。由压力与致压深度关系曲线可知,在开始阶段进入椎管相同致压深度所需力很小,即很小的压力即可造成很大的变形。当致压深度达椎管中矢径的 30%以

上时,进入椎管相同的致压深度,所需压力变化很大,即很大的压力才可造成很小的变形。这是因为硬膜与脊髓特殊的生物力学特性决定的^[4-7],当其受到载荷时,脊髓的载荷-位移曲线有二个明显不同的阶段。第一阶段或称初始阶段,很小的拉伸力即可产生很大的移位;而到第二阶段,很大的拉伸力才可造成较小的移位,在承受拉伸载荷时二个阶段之间有明显的突变。本次实验后方载荷作用与颈脊髓脊膜时脊膜变形情况与之相同,致使颈脊髓脊膜后方受到压力与致压深度呈非同步增长。以达椎管中矢径的 30%致压深度为界,颈脊髓脊膜后方所受压力可以区分为二个不同的阶段,这一分界是否与病情及预后有关尚需进一步研究来验证。

3.3 脊髓特性与压力分布

由于脊髓具有可测量的弹性,并可将其视为具有椭圆形截面细长的均质性结构,我们可用弹性力学对其在后方受压状态下横切面上的压力分布进行分析。当脊髓脊膜后方受压时,受压局部受到明显的压应力。按圣维南原理,压应力在受压局部最大,随着与致压点距离的增大而逐渐减少并

趋于零^[8]。这种应力分布说明脊髓脊膜后部不同受压深度下,后部致压外力向前经脊髓脊膜后壁、脊髓、脑脊液传递到硬脊膜前壁的压力很小。由表 1 可知,60%致压深度时当后壁压力为 0.735N 时,前壁压力仅仅为 0.106N,其中还包括部分由硬膜囊后壁受压时前壁向前位移引起的压力变化,因此,单纯因压力传递引起硬膜囊前壁的压力增高十分有限,此恰与 Panjabi 等^[9]关于脊髓受压状态下应力分布规律的推论相符合,即脊髓受压时,压应力在受压局部最大,受压脊髓的对侧不受压应力影响。压力绝大部分被硬膜囊后壁、脊髓和脑脊液所吸收。提示致压时压迫物对脊髓造成的压力以致压局部最大,减压应以直接减压为主。

4 参考文献

1. 陈德玉,赵定麟,徐印坎,等.颈椎运动对颈脊膜脊髓受压的影响[J].中华外科杂志,1993,31(8):460-464.
 2. 刘忠军,蔡钦林,党耕町,等.颈椎黄韧带骨化和钙化[J].中国脊柱脊髓杂志,1996,6(2):57-59.
 3. 毛宾尧,应忠追,胡裕桐,等.颈椎黄韧带叠压症[J].中国矫形外科杂志,2001,8(10):949-951.
 4. Tunturi AR. Elasticity of the spinal cord dura in the dog[J].J Neurosurgery, 1977,47(3):391-396.
 5. White AA, Panjabi MM. Clinical Biomechanics of the Spinal Cord[M].Philadelphia:J Lippincott,1978.65-72.
 6. Yoganandan N,Kumaresan S,Pintar FA. Geometrical and mechanical properties of human cervical spine Ligaments [J].J Biomech Eng,2000,122(6):623-629.
 7. 朱庆三,顾锐,孙焕伟.颈椎后伸过程中黄韧带突入椎管距离动态变化的实验研究[J].中国脊柱脊髓杂志,2003,13(2):88-91.
 8. 徐芝纶.弹性力学[M].第三版,上册.北京:人民教育出版社,1990.12-43.
 9. Panjabi MM, White AA. Biomechanics of nonacute cervical spinal cord trauma[J].Spine,1988,13(7):838-842.
- (收稿日期:2006-02-27 修回日期:2006-03-31)
(英文编审 蒋欣)
(本文编辑 彭向峰)

消息

第二届全国微创脊柱外科学术会议 暨 2007(长沙)国际内镜脊柱外科技术高峰论坛

现代外科的发展趋势是手术的有限化、微创化、替代化和智能化,微创脊柱外科(minimal invasive spine surgery,MISS)的时代已经来临。在中国康复医学会的领导下和国内很多老专家的支持下,2003 年中国脊柱脊髓损伤专业委员会成立了微创脊柱外科学组,进一步推动了 MISS 在我国的迅猛发展,并已取得不少成绩,但同时也存在一些问题。为总结经验和教训、规范治疗以及促进 MISS 在我国的健康发展。中国康复医学会脊柱脊髓损伤专业委员会决定于 2007 年 6 月 15 日至 6 月 17 日在湖南省长沙市主办第二届全国微创脊柱外科学术会议。会议期间将邀请国内外知名微创脊柱外科专家作专题学术报告,并就相关问题进行深入讨论。本次大会将充分展示近年来国内外微创脊柱外科最新成果与进展,是广大脊柱外科医生切磋技艺、交流信息、总结经验的良好机会,必将使我国微创脊柱外科水平迈上一个新台阶。

主办单位:中国康复医学会脊柱脊髓损伤专业委员会微创脊柱外科学组,《中国脊柱脊髓杂志》编辑部。

承办单位:中南大学湘雅二医院。

学科分类:创伤及骨科学。

会议内容与形式:专家报告、专题讨论与成果交流、继续教育等。

征文内容:与微创脊柱外科相关的临床与基础研究。

征文要求:(1)2007 年 5 月 10 日前未曾公开发表的论文;(2)论文应具有先进性、科学性和实用性;(3)提供 500~800 字用 A4 纸 4 号字体打印的论著摘要,一律按结构式摘要书写(目的、方法、结果、讨论与结论)并附软盘(Word 文档格式)。请注明作者姓名、工作单位、通讯地址、邮政编码和联系电话。

截稿日期:2007 年 5 月 10 日(以当地邮戳为准),逾期不予受理。

投稿地址:湖南省长沙市人民中路 139 号,中南大学湘雅二医院脊柱外科王冰先生收,邮政编码:410011;电话:0731-5295825 或 5295624/13607445269。

E-mail:gh_lv@2118.cn 或 Bingwang20021972@yahoo.com.cn。

欢迎踊跃投稿、参会!