

柳木夹板力学性能测试和优化分析

欧来良 王志彬 李林安 梅妍
(天津中西医结合骨科研究所, 天津 300112)

【摘要】 目的 探讨柳木夹板的各种力学特性, 为小夹板的现代化提供一些必要的、科学的力学参数。方法 根据夹板的不同部分为四组, 每组随机抽取前侧夹板、后侧夹板、内侧夹板和外侧夹板各两块, 分别测其在加载——卸载时的挠度变化和一定载荷下挠度随时间的变化规律。结果 (1) 柳木夹板在一定范围内加载和卸载时其应力——应变关系符合虎克定律。(2) 加载卸载时其应力——应变曲线不重合, 即表现出一定的滞后性。(3) 载荷一定的情况下, 其弯曲挠度随时间的增加而增大。结论 柳木夹板是一种粘弹性体, 治疗骨折的模式是粘弹性固定模式, 其机械性能不稳定, 应积极探索新型材料的改进。

【关键词】 小夹板 生物力学 骨折

Measurement and analysis of mechanical characters of the willow splints OU Lai liang, WANG Zhi bin, LI Lin an, et al. *The Integration of Traditional and Western Medicinal Academy of Orthopaedics of Tian-jing* (Tianjing, 300112)

【Abstract】 Objective To study mechanical characters of the willow splint, and investigate the scientific parameters for the splint. **Methods** 80 pieces of willow splints were divided into four groups according to the sites of their application. Two pieces were selected randomly from the groups of the anteriosplint, posteror splint, medial splint and lateral splint. The changes of deflection with load and time were measured and the law of the changes were analysed. **Results** (1) relationship between stress and strain of the splint was in line with Huke's law under given load limits. (2) σ - ϵ curves of the splint did not coincide when the load was increased or decreased (3) Deflection of the splint would increase with time under identical load conditions. **Conclusion** The willow splint is a kind of stick and elastic texture body. Its mechanic character is unstable and a study of the improvement of the splint with a new material seems to be necessary.

【Key Words】 Splint Biomechanics Fracture

小夹板局部外固定治疗骨折, 为具有中国特色的骨折新疗法之一, 具有操作简便, 骨折愈合快, 治疗时间短, 功能恢复好, 医疗费用低, 病人痛苦少, 骨折并发症少等优点^[1]。近年来, 英国骨科学者对夹板进行了科学研究, 制成了北京—伦敦夹板。这对我们是一个启示, 本实验对柳木夹板的力学性能进行测试分析, 以期能为小夹板现代化改进提供有力的力学依据。

1 材料与方 法

1.1 临床常用不同部位柳木夹板

1.1.1 分组 实验选用临床常用的克雷氏夹板、前臂夹板、肱骨干夹板、股骨干夹板, 并按部位分为四组, 每组随机抽取前侧夹板、后侧夹板、内侧夹板、外侧夹板各两块。所用夹板由天津医院小夹板专业生产工厂提供。

1.1.2 夹板的长度测量 测量长度时, 因各部夹板具有一定弧度, 所以本实验均测其投影长度。测量所用仪器为国产的三角板。

1.1.3 夹板的宽度和厚度测量 因夹板的手工制作过程不规范而使其各部厚薄不均, 宽度大小不等。本实验在测量宽

度时取其两端宽度的均值, 测量厚度时取其四边厚度的均值。测量所用仪器为国产游标卡尺。其尺寸标准见表 1。

表 1 不同类型夹板的尺寸标志($x \pm s$) 单位(mm)

组别	克雷氏夹板	前臂夹板	上臂夹板	股骨干夹板
前侧夹板	长度	153.1±1.08	225.7±0.73	207.8±3.47
	宽度	61.56±2.29	58.06±4.32	44.94±0.70
	厚度	2.98±0.42	3.26±0.57	4.03±0.53
后侧夹板	长度	167.2±1.56	249.0±0.73	296.3±0.84
	宽度	61.48±2.72	60.58±2.96	42.96±0.78
	厚度	3.57±0.44	3.52±0.25	4.38±0.32
内侧夹板	长度	151.7±0.71	359.4±1.37	235.5±2.31
	宽度	22.69±0.50	28.94±1.19	42.5±0.82
	厚度	3.60±0.36	4.53±0.52	3.74±0.50
外侧夹板	长度	160.1±1.48	228.3±0.48	265.3±0.58
	宽度	24.20±0.41	19.33±0.87	41.56±0.62
	厚度	3.38±0.35	4.10±0.37	4.58±0.20

1.2 实验仪器

1.2.1 实验加载台 为在天津大学力学系教授指导下自行制作的,此台对夹板一端用优质加压钢实行三点固定,确保了夹板固定端的稳定性和受力的均匀性。夹板的负荷端用一抗弯强度好的铸铁片制作的加载片,以保证负荷端的载荷均布。两只挠度测量仪是国产 WCD-50 型位移传感器,其量程为 50mm,精确度高、灵敏度好。

1.2.2 实验装置工作原理 夹板一端固定,另一端为自由端,这样即构成一个悬臂梁,当自由端受到一个集中力作用时,则在梁的各个横截面上将存在剪力和弯矩。因为夹板的截面高度远小于其跨度,此时剪力对夹板的变形影响很小,可以忽略不计^[2]。而又因夹板在本实验所用载荷下的变形很小,则自由端某点沿轴方向的位移可以忽略不计。因此本实验把两只传感器的表头放置在夹板自由端的加载片上,并给其一定的初读数。可以认为位移传感器的指示数的变化值既为该点的挠度值。这样不同载荷的作用下的位移变化便通过载荷片传递给位移传感器而得到不同的挠度值。

1.3 测试方法

将加载台放置在平坦稳固的平台上,固定夹板后,把两只位移传感器固定在加载片一直线的两端,并使两只传感器距夹板中线距离相等,以防夹板产生扭矩。

给夹板一定预压力并记录传感器的初读数,均匀平稳加载—卸载,每隔 1 分钟读取传感器读数。每个夹板重复作两次。

2 测试结果

2.1 本实验通过不同载荷下的挠度变化,利用材料力学的处理方法,得出柳木夹板的一些重要力学参数(弹性模量、蠕变率、粘滞性等)。结果见表 2、表 3。

表 2 各组夹板弹性模量测试结果 单位(Gpa)

组别	克雷氏夹板	前臂夹板	上臂夹板	股骨干夹板
前侧夹板	4.32	5.35	6.53	8.33
后侧夹板	7.80	6.56	6.25	7.30
内侧夹板	4.88	6.64	5.38	13.84
外侧夹板	6.67	6.42	5.70	4.36

表 3 克雷氏夹板各项力学测试结果

P(kg)	δ (mm)	σ (Gpa)	ϵ (%)	E(Gpa)
0.00	0.000	0.000	0.000	
0.50	2.010	3.611	829.0	4.44
1.00	4.030	7.222	1662.	4.43
1.50	6.000	10.834	2475.	4.47
2.00	7.990	14.445	3296.	4.47
2.50	9.925	18.056	4094.	4.50
2.00	8.590	14.445	3543.	4.16
1.50	6.635	10.834	2737.	4.03
1.00	4.865	7.222	2007.	3.67
0.50	2.835	3.611	1169.	3.15
0.00	0.570	0.000	235.	

表中 δ 、 σ 、 ϵ 均为载荷作用下的最大挠度、应力、应变值。

注:因测试数据太多,本文只取克雷氏夹板所测结果进行分析。

表 4 夹板的蠕变率测试结果

时间(H)	0~	1~	2~	4~	6~	12~	24~ 48
蠕变率($\times 10^{-6}$)	1289	170	164	156	142	108	41

上表为 1.1kg 载荷下柳木夹板的应变随时间的变化率,为除去测量中出现的异常值,表中数据为经过二次多项式拟合后所得。

3 讨论

骨折的病因很多,骨折类型也相当复杂。对骨折的治疗大至可以归纳为以下三种。①内固定治疗骨折,此法复位准确,固定可靠,提供了早期活动条件,但由于伤肢活动时的传导应力大都不通过固定部位的骨质,缺乏生理应力刺激,等于剥夺了骨骼的生物性能,致使骨折愈合迟缓,重新模造也不能正常进行。另外人为的开放损伤也加大了感染的可能性。②外固定治疗骨折,它介与侵入与非侵入之间可作为手术与保守疗法的补充。③小夹板局部外固定治疗骨折。它是中西医结合骨伤新疗法,然而手工制作的夹板难以规范化及广泛推广。因此对小夹板的力学结构进行科学分析,为夹板现代化改进提供理论基础已是当务之急。

夹板局部外固定治疗骨折,它通过布带对夹板的约束力,夹板对伤肢的杠杆力,纸垫对骨折端的效应力来维持骨折的复位效果。其中作为杠杆的小夹板必须具有足够的韧性和弹性,能使伤肢肌肉作收缩活动时,吸收并储存部分能量,使骨折的断端不致产生过大的剪应力;而在肌肉松弛时,又能把贮存的能量释放出来,保持骨折断端间存在一定的对线对位倾向力。

强度和刚度是柳木夹板的重要力学性质,通过加载检查可以很好地了解柳木夹板的这些特性。而蠕变、滞后现象则可通过加载—卸载时的应力—应变曲线和一定压力下随时间变化的材料反应的方法来测定。

从表 2 可以看出,柳木夹板的弹性模量波动范围很大因为柳木作为一种木材,其机械性质与木材的组成、纹理走向、生长条件、温度、湿度、树龄、癖病有很大关系^[3]。因此,其机械性质具有不稳定性,而这种不稳定性也必将对骨折治疗产生一些不利影响。所以寻找一种具有柳木夹板的机械性能而性质稳定的材料。将更有益于夹板的规范化、现代化和广泛应用。

从表 3 的各项数据变化可知:柳木夹板在一定范围内加—卸载时,其应力—应变关系符合虎克定律,说明柳木夹板在一定情况下是弹性体。但是从其载荷—挠度变化关系及应力—应变变化来看,加载和卸载时挠度和应变并不归零,即有“滞后环”出现。以上现象称为滞后。而滞后正是物体具有粘性(内摩擦)基本表现之一^[4]。因此可以说柳木夹板是一个粘弹性体。

由柳木夹板的时间—应变关系可以看出:柳木夹板在最初 1 小时内蠕变最明显(0.129%),2~12 小时后蠕变率则稳定在 0.0142%~0.170%,24 小时后变化已趋于缓和。由此可以看出柳木夹板局部外固定治疗骨折过程中,最初 1 小时要特别注意调节布带的松紧,1~12 小时内要密切观察适时调节。

综上所述, 柳木夹板具有和人体骨骼、肌腱、肌肉类似的粘弹性。一定程度上也证实了柳木夹板局部外固定治疗骨折的合理性, 即在骨折复位后的治疗早期由于外伤性反应和复位时的继发性损伤, 以及初期静脉回流受阻和肌肉的疼痛性痉挛使布带对夹板的约束力上升, 而夹板的蠕变则缓冲了上升趋势。随着外伤性反应减退, 疼痛性痉挛的缓解, 静脉回流的改善及肌肉的轻度萎缩, 使布带对夹板的约束力下降, 此时夹板的弹性回复作用则延缓了这种下降趋势。也正是这粘弹性阻止了骨折治疗过程中夹板压力的过大波动, 从而也降低了骨折断端再错位的机率^[5]。所以说, 小夹板局部外固定治疗骨折它既是骨骼的约束力, 又与其有着内在的统一性。

参考文献

[1] 尚天裕, 董福慧. 实用中西医结合治疗 骨伤科学. 北京: 北京医科大学、协和医科大学联合出版社, 1998. 24.
 [2] 北京钢铁学院, 东北工学院. 材料力学(第一分册). 北京: 高等教育出版社, 1997. 182.
 [3] 苏·格·布略明, 阿·阿·巴尔格著. 马嗣昭译. 材料学. 北京: 煤炭工业出版社, 1956. 43.
 [4] 顾志华, 高瑞亭. 骨伤生物力学基础. 天津: 天津大学出版社, 1990. 99.
 [5] 尚天裕. 尚天裕医学文集(1958-1991). 北京: 中国科学技术出版社, 1991. 548.

(收稿: 1999 11-05 编辑: 李为农)

• 短篇报道 •

肾托复位对胸腰椎屈曲型骨折的临床应用

罗志安 蒲涛 黄强 陈安善 郭旭
 (海军 413 医院, 浙江 舟山 316000)

自 1985 年 1 月以来, 我院利用手术台肾托对胸腰椎屈曲型骨折进行复位 92 例, 效果满意, 现报告如下。

1 临床资料

本组 92 例中男 64 例, 女 28 例; 年龄 17~73 岁; 受伤距复位时间 2~11 天; 被压缩的椎体 97 个, L₁51 个, T₁₂22 个, T₁₁8 个, L₂4 个, L₃2 个, T₁₂-L₁5 个。其中单纯压缩 1/3 椎体 26 例, 压缩近 1/2 椎体 54 例, 超过 1/2 椎体 12 例, 伴有附件骨折, 椎体脱位, 侧方压缩者 19 例, 脊柱均有不同程度的成角畸形, 其中不全性截瘫者 2 例, 下肢肌力 4 级, 伴有不同程度的感觉障碍。

2 治疗方法

患者仰卧于手术台上, 脊柱后突畸形对准肾托凸处。复位前 10 分钟肌注, 杜冷丁 100mg, 安定 10mg。徐徐降落手术台两端, 再逐渐升高肾托, 约 25cm 高, 直到把患者悬空顶起, 在此时过程中注意防止因皮肤滑动而顶错位置。在此位置维持约 15 分钟, 使两端牵拉力得到充分发挥, 并在此基础上, 在两肩部及耻骨联合处同时按压数次, 以加大脊柱后

伸和牵拉力量, 达到最大限度复位。如椎体侧方有压缩, 复位后维持过伸位置, 一人用手抵于脊柱凸侧, 两助手分别在对侧肩部和髭部向反方向推挤, 直到脊柱呈最大程度的侧弯状态, 并在此位置维持数分钟, 既可复位, 相邻两椎体发生骨折, 无明显后突畸形者, 肾托应对准两棘突之间。复位完成后, 摇平手术台面和肾托, 将患者送回, 并移至腰部放有小软垫的硬板床上。日后渐渐垫高小软枕, 并配合床上腰背肌锻炼。

3 治疗结果

经 0.5~2 年随访, 平均 14 月。复位后拍片复查, 达到或接近原高度者 85 例(92.3%), 有明显改善者 17 例。脱位和成角均得到纠正。2 例不全瘫者肌力恢复正常, 感觉障碍消失。

4 讨论

4.1 适应症与禁忌症 运用手术台肾托复位应严格把握其适应症与禁忌症, 否则将损伤脊髓或神经根, 造成瘫痪。
 适应症: (1) 胸腰椎稳定性及稳定性屈曲骨折; (2) 胸腰椎屈曲型骨折伴轻度不全性截瘫者。禁忌症: (1) 椎弓及椎板骨

折; (2) 骨片进入椎管; (3) 完全性截瘫或较重不完全性截瘫。因于复位时脊柱后伸, 支点落在椎体的后部, 而附件骨折即受肌肉和韧带牵拉, 并可复位, 骨块也只在椎管外移动, 不会损伤脊髓, 故列为适应症。但因复位时, 椎弓骨折, 不能将肾托的顶压力有效地传至椎体, 且可能自身移位, 挤压损伤脊髓或神经根, 故列为禁忌症。

4.2 复位时注意事项 (1) 腹胀: 腹胀而紧张的腹部, 术中妨碍呼吸和限制脊柱后伸, 影响复位效果。可在术前用新斯的明注射, 或腹部热敷及做肛门排气等处理。(2) 选择复位时机。对后腹膜出血较少, 无腹胀、腹痛者, 即可复位。对出血较多, 腹胀, 腹胀严重者, 待其出血稳定, 腹胀、腹痛减轻后再复位, 大约 4~5 天。因为即使复位也常常加重损伤, 出血更多, 术后腹胀, 腹痛更为严重, 影响效果。术中应随时了解双下肢神经反应情况。(3) 术中复位应缓慢, 同时注意双下肢感觉是否异常。若出现神经症状, 应停止继续复位, 或调整复位位置, 以免医源性损伤神经。

(编辑: 李为农)