

· 学术探讨 ·

张力带原理力学基础的探讨

崔永锋¹, 朱宝华¹, 王利明², 管功奎¹

(1. 浙江省杭州市萧山区第一人民医院, 浙江 杭州 311200;

2. 浙江省温岭市第一人民医院, 浙江 温岭 317500)

摘要 张力带原理是骨折治疗中的基本原理之一,但管状骨的受力情况不同于髌骨等不规则骨。在髌骨骨折的治疗中,张力带原理一直被错误解读为功能锻炼时,张力带可使骨折块所受的分力力转化为压应力。而实际情况是张力带只能通过预牵张力中和可能产生的分离力,并不能在骨折端产生持续压应力。本文对张力带原理的力学基础进行了探讨,对其在髌骨骨折治疗中存在的问题进行了分析,以期对张力带原理进行重新阐释。

关键词 骨折 骨折固定术,内 张力带原理 学术探讨

张力带原理起源于建筑工程学,目前在骨折的治疗中被广泛应用。Pauwel 最初是通过对单腿站立时的静态受力分析来研究张力带原理的,但在对这一原理进行阐释时却将腿部的受力状态描述为动态加压状态^[1]。这个错误导致目前国内外主流教材对张力带原理的解读存在误解,临床应用出现误差。笔者对张力带原理的力学基础进行探讨,对其在髌骨骨折治疗中存在的问题进行分析,以期对张力带原理进行重新阐释。

1 张力带原理

《骨折治疗的 AO 原则》^[2]一书中,作者认为张力带是通过钢丝将骨折块分离的力量转化为骨折端的压应力来固定骨折的。Canale 等^[3]也赞同这一关于张力带原理的论述,即张力带固定骨折是“将骨折块移位的分离力转换为骨折部位的应力,允许术后早期功能锻炼,并促进骨折愈合”。张力带固定法是一种动力加压固定方法,对于髌骨骨折,在扭紧钢丝时,髌骨前侧皮质处于加压状态,即静力加压;当膝关节屈曲、股四头肌受牵拉时,钢丝将局部张力转化为对骨折端的压力,使髌骨后侧皮质也处于加压状态,即动力加压。固定后早期进行功能锻炼是产生动力加压的重要条件,否则将失去张力带固定的意义^[4]。

2 柱状图

柱状图(图 1)是解释张力带原理的经典示意图^[5]。偏心力作用于管状骨时,出现压力侧和张力侧,张力带 G 的力量逐渐加强时,Z 点的张应力转化为压应力。但髌骨并非管状骨,而是主要接受纵向张

力和垂直关节面的横向压力,而不接受纵向的压力,因此笔者认为用柱状图解释张力带原理是错误的。

3 髌骨骨折端受力分析

髌骨骨折端的受力有张力 f_1 、 f_2 和横向压力 N ,理想情况下 $f_1 = f_2$ [图 2(1)];张力带固定后,骨折端除受到以上 3 方面的力外,还受到张力带的预张力 Z_1 、 Z_2 ,且 $Z_1 = Z_2 > f_1$,即预张力大于分离力[图 2(2)]。静止时骨折前侧(m 点)所受的应力为 Z_1 减去 f_1 ,而后侧(n 点)因骨折端轻微分离所受应力为 0;膝关节屈曲时, f_1 增大,m 点所受应力减小,且由于压力 N 的存在,髌骨有向前成角的趋势,n 点受到应力;但在屈曲位静止时,n 点不受应力^[1] [图 2(2)]。由以上分析可知 m 点所受的应力来自于预张力,而非来自于功能锻炼;膝关节屈曲髌股关节面接触时才对 n 点有加压作用;膝关节伸直或过伸时,活动力量超出了微动促进骨折愈合的极限,n 点骨折端分离,阻碍了修复组织的生长,并有可能在关节面形成台阶,导致创伤性关节炎。由此,笔者认为张力带原理中“通过钢丝将骨折块分离的力量转化为骨折端的压应力”的表述是不准确的。

4 克氏针的位置

成人髌骨厚度平均为 19.8 mm,但个体间差异较大,中间嵴厚度可达 2 ~ 3 cm,软骨厚度可达 7 mm^[6-7]。克氏针固定的位置越靠前,钢丝拉得越紧,后侧骨折端的分离就会越大,真正的加压区域就越小^[1]。克氏针打入距髌骨前侧面 5 mm 处,固定后只对髌骨前 1/4 部分产生压力,可能导致髌骨 3/4 部分不愈合,甚至在膝关节伸直或不负重行走时,就可导

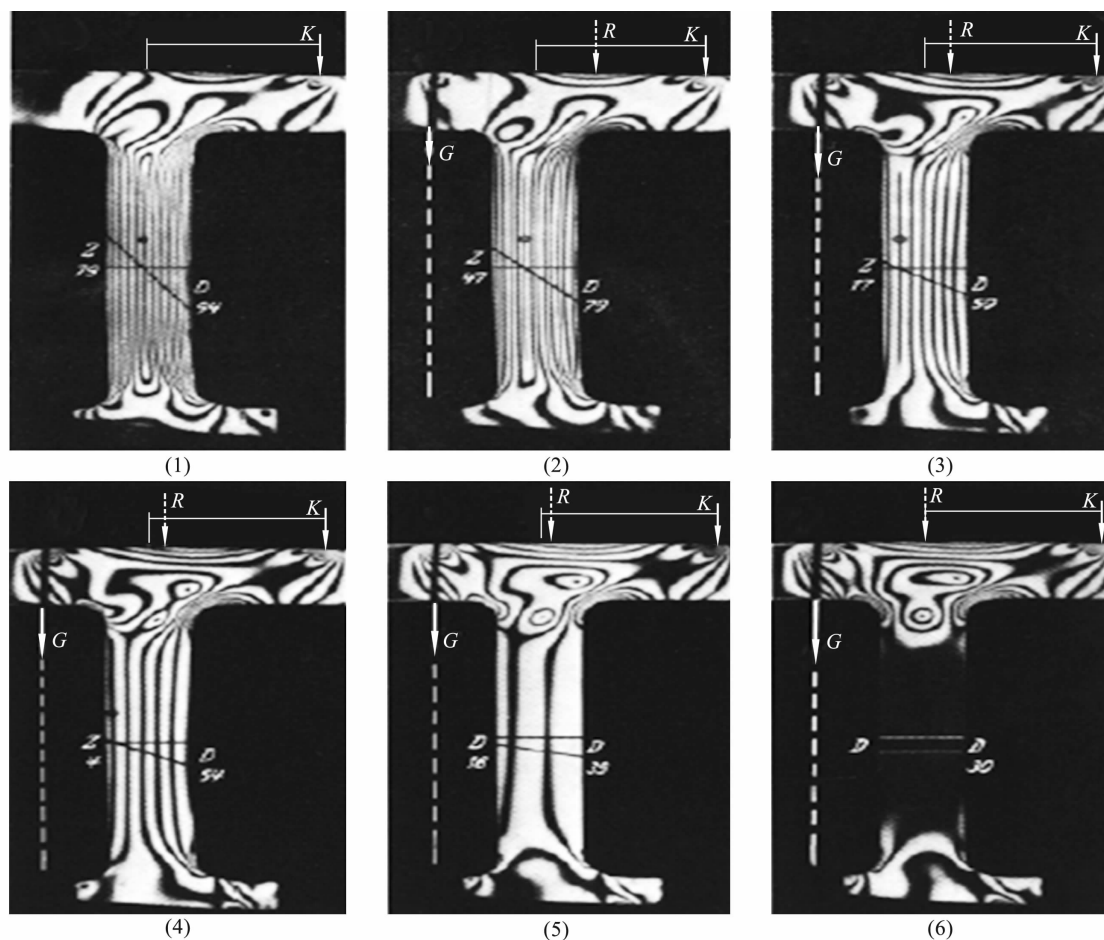


图 1 张力带原理柱状图

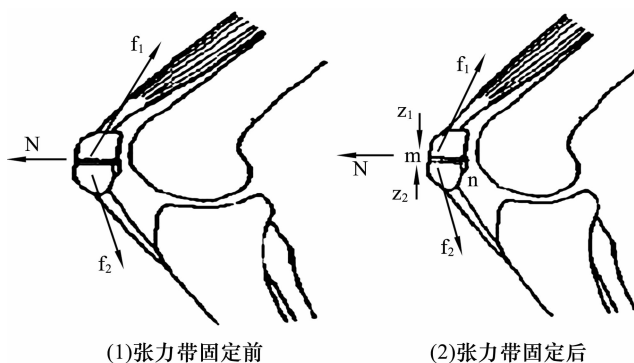


图 2 髌骨骨折端受力分析图

致关节面裂缝增宽,增加手术失败的危险因素。章铁琦等^[8]认为,在髌骨的前 1/3 进针,锻炼时可引起关节面开裂,建议在髌骨的中 1/3 进针。张玉宏等^[9]认为后、中 1/3 交界处是合适的进针部位。力学测试发现,髌骨关节面的软骨下骨最为坚固,是打入克氏针的最佳位置^[10]。Rüedi 等^[11]认为在实际操作中宁可将克氏针置于更靠近关节面一些的位置,也不要太靠近髌骨的前面,并认为这并不违背张力带原则。笔者认为克氏针的位置应该在髌骨中 1/3 部;但粉碎性骨折和前后分层的骨折,可打入后 1/3,仅维持固定,且

因骨折块不稳定,不宜早期功能锻炼。

5 早期功能锻炼

早期功能锻炼并利用膝关节的屈曲使张应力转化为压应力,是传统张力带接骨术的理论基础。膝关节的屈曲活动,只会使预牵张力所引发的前侧骨折端所受压力减小,要对骨折端后侧加压,膝关节必须处于持续屈曲状态,而实际上是不可能的。且在屈曲至极限时,膝关节处于静止状态,对骨折端并没有加压作用^[1]。因此,术后是否可进行早期功能锻炼,应根据骨折块的稳定情况决定。对于一些粉碎性骨折,维持固定的张应力和压应力过强均可使骨折块移位。

6 对张力带原理的阐释

目前,医学界认为张力带原理是一种动态固定,认为通过关节的活动,牵张力被转换成了压缩力,张力带是通过额外的活动,动态地对骨折端进行加压,并认为在关节面有点缝隙是必要的。但这种表述是有误的,是张力带原理从工程学领域应用于医学领域时的翻译错误。因为实际上,张力带固定(下转第 73 页)

成部分,是用于治疗关节疼痛、活动受限或僵硬的一种有效的操作手法。其特点为:①治疗前先行康复评估(包括疼痛、僵硬及其程度);②设定 4 个手法级别,操作幅度可以量化^[6];③操作速度慢,力量轻。关节松动手法中的摆动、滚动、旋转与中医推拿手法中的屈伸法和摇法在运动形态上极为相似,有较好的互补性和协调性。从生物力学特点上看,关节松动术具有操作速度缓慢、作用温和、分级可控性强的优点,即手法柔和性强。蒋松鹤教授将之与柔性正骨有机结合,则更为全面、安全而有效^[7]。另外,蒋松鹤教授认为在康复评估时还应结合经络辨证,这样选择穴位时会更为全面、有效。如落枕、斜角肌综合征等所致的颈部旋转受限,以点对侧外劳宫穴为佳;后颈部疼痛伴俯仰受限,以点颈夹脊穴、颈部督脉经穴及双侧后溪穴为佳。蒋松鹤教授还将关节松动术的分级思路应用于点穴正骨中。对于疼痛剧烈、关节活动重度受限者,采用关节活动的起始端小幅度手法,再行远部重度点穴,结合局部轻度点穴,远近点穴结合;对于疼痛引起的关节活动中度受限者,采用关节活动的全范围前中部大幅度手法,点穴方法同上;对于关节僵硬明显而疼痛不明显者,采用关节活动的全范围末端或受限处大幅度手法,速度较慢,近部重度点穴;

对于关节周围组织粘连、挛缩者,于关节活动的全范围末端或受限处施以小幅度手法,近部重度点穴,最后行擦法。

综上所述,柔性点穴正骨手法将柔性正骨、手法点穴和关节松动术融为一体,使温热效应、得气效应、压力效应、松动效应 4 大效应协同组合^[6],从而达到安全而高效的矫治目的。

4 参考文献

- [1] 蒋松鹤,郑余银,张丹迎,等. 浅议刚柔要素理论在推拿临床的应用[J]. 江苏中医药,2005,26(6):34-35.
 - [2] 蒋松鹤. 推拿手法刚柔与力学剖析[J]. 按摩与导引,2001,17(1):4-5.
 - [3] 蒋松鹤. 推拿手法的误区与对策[J]. 中国临床医生,2001,29(1):36-37.
 - [4] 周信文. 推拿手法学[M]. 上海:上海科学技术出版社,2000:89-90.
 - [5] 纪树荣. 运动疗法技术学[M]. 北京:华夏出版社,2004:75-77.
 - [6] 燕铁斌. 物理治疗学[M]. 北京:人民卫生出版社,2008:80-81.
 - [7] 张丹迎,蒋松鹤,陈海丽,等. 中国推拿与西方关节松动术结合应用初探[J]. 江西中医药,2008,39(6):69-70.
- (2011-09-17 收稿 2011-11-10 修回)

(上接第 71 页)是一种静态接骨术,是通过预牵张力对抗可能产生的分离应力,从而产生压应力,所有可能发生的牵张应力都被这一应力中和,只允许张力的弹性变化而不是骨折块的移动。髌骨骨折时,偏心固定和关节侧开裂是张力带固定的最大缺点,在静息和运动时都会使骨块分离,形成没有压力的裂隙,功能锻炼只能对髌骨后侧加压,而后侧过多的活动会增加手术失败的风险。

本文仅从理论上对张力带原理的力学基础进行了分析,对张力带原理认识中的错误进行了澄清,但这些观点仍需要在尸体模型上进行严格的力学测试来证明。因此,在尸体模型上对张力带的力学基础、膝关节静态和动态及不同的屈曲角度的受力情况进行分析,将是笔者下一步研究的重点。

7 参考文献

- [1] Labitzke R. 钢缆接骨术[M]. 赵金忠,罗从风,译. 上海:上海科技出版社,2007:53-74.
- [2] Rüedi TP, Murphy WM. 骨折治疗的 AO 原则[M]. 王满宜,杨庆铭,曾炳芳,等译. 北京:华夏出版社,2005:187-190.

- [3] Canale ST, Beaty JH. Campbell's operative orthopaedics[M]. Pennsylvania: Kim Murphy, 2007:197.
 - [4] Crenshaw AH. 坎贝尔骨科手术大全[M]. 过邦辅,蔡体栋,译. 9 版. 上海:上海翻译出版公司,2001:81.
 - [5] Pauwels F. Biomechanics of the locomotor apparatus; contributions on the functional anatomy of the locomotor apparatus[M]. Berlin and New York: Springer-Verlag, 1980:221-228.
 - [6] 钟世镇. 临床应用解剖学[M]. 北京:人民军医出版社,1998:596.
 - [7] 王启华,孙博. 临床解剖学丛书:四肢分册[M]. 北京:人民卫生出版社,1996:303.
 - [8] 章铁琦,陈杭晖. 髌骨骨折张力带内固定手术并发症原因分析——附 16 例病历分析[J]. 中医正骨,2005,17(4):52.
 - [9] 张玉宏,张翠红. 髌骨骨折克氏针张力带内固定治疗并发症及失败原因分析[J]. 山西医药杂志,2007,36(6):435-436.
 - [10] 张健,安洪,蒋电明. 髌骨不同截面的生物力学研究[J]. 重庆医科大学学报,2001,26(1):53-55.
 - [11] Rüedi TP, Buckley RE, Moran CG. AO principles of fracture management[M]. New York: Thieme Stuttgart, 2000:249.
- (2011-04-02 收稿 2012-07-05 修回)