

不同屈膝角度下髌骨应力的生物力学研究

福建中医学院骨伤研究所 (福州 350003)

陈执平 张 俐 张安祯

摘要 本文应用电测法,对 6 例人体新鲜髌骨进行测试,研究髌骨随不同膝关节屈曲角度的应力变化,以及某些特定屈曲角度下股四头肌拉力对髌骨应力的影响。结果显示:在恒定的股四头肌拉力作用下,当屈膝角度在 0~40°范围内增加时,髌骨应力增长缓慢,而当屈膝角度在 40~90°范围内增加时,髌骨应力显著增加。因此在骨伤临床康复中应充分重视屈膝角度对髌骨应力的影响,尤其当屈膝角超过 40°时,髌骨应力迅速增大这一事实,对髌骨骨折病人固定术后不负重或负重膝关节屈伸活动范围的掌握,具有一定的意义。

关键词 电阻应变测量 髌骨 应力 应变

髌骨在膝关节伸屈活动中担负着生物力学功能^[1]。本实验研究则从膝关节不同生理屈曲角度对髌骨表面应力的影响入手,采用新鲜人体髌骨为实验标本,以电阻应变测量法为实验手段,探讨髌骨随不同膝关节生理屈曲角度的表面应力变化规律,以及特定的膝关节屈曲角上股四头肌拉力对髌骨应力的影响,为髌骨的临床和科研提供参考。

材料和方法

1、实验材料及测试仪器:新鲜、无病变髌骨 6 个,取自 6 名由于车祸及其他原因外伤而截肢的成年男性,保留股四头肌肌腱及髌韧带,剔除其余软组织,术后即用经生理盐水浸泡过的纱布包裹,双重塑料薄膜密封,放入冰箱冷藏,平均冷藏时间为 3 周,实验时置于室温下自然解冻。

电测实验采用 BF120—5AA 电阻应变片和 YJB—1A 型静态电阻应变仪。测力架自制。将成年人防腐股骨及胫骨装配于测力架上,以球形铰分别代替髌关节和踝关节。测力架设有滑道装置,膝关节可模仿不同生理屈曲角度作屈伸运动。股四头肌及髌韧带拉力由绕过滑轮的砝码施加。

2、实验方法原理:为精确测定膝关节不同生理屈曲下髌骨的受力,必须充分了解生理状态下胫股关节及髌股关节的运动学规律、特定膝关节屈曲角下各骨骨的相对位置,这是本实验的主要技术关键。应用 Reuleaux 方法^[2]、Frankel 方法^[3],每隔 10°连续拍摄生理屈伸下的膝关节 X 线片。依据 X 线片,结合运动学原理,确定膝关节不同生理屈曲角度下髌一股、胫一股的相对位置。实验时,根据已确定的位置关系,通过滑道装置进行调整。每调整一次膝关节屈曲角度,都需重新调整各骨位置。

新鲜髌骨含有丰富的油脂和水份,其绝缘、导热等物理性能都较差,这与金属、干枯骨等有很大不同,因而对电阻应变片的粘贴有较高的要求。本实验中,首先将从冰箱中取出的新鲜髌骨放置于室温下,使骨的温度场与室温一致,将贴片部清理干净、平整、用丙酮清洗,用金相纸打光,再用丙酮清洗,置通风处干燥后,在贴片部位及应变片上各涂上一层胶,按常规方法贴片^[4]。鉴于电阻片对温度的影响十分敏感,实验中采用温度补偿法^[5]对温度的影响进行补偿修正。

实验结果

表 1 在恒定的股四头肌拉力作用下膝关节屈曲角度的改变对髌骨前面拉应变的影响

角度	股四头肌 腱拉力 (N)	应变 (μE)						
10	50	5	100	11	150	17	200	24
20	50	13	100	27	150	42	200	56
30	50	22	100	47	150	71	200	94
40	50	50	100	103	150	156	200	209
50	50	139	100	282	150	423	200	565
60	50	176	100	356	150	535	200	713
70	50	225	100	455	150	683	200	910
80	50	267	100	539	150	810	200	1078
90	50	296	100	597	150	896	200	1195

在恒定的股四头肌拉力（分别为 50N、100N、150N、200N）作用下，随着膝关节屈曲角度的增加，髌骨前面拉应变增大。在 0~40° 变化区间内，曲线变化相对平缓，屈曲角的增加引起髌骨前面拉应变之增大并不十分显著。相比之下，当屈曲角在 40~90° 区间内变化时，由于屈曲角度的增加引起髌骨前面拉应变的增加则相当显著。（见图 1）

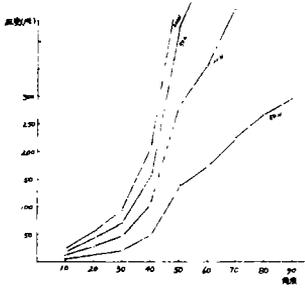


图 1 膝关节屈曲角度与髌骨前面拉应变的关系

在复合载荷作用下，髌骨表现出与股骨、胫骨等皮质骨在单一载荷（拉伸）下相似的机械性能^[6]。本实验对 10~90° 9 个屈曲角都进行了测试，结果都表明曲线呈现弹性区，但区内曲线不完全呈直线，而呈轻度弯曲的非线性弹性变化。（见图 2）

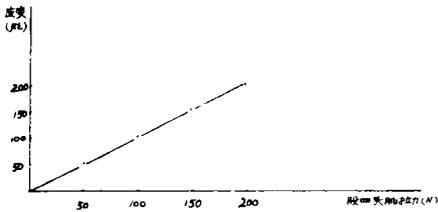


图 2 膝屈曲 40° 时股四头肌拉力与髌骨前面拉应变的关系

讨 论

一般认为，日常活动中随着膝关节屈曲角度的增加，髌骨受力增大，如人的下蹲动作。这是因在下蹲过程中，膝关节屈曲角度增加，人体重心后移，向后倾倒的重力矩增大，为了保持人体平衡，防止向后倾倒，股四头肌收缩，肌力增大，与重力矩相抗衡，而股四头肌拉力的增大，导致了髌骨应力的增大。但膝关节屈曲角变化本身对髌骨应力产生影响如何，却是值得探讨的问题。为此，本实验着重研究在几组恒定的股四头肌拉力作用下，髌骨前面应力与膝关节屈曲角度变化的关系。从表 1 及图 1 所示的实验结果看，髌骨的受力是十分复杂的。在膝关节的生理屈伸活动中，胫—股接触面、髌—股接触面无论是接触位置和接触面积都在不断地变化^[7]，其中，胫股关节中胫骨上端与股骨下端

的相对运动呈既滚动又滑动的状态，股骨髌屈伸运动轴在屈伸活动中不断改变。髌股运动亦由滑动与滚动两部分组成^[8]。膝关节从完全伸直至完全屈曲，髌骨在股骨髌处向下滑动约达 7cm。总之，各关节面错综复杂的几何形状和多变的相对位置变化，使髌骨处于一个十分复杂的力学环境中，造成髌骨受力的复杂性和多变性。对于在股四头肌拉力恒定的情况下髌骨在 0~40° 区间的变化（见图 1），我们认为与股四头肌肌腱与髌韧带拉力作用线的夹角有关。在这种情况下，髌骨可基本看作是一个拉伸构件，作用于髌骨的载荷形式相对单一。另外，也可能由于此区间内髌骨下中区与股骨髌面相接触有关。但单从力学上似乎很难对此区间曲线变化作出满意解释。从解剖学考虑，认为因为在生理状态下，髌骨及其周围组织共同承受载荷的缘故。在此区间内，髌旁腱膜、关节囊及髌骨骨膜等组织分担了相当大一部分的载荷，从而使得髌骨承担的那部分载荷大大减少，髌骨前面拉应变就小且呈接近线性的缓慢增加。这提示：临床上髌骨骨折，伴有髌旁腱膜与关节囊撕裂，应及时进行手术缝合修补，这样，在髌骨骨折固定术后的早期功能活动中，可避免在髌骨上产生过大的拉应力，以保证髌骨顺利愈合。当屈曲角在 40~90° 内增加时，髌骨前面拉应变于 40° 时突然增大，之后增加相当显著。对此笔者认为此区间内髌骨由仅受单一拉伸载荷变为受到拉伸、弯曲等复合载荷作用，髌骨作为受弯构件的功能得到充分发挥，髌骨弯曲应力产生弯矩与载荷弯矩相平衡。复合载荷的作用，导致髌骨前面拉应变显著增大，而此时，髌旁腱膜、关节囊等不仅不能起到分担髌骨应力的作用，相反还加大髌前拉应变，进一步加大了髌骨前面的拉应变。因此在髌骨骨折固定术后的功能锻炼时，膝关节屈曲活动范围以在 0~40° 为宜，尽量避免超过 40° 的活动，这样就可使髌旁腱膜、关节囊完好（或经修补）的情况下，使髌骨前面所受拉应力最小，以利骨折的愈合。

参考文献

1. 毛宾尧. 膝关节外科. 第 1 版. 北京: 人民卫生出版社. 1987; 119.
2. Reuleaux F. The Kinematics of machinery, outline of a theory of machine. London: Macmillan, 1976; 283.
3. Frankel VH, et al. Biomechanics of internal derangement of the knee. Pathomechanics as determined by analysis of the instant centers of motion. Bone Joint Surg 1971; 53A (5): 945.
4. 孟和. 骨伤科生物力学. 第 1 版. 北京: 人民卫生出版社, 1991; 446.
5. 刘烈全. 实验应力分析中的电测法. 第 1 版. 北京: 国防工业出版社, 1979; 63.

6. 过邦辅. 临床骨科生物力学基础. 第 1 版. 上海: 上海远东出版社, 1993; 26.

7. Perren SM. Biomechanics; Current interdisciplinary research. Dordrecht; Martinus Nijhoff Publishers, 1985; 419.

8. Lengsfeld M, et al. Kinematics of the patellofemoral joint. Investigations on a computer model with reference to patellar fractures. Arch Orthop Trauma Surg 1990; 109 (5): 280.

(收稿: 1995-12-28; 修回 1996-08-12)

同侧上肢骨折并下尺桡关节分离脱出皮外一例

沈阳市红十字会医院 (110013)

张雄伟 陈宏宇 蒋若愚*

患者 男 56 岁。于 1993 年 5 月 13 日在从事机床劳动中, 左上肢衣袖被旋转机器缠绞, 致左上肢绞入到皮带轮中, 断电后又经反向旋转被他人强性拉出。左上肢桡骨干屈曲畸形, 腕部桡尺侧骨置于皮肤外, 左手掌, 背侧皮肤破裂, 左上肢重度肿胀, 桡动脉波动弱, 末梢循环差, 肢体出现较广泛的张力性水泡, 肢体麻木, 有蚁走感, 伤后被人送来本院。X 线片显示桡骨远端粉碎性骨折, 下尺桡关节分离, 桡骨、尺骨中段双骨折, 成角移位。肱骨中下 1/3 呈螺旋形骨折, 呈短缩外展移位。锁骨骨折。病人为同侧上肢多段骨折。

定桡尺骨, 术后放置多处胶皮膜引流条。整复外固定桡骨骨折后, 前臂行石膏托做外固定, 屈肘 90°, 悬吊尺骨鹰嘴牵引。一周后肢体肿胀消退, 肱骨干施行小夹板外固定, 二周后拔出骨牵引, 上肢置屈肘悬吊位外固定。经 X 线摄片复查, 骨折脱位均对位良好。伤口一期愈合, 六周去除肱骨干小夹板及前臂石膏托, 逐渐恢复关节活动。三个月后复查, 左上肢功能恢复正常。

治疗 在臂丛神经麻醉下, 行全上肢清创术, 彻底切除挫伤严重的污染组织, 缝合腕部尺桡侧裂口, 改开放为闭合骨折处理。用布带绕过左腋下捆于复位床栏, 助手握住患者左手行对抗牵引, 在牵引同时纠正下尺桡关节脱位分离、合力扣压、保持稳定。肱骨干肿胀, 皮肤出现广泛水泡, 给予尺骨鹰嘴牵引, 缓慢复位。前臂肿胀明显而行切开复位, 用四孔钢板, 三棱髓内针固

讨论 同侧上肢缠绞伤致多处骨折脱位, 临床上比较常见, 但复杂的盖氏骨折, 下尺桡骨穿出尺侧桡侧皮外, 受伤暴力复杂, 肌肉组织缺血性改变严重, 实属罕见。早期处理不当, 常可加重筋膜间隔区综合症的发生。本例经合理的中西医结合治疗, 通过切开复位内固定, 减张组织压力。改开放为闭合骨折脱位处理, 石膏外固定。行牵引悬吊, 小夹板外固定。中西医结合治疗骨折证明, 骨折愈合快, 功能恢复正常。

(收稿: 1995-04-10)

* 沈阳工业学院职工医院

广东、湖南、云南、广西四省区 骨伤科新技术推广学习班召开

于 1996 年 11 月 11 日至 11 月 18 日, 在广西玉林地区人民医院, 由广西区卫生厅主办, 玉林地区人民医院承办、中华医学会广西分会骨科学会协办了一期卫生部“十年百项”科技成果推广学习班——广东、湖南、云南、广西四省区骨伤科新技术推广学习班。参加学习班的学员来自广东、湖南、云南、广西四省区 86 家医院的骨科医师共 103 人。学习班特邀成果发明人, 我国著名的骨科专家——上海市第六人民医院骨科主任于仲嘉教授、北京中国中医研究院骨伤科研究所孟和教授、山东文登正骨医院赵锦民主任医师等 6 名专家进行授课、讲学及示范手术。学习班系统地讲授了于仲嘉教授的研究成果——单侧多功能外固定支架的应用技术、孟和教授的研究成果——骨折复位固定器疗法, 以及山东文登正骨医院的研究成果——充气式弹性脊柱固定牵引器治疗屈曲型胸腰段脊柱骨折三项骨伤科新技术。

potential Spinal Cord No. II (SC II)
(Original article on page 10)

The Effect of Various Flexion Angles of Knee Joint on the Stress of Patella — a Biomechanical Research Chen Zhiping, Zhang Li, Zhang Anzhen. Institute of Orthopaedics and Traumatology, Fujian College of TCM, Fuzhou (350003)

The variation of patterns of patella stress under different flexion angles of knee joint and the effect of quadriceps force on patella stress under specified flexion angle were measured electrically on 6 fresh patellas of cadavers. The results demonstrated that under a constant quadriceps force, the strain of patella increased slowly as the flexion angles increasing from 0° to 40°, and the strain increased significantly as the flexion angles increasing from 40° to 90°. It was suggested that, especially as the flexion angle is over 40°, the effect of flexion angle of knee joint on the stress of patella should be taken into full consideration, for postoperative unburdened as well as burdened exercise of knee joint.

Key words Resistance strain Patella Strain Stress

(Original article on page 12)

24 Cases of Postoperative Nonunion of Humeral Shaft Fracture Luan Jinda, Li Yin, Wang Guanzhong. The First People's Hospital of Lianyungang, Jiangsu (222002)

24 cases of postoperative nonunion of humeral shaft fracture have been treated with satisfactory therapeutic effect. It was considered that the main causes of postoperative nonunion are the interference of operation, the improper postoperative treatment, and the interference from local stress after operation. The key point to the prevention of postoperative nonunion is to master strictly the indication of operation. The principle of treatment of postoperative nonunion is rigid internal fixation and enough bone grafting.

Key words Humeral shaft fracture Nonunion Prevention and treatment

(Original article on page 15)

骨科新技术培训班通知

为推广近年来骨科领域内的新技术、新疗法,中国中西医结合学会、中国骨伤杂志编辑部、北京骨伤外固定研究会。定于1997年5月13日~5月18日在北京举办骨科新技术培训班,特邀陈宝兴、孟和等国内著名专家、教授主讲,并安排手术操作示教,具体事宜通知如下:

- 一、对象: 各级医院骨科具有3年以上工作经验的医师。
- 二、内容: 1. 骨穿针外固定器的临床应用;
2. 经皮穿刺颈腰椎间盘切吸术;
3. 小切口足外科疗法;
4. 微型外科新技术。

三、费用: 学费580元,资料费100元。(另有教学录相带,二盘300元,需要者另购。)统一安排食宿,费用自理。

四、报到时间: 1997年5月12日

五、报到地点: 北京市东直门内北新仓18号《中国骨伤》杂志编辑部(地铁东直门站或由北京站乘24路公共汽车海运仓站下,中国中医研究院骨伤科研究所内)。

注: 凡参加学习班的学员,拟购返程车票者请将返程时间、车次在回执中注明。报名回执请于1997年4月15日前寄回,以便安排食宿。回执请寄至: 北京市东直门内北新仓18号《中国骨伤》编辑部 钟方 收(邮编100700)。