微创骨穿针仿生运动外置式人工关节控制下的家兔膝关节再生与功能恢复研究

钟红刚[1] 张万强[1] 关继超[1] 董福慧[1] 钱民全[2] 孟和[1]

（1中国中医科学院望京医院,北京，100700；2中国科学院力学所，北京，100700）

摘要 [目的]探讨通过仿生运动生物力学环境下关节再生的方法；**[方法]**采用实验家兔7只，在实验家兔股骨干和胫骨骨干各穿2枚直径1.5 mm克氏针，分别安装框架平台。然后，在体外通过在膝关节内侧和外侧分别安装模拟膝关节矢状面运动轨迹的平面四杆机构，连接股骨和胫骨上安装的固定框架。在股骨髁和胫骨平台同时截骨去除关节软骨及十字交叉韧带和半月板等结构，但不损伤肌腱起止点，保留关节囊及囊外韧带，保留髌骨和籽骨。术后家兔自然活动。随着关节截骨后愈合过程，定期拍摄x线片，测量关节活动度。**[结果]**7只实验家兔中6例成功安装外置式人工关节，截骨后，实验家兔活动基本正常；截骨微创骨穿针仿生运动外置式人工关节控制下自然活动12周后，家兔膝关节活动依然正常。X线显示骨性关节间隙依然存在。**[讨论]**通过后续试验，增加动物量，可以逐渐提高安装成功率。本文采用微创骨穿针仿生运动外置式人工关节控制方法进行家兔膝关节截骨再生实验，经过12周在体活动观测，膝关节活动度依然良好，实验家兔外观主动活动步态基本正常。外置式仿生运动人工关节为家兔膝关节再生提供了良好的运动模造环境。实验仍在继续进行。

关键词：外置式人工关节，微创，骨穿针，膝关节，再生

一、简介

1957年，天津人民医院方先之等报道采用病灶清除疗法，治疗941例骨关节结核。并对破坏严重的全关节结核病例采用“截骨融合”和“假关节成形术”治疗，获得显著疗效。多数截骨愈合迅速，缩短了疗程。

本文方法与之相反，希望通过截骨后，保持膝关节正常关节活动模造，实现膝关节再生。这方面的努力已经有不少进展。

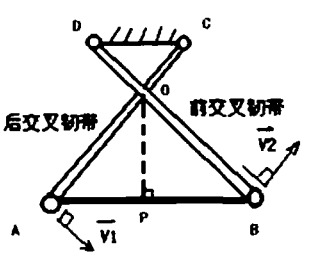
1995年，寿柏泉等，在实验家兔股骨干进行假关节成形术。截断股骨干后断端填充聚四氟乙烯薄膜。结果发现有薄膜间隔的一组股骨干截骨处形成“活动度良好的假关节”；对照组股骨干截骨处无隔膜则“已形成骨性粘连”。

2004年，魏杰等，在动物犬双侧股骨髁部造成10mm×8mm面积全层软骨缺损后，右侧安装关节撑开运动器，左侧对照，自由活动。20~24周后结果为：1)双侧关节活动自如;2)透射电镜观测，实验测多为较成熟的透明样软骨细胞，而对侧多为大量纤维组织。

二 材料与方法

1. 外置式人工膝关节：采用四杆机构运动模型。

1.1 平面四杆连杆机构由四根杆件通过单自由度铰链联结成一套运动系统，通过调整四杆的相对长度，实现不同的运动规律。如图1。



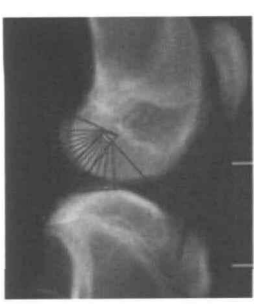


图1 四杆机构膝关节矢状面运动模型（左）和股骨髁轮廓计算机模拟（右）

1.2 膝关节内的前交叉韧带和后交叉韧带将胫骨和股骨连结起来。如图1，胫骨平台由AB杆代表，股骨髁间窝由CD杆代表，BD代表前交叉韧带，AC代表后交叉韧带。O为前后交叉韧带在矢状面投影的交叉点。P点为由O点向AB作垂线的垂点。实际上P点是股骨髁与胫骨平台的接触点。随着关节角度变

© 1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

化，P点在胫骨平台上前后滑动。

1.3 韧带并非刚性杆件。因此在活体状态韧带依靠预紧弹性维持膝关节面接触。在交变载荷作用环境下被简化为平均长度的刚性杆。1.4 仿生关节固定器由分别通过骨穿针固定于股骨和胫骨的2个穿针外固定支架通过上述四杆机构相连构成。在股骨和胫骨上各通过2枚1.5mm直径的骨穿针与骨干固定。由于微创骨穿针外固定属于弹性固定，在关节再造过程中，不会产生过度坚强的支撑，较少功能替代。但始终能保持膝关节相对固定的平衡运动轨迹。

2、实验动物采用实验家兔，普通清洁级，7只。

2.1 麻醉：3%戊巴比妥钠，1ml / Kg体重。

2.2 穿针：在股骨髁上20mm 和40mm从内向外各穿一枚1.5mm 克氏针，安装固定矩形框，调整位置后锁紧固定臂螺母，安装锁针器锁紧克氏针两端。同样，在胫骨结节下沿下5mm和35mm 水平，从内向外各穿一枚1.5mm 克氏针，安装固定矩形框，调整位置后锁紧固定臂螺母，安装锁针器锁紧克氏针两端。实验家兔苏醒后，下地活动正常。

2.3 安装外置人工膝关节：根据x线侧位片计算模拟获得的矢状面参数，确定固定臂长度和前后交叉杆的长度，分别调整上下固定臂位置，至活动膝关节无卡死和运动阻力后，锁紧固定螺杆。

2.4 安装外置人工关节后1周，行家兔膝关节截骨术：在股骨髁和胫骨平台同时截骨去除关节软骨及十字交叉韧带和半月板等结构，但不损伤肌腱起止点，保留关节囊及囊外韧带，保留髌骨和籽骨。

2.5 术后拍摄膝关节x线片。

2.6 侧位外观照相关节角度测量：以外侧露出体外的骨穿针端点为标志，计算股骨与胫骨所夹角度。

三、结果

共7只实验家兔中，6例成功安装外置式人工关节，实验家兔活动正常；

1、安装外置人工膝关节后及关节截骨术后12周家兔活动正常。

2、术后矢状面活动度测量结果如表1。截骨术80天后与截骨术后0天相比，没有显著差异。屈曲位角度，伸直位角度，两者差值（矢状面活动范围）都无显著差异，如表2。

表1 活动度测量结果

	术后0天(度)			术后80天(度)		
动物号	屈	伸	活动度	屈	伸	活动度
1	.	.	.	.	.	.
2	57.2	111.4	54.2	51.5	147	95.5
3	43.7	143.2	99.5	59.1	126.2	67.1
4	35.4	143.5	108.1	39.1	162.7	123.6
5	35.4	180	144.6	38.1	166	127.9
6	9.9	113.4	103.5	32.1	114.9	82.8
7	30.4	123.3	92.9	23.5	120.8	97.3
平均	35.3	135.8	100.5	40.6	139.6	99
样本数	6	6	6	6	6	6
标准差	15.62	25.77	29.03	12.92	22.04	23.39

表2 截骨术80天后与截骨术后0天矢状面活动度比较（配对t检验）

	t值	自由度		显著性（2-tailed）
第0天—第80天屈曲	-1.11	5	0.317	无显著差异
第0天—第80天伸直	-0.46	5	0.664	无显著差异
第0天—第80天活动度	0.13	5	0.902	无显著差异

四、讨论

1. 通过后续试验改进，增加动物量，操作熟练后，可以逐渐提高安装成功率。

2. 本文进行家兔膝关节截骨再生实验，经过12周在体活动观测，膝关节被动活动度良好，实验家兔外观主动活动步态基本正常。X线显示关节间隙明显，未产生骨性融合。

3. 外置式仿生运动人工关节为家兔膝关节再生提供了良好的运动模造环境。与家兔胫骨骨干横形截骨滑动固定骨折愈合实验相对照，我们发现，骨干骨折断端微动，结果4周达到临床愈合。而本文采用大范围仿生运动外置式人工关节控制家兔膝关节截骨后再生，12周后依然保持关节正常活动范围。从另一方面说明骨折愈合过程对生物力学应力环境

© 1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

的适应性。

4. 本文方法可以转化应用到人体膝关节骨折治疗，也可以转化用于为人膝关节再生提供了良好的生物力学环境。

家兔神经末梢张力性疼痛治疗机理初探

王德龙 梁克玮

（中国中医科学院望京医院生物力学研究室，北京，100700）

摘要 [目的]本研究应用生物力学与生物化学的方法，研究神经末梢张力性疼痛的治疗机理。**[方法]**将43只3月龄雄性大耳白兔，使用角叉菜胶注射到家兔深筋膜下，造成家兔深筋膜下局部张力性疼痛模型。通过采用铍针、针灸针松解，以及局部滴注止痛药物的方法对局部张力性疼痛模型进行治疗。治疗后，在疼痛模型局部深、浅筋膜之间注入定量的生理盐水冲洗，抽出冲洗液，检测其中的5羟色胺、组胺和缓激肽浓度；同时，使用软组织张力测试仪测试疼痛模型局部的软组织张力。**[结果]** 5羟色胺、组胺、缓激肽浓度的测量结果显示，模型组、筋膜切开组和筋膜穿孔组的初始浓度均比正常组高，阳性对照组的浓度明显比其他组低；筋膜切开组和筋膜穿孔组的浓度均随时间降低。软组织张力测试结果显示，相同加载力所造成的位移平均值，模型组<筋膜穿孔组<筋膜切开组<阳性对照组<正常组。

关键词：张力性疼痛;神经末梢;治疗机理

1、材料与方法

1.1材料

使用43只 3月龄雄性大耳白兔，体重2.24±0.23Kg，分为正常组5只，模型组7只，筋膜切开组10只，筋膜穿孔组10只，阳性对照组10只，适应性饲养一周。

1.2 方法

1.2.1 筋膜高张力模型的制备

使用注射器抽取10ml角叉菜胶，注入家兔背部深筋膜下，在推注的同时用一磨口玻璃瓶盖扣在注入位置的筋膜表面，角叉菜胶推注完毕之后用玻璃瓶盖按压30秒-1分钟，即可造成直径约5cm，高度3-4cm的半球形突起，突起内部为凝固的角叉菜胶。

1.2.2 筋膜的减张处理

造模后立即对筋膜切开组、筋膜穿孔组、阳性对照组等三个治疗组进行相应的治疗。筋膜切开组使用铍针进行松解（北京卓越华友医疗器械有限公司，直径0.4mm）；筋膜穿孔组用针灸针进行针刺松解（华佗牌针灸针，直径0.4mm），进针部位与筋膜切开组相同，穿刺5-6针；阳性对照组用注射器在筋膜高张力部位快速滴加盐酸利多卡因注射液约0.5ml（北京利民药业有限公司生产，批号20101114）；模型组和正常组不做任何处理。

1.2.3 局部生物化学指标测定

处理完毕后开始计时，各组分别在第5、10、20、30、40、50、60分钟时用1ml注射器向造模部位的深、浅筋膜之间注入1ml生理盐水、冲洗后抽出，使用ELISA法检测抽取液体中的5羟色胺，组胺和缓激肽的浓度。

1.2.4 生物力学指标测定

应用软组织张力测试仪（JZL-III型软组织张力测试仪）测试各组动物在进行处理后的局部张力情况，得到张力与位移数据，分析在张力为50克时的位移情况，并根据此数据比较各组之间的位移差异。

结果

2.1减张后局部生物化学测试结果

2.1.1 五羟色胺浓度

由图1可见，局部的5羟色胺浓度（单位ng/L）：模型组明显高于其他各组；阳性对照组明显低于其他各组；正常组、模型组、阳性对照组浓度无明显下降趋势；筋膜切开组、筋膜穿孔组浓度均呈明显下降的趋势，筋膜切开组与筋膜穿孔组治疗后5分钟时浓度相近，筋膜切开组浓度随时间下降的速度比筋膜穿孔组快，在治疗后60分钟时，筋膜切开组5羟色胺浓度明显比筋膜穿孔组要低。

© 1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net