

实验研究

克氏针受力变形的实验研究

中国中医研究院骨伤科研究所 (100700) 王柯慧 孟和

穿针外固定装置已普遍用于临床骨伤科病人的治疗, 本实验通过对不同受力状态下荷载与针变形之间的关系进行测定, 找出其规律性的变化, 为临床医生进行穿针外固定术时做到既固定好, 又用针细少, 达到固定牵引效果, 又尽量减轻病人的痛苦, 提供必要的理论依据。

实验材料及方法

在WD 1型电子万能试验机上分别作如图1几种不同固定方式的针受力——变形实验, 加载头置于梁中间位置, 变形(位移)相当于克氏针相对于原有位置的最大位移。对于不同加载方式, 即针穿过大小直径不同的空心铁环及实心方木块时针受力变形关系进行测试。利用试验机中的差动变压器引伸单元, 负荷放大单元, x—y记录仪, 测试并记录针的力——位移值。(本实验所用克氏针及固定架均从北京医疗器械公司购置。)

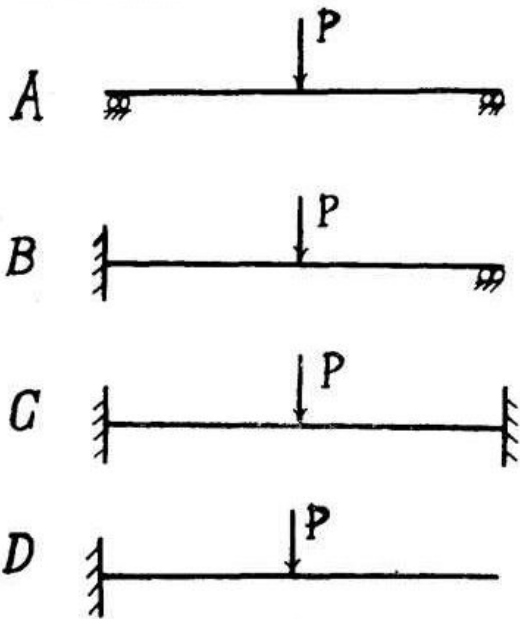


图1 4种不同针锁固定方式

A 简支梁 B 一端针锁紧一端针锁松
C 两端针锁紧 D 悬臂梁

结果

1. 13根不同针径克氏针按图1A固定加载方式(简支梁)记录P/f比值(力/位移)代入简支梁公式 $f = -\frac{Pt^3}{48EJ}$ 得出每根针的弹性模量E值, 算其均值为 $E = 20276.73 \text{ kg/mm}^2$ 如表1。式中t为梁的跨度, J为惯性矩 $J = \pi d^4/64$, d为加载点梁的直径。

表一 简支梁状态下测得针的p/f值

针径 mm	p/f kg/mm	E值	针径 mm	p/f kg/mm	E值
4.020	5.60	543.171	3.013	1.92	590.144
4.007	5.80	569.906	3.013	1.99	610.891
4.020	5.87	569.069	2.546	0.84	506.406
3.507	3.28	548.43	2.520	0.93	581.022
3.540	3.40	548.498	1.993	0.35	561.942
3.520	3.30	544.427	2.003	0.36	566.541
3.007	1.70	526.706			
均值 $\bar{E} = 20276.73 \text{ kg/mm}^2$					

2. 按图1中4种不同固定方式对直径3mm, 长250mm的克氏针测试力——位移值。取其P/f均值作图2, 纵坐标为力值, 横坐标为位移。图中可见, A曲线为悬臂梁方式3mm针径克氏针在弹性范围内, 每增加0.74公斤的载荷于针上, 针变形增加1mm, 即 $P/f = 0.74 \text{ kg/mm}$ 。同理B曲线 $P/f = 1.87 \text{ kg/mm}$ 。C曲线 $P/f = 2.78 \text{ kg/mm}$ 。D曲线 $P/f = 4.42 \text{ kg/mm}$ 。

3. 不同针径的克氏针当针两端固定, 跨度为130.463mm时, 测得针的P/f值如表二。

4. 作3mm针径的克氏针单载荷下不同跨度时理论固端梁力——挠度图。如图3。根据公式 $f = -\frac{pt^3}{192EJ}$ 可知, 相同针径不同跨度的针单载荷下其P/f比值之差为跨度的3次方倒数与 $\frac{192}{64}E\pi d^4$ 积之差。

5. 不同加载部位, 悬臂梁状态下测得3mm

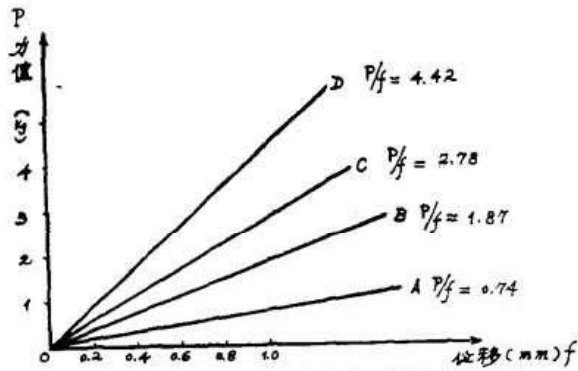


图2. 3mm针径克氏针不同固定方式时载荷位移关系
A 悬臂梁 B 筋支梁
C 一端固定一端松 D 两端固定

表二 不同针径的针固端梁状态下P/f值

P/f 值	针 径							
	4 mm	3.5 mm	3 mm	2.5 mm	2 mm	1.5 mm	1 mm	
1	12.47	7.20	4.40	2.05	1.08	0.32	0.084	
2	10.66	5.50	4.50	3.2	1.13	0.36	0.086	
3	10.33	8.6	4.40	2.0	1.10	0.36	0.082	
均值	11.15	7.1	4.46	2.42	1.105	0.35	0.084	

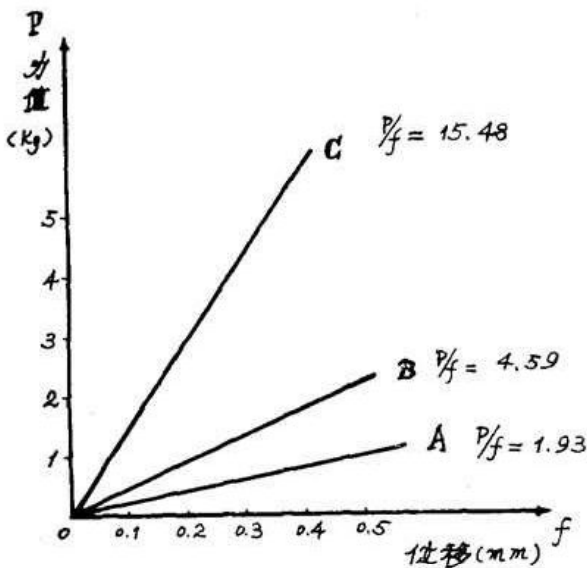


图3. 3mm克氏针单截荷下不同跨度时理论固端梁力-位移关系

A 200mm 跨度 B 150mm 跨度
C 100mm 跨度

针径的克氏针P/f值如表三，一组加载点距支座的距离为60mm，二组加载点距支座的距离为40mm。两组之间P/f值比较，差异显著P<0.001。

6. 不同加载方式，3mm直径的克氏针P/f值的比较如表四。一组为针穿过实心方木块，加载头置于木块中间，针两端固定；二组为针

表三 不同加载部位所测P/f值

组 别	一组	二组
1	0.92	2.24
2	0.74	2.80
3	0.72	2.48
4	0.80	2.52
5	0.56	2.24
6	0.68	
均 值	0.74	2.46

穿于小直径的铁环；三组为针穿过大直径的铁环。三组之间P/f比值经统计学处理有显著性差异P<0.001。

表四 不同加载方式所测P/f值

组 别	一组	二组	三组
1	7.48	6.0	4.28
2	7.40	6.13	4.93
3	6.91	6.17	4.55
4	7.12	5.91	4.62
5	7.42	6.08	4.97
6	7.2	6.67	5.37
均 值	7.26	6.16	4.79

小 结

本实验通过对不同固定方式，不同针径，不同跨度，不同加载部位，不同受力形式的针荷载变形测试及分析，结果表明在弹性变形范围内，相同材料的克氏针其变形规律为：

1. 就固定方式而言，针两端固定越紧，变形越小。且固端梁与悬臂梁相比，相同载荷，针变形值相差6倍。临床实践也证明双边梁架比单边梁架要稳定得多。

2. 相同受力状态下，梁的跨度越大，则变形越大。故在临床使用穿针外固定装置时建议尽可能选用跨度小的梁架。

3. 相同受力状态下，针径大，则梁变形小。

4. 对于悬臂梁而言，加载（受力）部位离固定支座越近，则针的变形越小。

5. 在不同受力状态下，针穿过实心方木块比穿过空心铁环时，其受力变形小。且针穿过大直径铁环比穿过小直径铁环变形小。提示在做穿针外固定术时，应尽量使针穿过骨干较粗，骨皮质较厚的部位。