

· 临床研究 ·

关节角度测量四点法的临床价值

伊文超 胡建平 励建安 蒋祥龙 宗敏 穆西虎 金鸿 赵正恩

【摘要】 目的 比较膝关节角度三点测量法与四点测量法的信度和效度。**方法** 无膝关节运动障碍者 25 例,在膝关节处于伸直、小角度屈曲及大角度屈曲 3 种位置进行三点法和四点法角度测量,拍摄 X 线片作为金标准。采用 Bland-altman 法(95% 一致性区间,LOA)进行信度和效度分析。**结果** 关节轴心随角度变化而位移。信度(95% LOA):测量者间四点法(-5.0,2.7),三点法(-6.5,4.4);测量者内四点法 A(-3.6,4.0)、B(-4.1,4.8),三点法 A(-5.0,6.4)、B(-6.1,5.8)。效度(95% LOA):3 种关节位置测量四点法分别为(3.5,2.6)、(-3.3,3.6)和(-1.9,5.7);三点法分别为(6.8,1.1)、(-4.0,7.1)和(0,8.5)。**结论** 关节角度测量轴心随角度变化而移位,四点法的信度和效度优于传统三点法。

【关键词】 关节角度; 关节活动度; 关节中心; 三点法; 四点法

The clinical value of using a four-point method to measure joint angles YI Wen-chao*, HU Jian-ping, LI Jian-an, JIANG Xiang-long, ZONG Min, MU Xi-hu, JIN Hong, ZHAO Zheng-en. * Department of Physical Medicine and Rehabilitation, The 1st Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210029, China
Corresponding author: LI Jian-an, Email: lijianan@carm.org.cn

【Abstract】 Objective To study the clinical value of using a four-point method (FP) in measuring joint angles. **Method Methods** Twenty-five subjects without knee dysfunction were studied. Every knee joint was tested in extension, below 90° of flexion and above 90° of flexion with the traditional three-point method (TP) and the new four-point method. X-rays were taken as a gold standard measurement. The reliability and validity were analyzed using Bland-Altman plots, which can yield 95% limits of agreement (LOA). **Results** (1) The joint axis centers moved with changes in joint angle. (2) The 95% LOA of inter-tester reliability was (-5.0, 2.7) with the FP and (-6.5, 4.4) with the TP. The 95% LOAs of intra-tester reliability were (-3.6, 4.0) for tester A and (-4.1, 4.8) for tester B with the FP, while (-5.0, 6.4) for tester A and (-6.1, 5.8) for tester B with the TP. (3) The 95% LOAs in the three positions were (3.5, 2.6) in extension, (-3.3, 3.6) in mild flexion and (-1.9, 5.7) in greater flexion with the FP, and (6.8, 1.1), (-4.0, 7.1) and (0, 8.5) with the TP. **Conclusions** The FP gives better reliability and validity than the TP in joint angle measurement.

【Key words】 Joint angle; Joint range of motion; Joint center; Three-point method; Four-point method

关节角度测量是康复评定的基本内容之一,常以三点法(近端-关节轴-远端)为标准^[1-3]。众所周知,关节角度是远端与近端肢体纵轴所成夹角^[3]。据两点一线理论,每个纵轴为两点的连线,因此角度测量至少需要两线四点(四点法)。同时因关节轴心的“位移”现象(图 1)^[4-5],三点法的可靠性受到质疑。膝关节活动度按照三点法测定的测量者间差异可达 17.6°^[6],与标准的 X 线法测量也有较大差距^[7-8]。

本研究以 X 线测量为标准^[9],分别采用改良量角器和传统量角器,分析四点法与三点法关节角度测量

的信度与效度,旨在完善测量方法,提高测量质量。

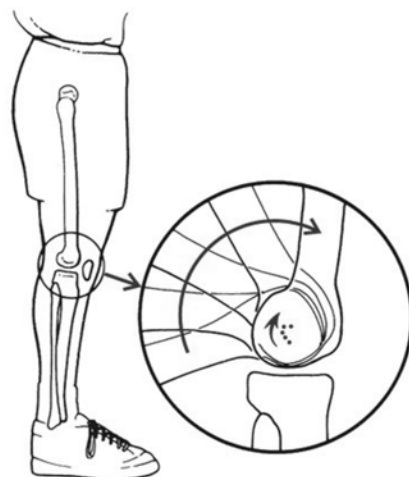


图 1 关节轴心的“位移”示意图

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2011.06.008

作者单位:210029 南京,南京医科大学附属第一医院康复医学科(伊文超、励建安);南京瑞海博康复医院(胡建平、蒋祥龙);江苏省人民医院放射科(宗敏、穆西虎);绵竹市人民医院康复医学科(金鸿、赵正恩)

通信作者:励建安,Email:lijianan@carm.org.cn

对象与方法

一、对象

自愿参加本研究并签署知情同意书的成年志愿者 25 名,其中男 13 名,女 12 名;年龄(54 ± 10.2)岁;身高(1.6 ± 0.20)m,排除膝关节运动障碍等疾病。测定膝关节 3 种不同体位角度:伸直位、小角度屈曲位和大角度屈曲位。样本量据一致性计算公式^[10]和预试验结果推算。

二、徒手测量法

1. 测量工具:长臂量角器,用于传统三点法测量;改良长臂量角器,移动臂中心线有一长约 5 cm 的槽可相对于刻度盘上下移动(图 2),用于四点法测量。

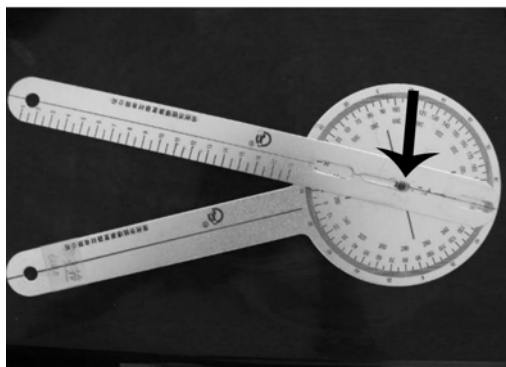


图 2 改良量角器

2. 测量体位:受试者仰卧于 X 线拍摄床,按随机顺序摆放膝关节角度,并由可调节式三角架辅助维持体位。

3. 测量标记:三角形(边长为 3 mm 的等边三角形)和方形金属圈(边长为 2 mm 的六边形)分别作为三点法和四点法的体表标记物。

4. 测量方法:①三点法^[1-2],长臂量角器中心点对准股骨外侧髁,固定臂指向股骨大转子,移动臂指向外踝(三点两线)。②四点法:改良长臂量角器有槽的一臂以股骨大转子和股骨外侧髁连线为参考对准,调整另一臂,对准腓骨小头和外踝连线(四点两线)。

三、X 线测量法

1. 镰刀臂数码 X 光机(SEDECAL X plus LP, 西班牙):拍摄条件 71 KV、200 mA、500 ms,拍摄距离 100 cm,拍摄中心线垂直对准髌骨下后缘,待测肢体与平板探测器平行。

2. 使用 E-ruler 角度测量软件测量:在股骨干和胫骨干上各选一组距离适中的线段,取每条线段中点(共 4 个),测量股骨两中点连线和胫骨两中点连线的夹角(图 3)。

四、研究流程

1. 信度:①测量者间信度,2 名 4~5 年临床经验



图 3 膝关节 X 线法角度测量图

的物理治疗师(A 和 B)用三点法和四点法独立测量膝关节角度,由 1 名专职读数人员进行读数,1 名监督指导者安排整个研究流程;②测量者内信度:同一治疗师在体位不改变的情况下即时重复测量 2 次。

2. 效度:每种体位由治疗师 B 测量结束后,拍摄 X 线片。1 名与上述测量无关的物理治疗师采用 X 线法测量。

五、统计学分析

使用 MedCalc 软件包进行分析,统计方法选用 Bland-Altman 图示法^[11-12]。计算 2 种方法与 X 线法之间的差值均数,分析 95% 一致性限度(limits of agreement, LOA)。

结 果

一、关节测量轴心位移情况

以股骨外侧髁为参照,将预试验的 5 例志愿者膝关节 9 种不同位置下的电子 X 线片进行分析,测量每种位置下关节测量轴心到股骨外侧髁的直线距离,如图 4 所示:以屈曲 40°为中心,关节测量轴心到股骨外侧髁的距离逐渐变大,屈曲角度越大,偏离股骨外侧髁越远;且整个活动范围内,关节测量轴心均不位于股骨外侧髁上。

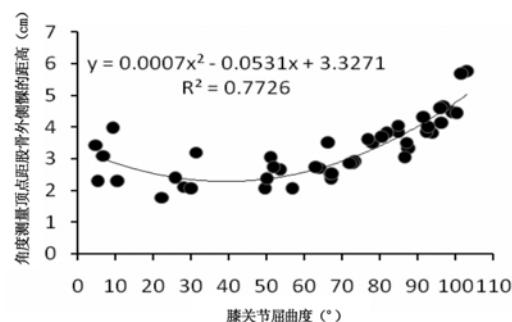


图 4 膝关节不同角度下测量轴心与股骨外侧髁之间的距离关系图

二、信度

1. 测量者间信度:三点法测量者间相差(-1.0 ± 2.81),95% LOA 为($-6.4,4.4$);四点法测量者间相差(-1.1 ± 1.97),95% LOA 为($-5.0,2.7$)。四点法

比三点法窄,且落在线外的点少。见图 5。

2. 测量者内信度:A、B 测量者四点法的 95% LOA 均比三点法窄,且落在线外的点少。详见图 6、表 1。

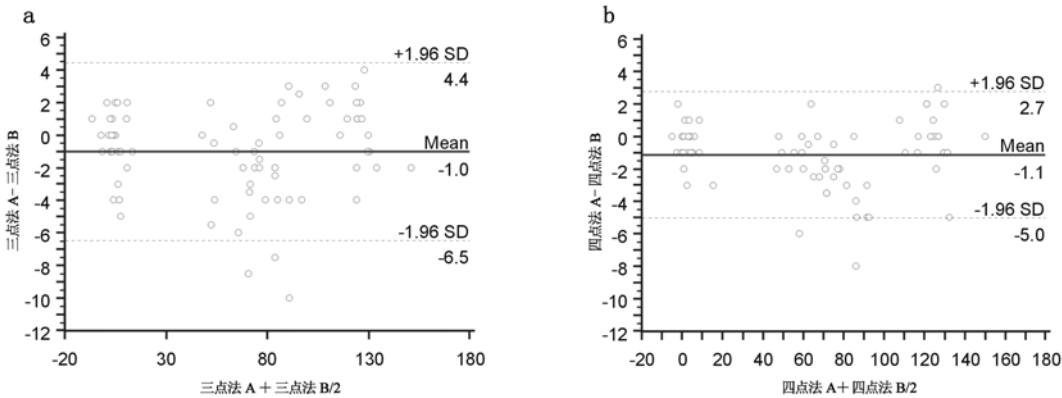
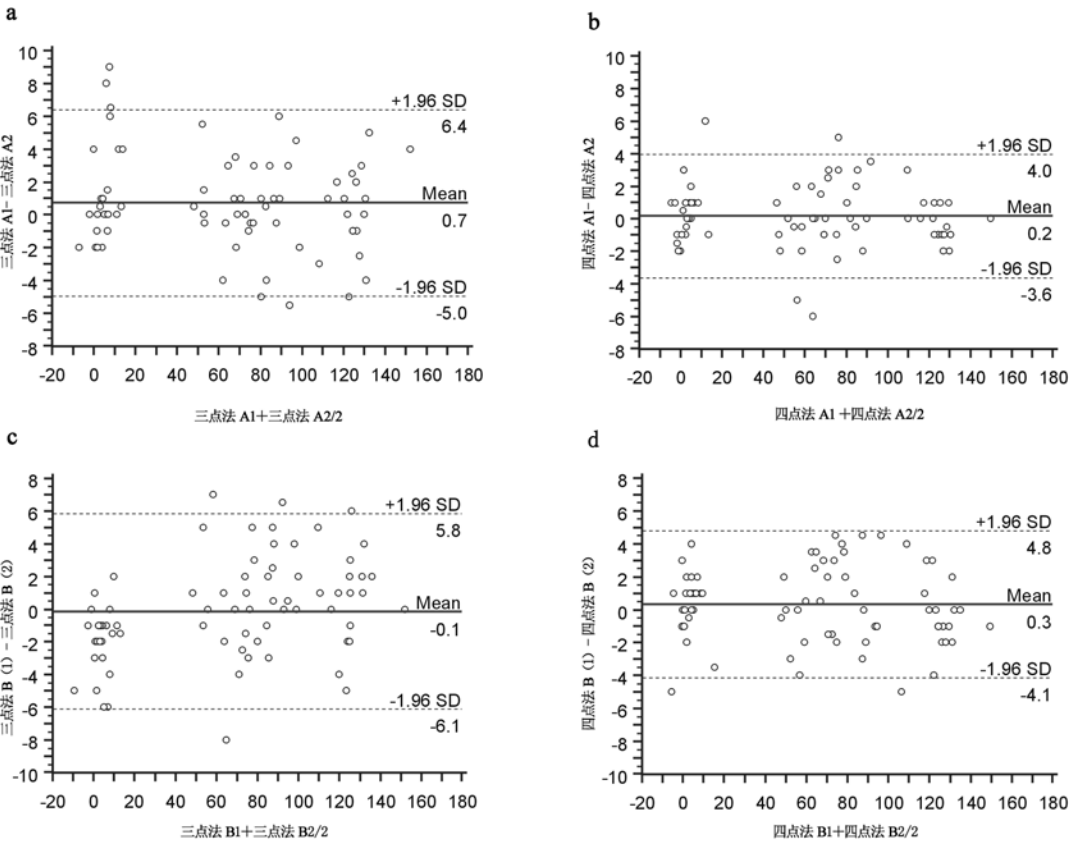


图 5 三点法(a)和四点法(b)测量者间信度分析的 Bland-Altman 图



注:a、b 为 A 测量者 2 种方法前后 2 次测量的一致性 Bland-Altman 图;c、d 为 B 测量者 2 种方法前后 2 次测量的一致性 Bland-Altman 图

图 6 测量者内信度分析图

表 1 三点法与四点法测量者内信度分析				
方 法	测量者	Mean $\pm$ SD	95% LOA	线外点数及百分比(个/%)
三点法	A	0.7 ± 2.92	($-5.0,6.4$)	6/8.0%
	B	-0.1 ± 3.01	($-6.1,5.8$)	4/5.3%
四点法	A	0.2 ± 1.87	($-3.6,4.0$)	4/5.3%
	B	0.3 ± 2.28	($-4.1,4.8$)	2/2.6%

三、效度

1. 三点法、四点法与 X 线法之间关系的总体描述:图 7 示三点法伸膝时测量结果总体比 X 线法大(最大相差近 8°),屈膝时比 X 线法小,即随屈曲角度增大,三点法测量值偏小;四点法测量结果在整个范围内与 X 线法相差比三点法小(在 6° 以内),但随屈曲角

度增大,测量结果亦有偏小趋势。

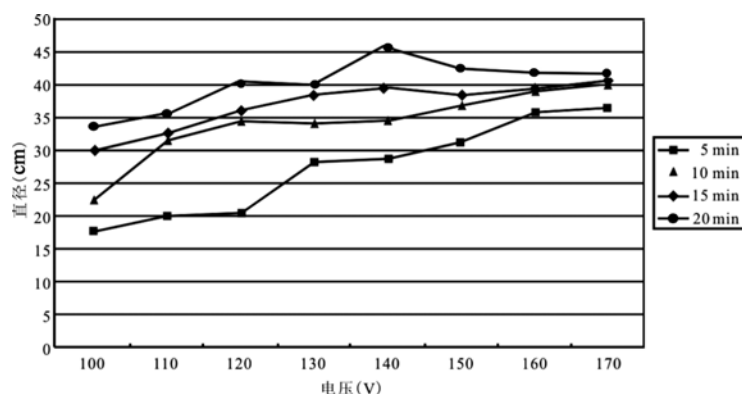
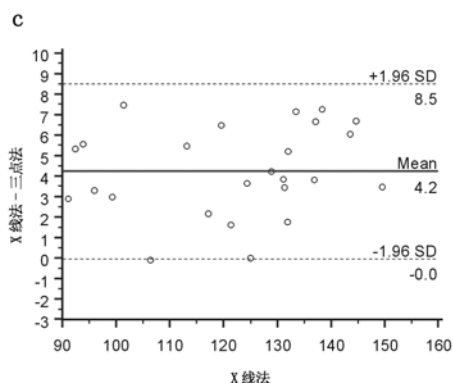
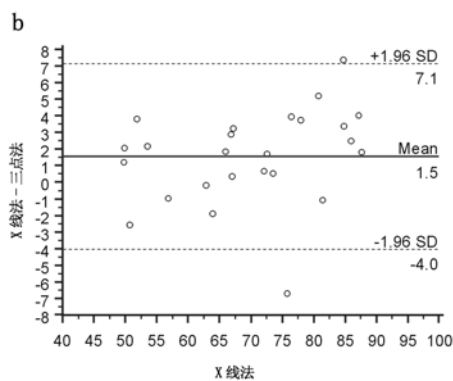
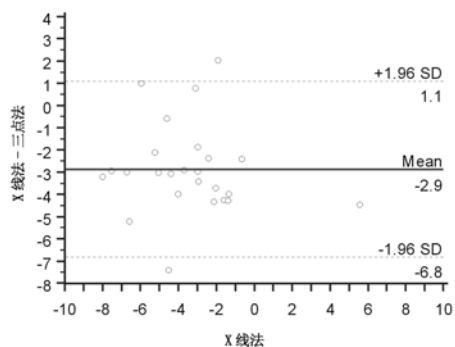


图 7 随角度变化 2 种方法与 X 线法差值分布趋势的散点图

2. 不同角度 2 种方法的效度:图 8 为 2 种方法与金标准不同关节角度的 Bland-Altman 图。各角度测定值四点法均与 a



曲位时,三点法 95% LOA 均超过临床可接受误差范围,且落在线外点数多;四点法在临床接受范围内且落在线外点数少。大角度屈曲位时,三点法 95% LOA (0,8.5),不可被临床接受;四点法 (-1.9,5.7),虽误差也有个别超过 5°,但总体范围比三点法窄,误差比三点法小,更接近 X 线法。

表 2 膝关节不同状态下两种方法的效度分析

膝关节位置	方法	Mean ± SD	95% LOA	线外点数及百分比(个/%)
伸直	三点法	-2.9 ± 2.01	(-6.8, 1.1)	2/8%
	四点法	-0.4 ± 1.59	(-3.5, 2.6)	1/4%
<90°	三点法	1.5 ± 2.81	(-4.0, 7.1)	2/8%
	四点法	0.1 ± 1.82	(-3.3, 3.6)	0/0%
>90°	三点法	4.2 ± 2.23	(0, 8.5)	0/0%
	四点法	1.9 ± 1.08	(-1.9, 5.7)	1/4%

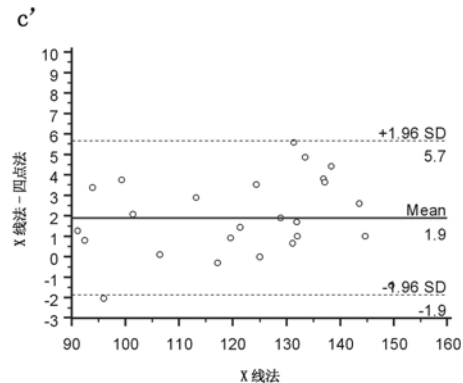
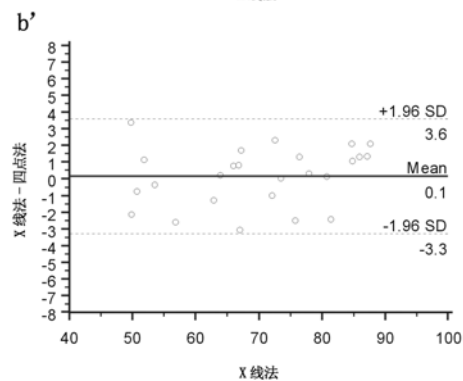
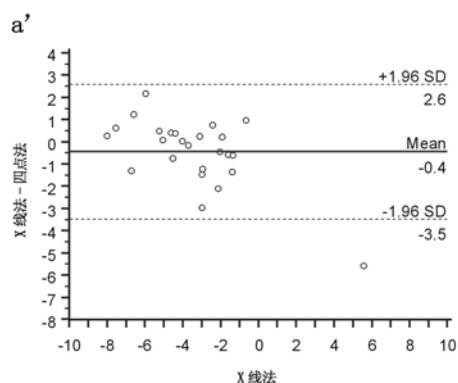


图 8 三点法(左侧)、四点法(右侧)与 X 线法在膝关节伸直时(a/a')、膝关节小角度屈曲位时(b/b')及膝关节大角度屈曲位屈曲时(c/c')的 Bland-Altman 图

讨 论

一、研究背景

临床角度测量采用“三点法”已近百年时间,它简单、易于操作,但从理论和实际操作上都存在较大误差。Lenssen 等^[6]对长臂量角器的可重复性研究发现,测量者间最大误差达 17.6°。Enwemeka^[7]分别将 0°、15°、30°、45°、60°和 90°关节位置下量角器和 X 线片测量结果进行比较,发现 <15°时量角器测量结果明显错误。Edwards 等^[8]将量角器测量结果与 X 线片进行比较,发现超过 22% 的结果差别大于 5°。

由于关节轴心的“位移”^[4,5],有学者认为,关节角度测量中不应考虑轴心位置,测量准确性与两个臂的位置关系更为密切,摆放好固定臂与移动臂位置后,轴心位置便自然确定^[1]。为此,我们提出关节角度测量的“四点法”理论——测量关节两端长骨上两点连线的夹角。本研究用“X 线法”作研究手段,对两种方法的信度和效度进行分析。

二、统计方法

本研究属于方法对比的试验设计,Bland 和 Altman^[12]指出,用相关分析作为这类研究的统计方法是错误的,因为相关系数只代表关联,并不能说明一致性。故推荐此类分析使用“Bland-Altman Plot”^[12-16]。该法纵坐标为 2 种方法测量结果之差,横坐标分 2 种情况:若与金标准比较,则为金标准值,反之则选两法测量结果之和的均值^[17-18]。Bland-Altman 图 95% LOA (虚线部分)应结合临床分析,95% LOA 范围越小误差越小,且落在线外的点越少越好^[19-20]。临床角度测量公认的差别不允许超过 5°,故 95% LOA 解读时选不超过 5°作为标准。

三、皮肤标记点位移

研究预试验发现,皮肤标记点的位置会随角度改变而变化,与 Bennett 等^[21]的研究结果相似。故本试验先摆放体位,再触摸骨性标记点。Peters 等^[22]综述运动分析时下肢皮肤标记移动的研究,发现大腿的皮肤标记点漂移最大达 30 mm、小腿达 15 mm。这是三点法采用固定臂和固定的关节轴心最大的逻辑问题。

四、信度分析

本研究四点法不论测量者内或测量者间信度均优于三点法。为更准确检验 2 种方法的信度,最小程度减少测量者偏移,两测量者测量后,由专门读数人员进行读数并记录,中间不进行任何形式的交流,保证测量者不受结果干扰。Barker 等^[23]研究佩戴膝关节外固定器时不同测量工具间的信度,结果表明平行四边形量角器不论测量者内或测量间信度均比普通量角器好。前者测量原理类似于本研究“四点法”,结论与本

研究相符。Marks 和 Karkouti^[24]对传统三点法的研究表明其信度较差,Lenssen 等^[6]的研究也认为,传统长臂量角器测量者间信度一般,误差大于 8°。由于传统长臂量角器使用三点法测量,测量轴心固定,再加之人为经验干扰,使测量者间甚至测量者内部都会出现较大误差。改良长臂量角器,不存在固定轴心,测量时无需考虑轴心位置,只需对准两臂,更加符合逻辑,加之人为干扰因素少,故误差相对较小。

五、效度分析

1. 从运动学方面解释“四点法”更加符合逻辑:膝关节不是单纯屈戌关节,关节中心随运动不断变化^[5]。有些研究者^[4,25]对胫股关节运动进行了系列研究,用影像展示了股骨内外侧髁与胫骨平台不同角度时的接触面,发现股骨髁半径不规则,伸直位比屈曲位半径大;股骨外侧髁在膝屈曲约 110°时位于胫骨后缘,而内侧髁位置基本不变,即外侧髁后移距离大,内外侧髁有相对旋转;膝关节大角度屈曲位时,外侧髁相对后移增加,内侧髁基本不变,导致股骨相对胫骨发生旋转,这是大角度屈曲位时四点法误差增加的主要原因。

2. 三点法测量误差与屈曲角度之间的关系:本研究尝试探讨 X 线片上膝关节测量轴心和股骨外侧髁不同角度的相对距离关系。预试验结果发现,以 40°为界屈或伸的角度越大,关节轴心位置偏离股骨外侧髁越远。屈曲达到一定程度时,两长骨中轴连线的交点(“轴心”)已明显不在关节解剖结构内,因此三点法将关节轴心固定的做法存在缺陷。小于 40°时关节测量轴心距离外侧髁远,这与股骨外侧髁伸直半径比屈曲半径大有关;大于 40°时,由于股骨外侧髁相对胫骨平台后移增加,故与关节测量轴心的距离增大。三点法测量轴心固定于股骨外侧髁,外侧髁在运动中的后移、旋转及运动半径的改变都会增加误差,而四点法不受外侧髁后移和半径的影响。

一些文献对不同角度下误差的研究结论并不一致:Enwemeka^[7]用传统量角器测量膝关节角度,提示小于 15°屈膝时测量结果与 X 线片差别显著;Brosseau 等^[26]对量角器的效度研究也认为大角度屈曲比小角度屈曲时更准确;Lenssen 等^[6]及 Edwards 等^[8]认为,随屈曲角度增大,传统量角器测量方法与 X 线片差距增大;Piriyaarasarth 等^[9]研究膝关节不同体位下电子量角器的测量者内及测量间信度时也发现屈曲角度越大误差也越大。

六、其他误差来源

量角器测量关节活动度的误差主要来源于三方面:①量角器误差,本研究所用量角器,精度为 1°,均校正无误。②使用方法误差,本研究测量人员均有多

年临床经验,严格按测量规程操作。③骨性标记点误差,Morton 等^[27]认为,骨性标记中股骨外侧髁的位置对膝关节运动学参数的影响最大;Moriguchi 等^[28]提出股骨大转子的触摸也会产生较大误差。本研究选取有经验的治疗师进行触摸,在最大程度上减少误差来源。

七、意义和局限性

本研究证明,关节角度的测量轴心随运动不断变化,因此没有固定测量轴心。三点法由于存在关节轴心固定的缺陷,测量时不得不依赖经验调整,临床上增加误差来源。本研究提出关节角度测量的四点法有助于减少三点法的误差,值得进一步临床推广应用,并作为关节角度测定的基本方式。

本研究仅在一个单位实施,尽管采用了较为严格的措施控制研究条件,仍然不能完全排除研究者的测量误差和主观偏倚。且该测量方法可能不适用于小关节的角度测量,尚未确立全身各关节标准化的测量方法以及测量工具,进行多中心临床研究将有利于本研究结论的最后证实。

参 考 文 献

- [1] 励建安. 康复医学. 2 版. 北京: 科学出版社, 2008: 38.
- [2] 王茂斌. 康复医学. 北京: 人民卫生出版社, 2009: 90.
- [3] Cynthia C, Norkin D, White J. Measurement of joint motion: a guide to goniometry. 3rd ed. Philadelphia: Davis Company, 2003: 12, 16-18.
- [4] Iwaki H, Pinskerova V, Freeman MA. Tibiofemoral movement 1: the shapes and relative movements of the femur and tibia in the unloaded cadaver knee. J Bone Joint Surg Br, 2000, 82: 1189-1195.
- [5] Hamill J, Knutzen KM. Biomechanical basis of human movement. 3rd ed. America: Lippincott Williams & Wilkins, 2009: 339.
- [6] Lenssen AF, van Dam EM, Crijns YH, et al. Reproducibility of goniometric measurement of the knee in the in-hospital phase following total knee arthroplasty. BMC Musculoskelet Disord, 2007, 8: 83.
- [7] Enwemeka CS. Radiographic verification of knee goniometry. Scand J Rehabil Med, 1986, 18: 47-49.
- [8] Edwards JZ, Greene KA, Davis RS, et al. Measuring flexion in knee arthroplasty patients. J Arthroplasty, 2004, 19: 369-372.
- [9] Piriyaarasath P, Morris ME, Winter A, et al. The reliability of knee joint position testing using electrogoniometry. BMC Musculoskelet Disord, 2008, 9: 6.
- [10] Liao JJ. Sample size calculation for an agreement study. Pharm Stat, 2010, 9: 125-132.
- [11] Hanneman SK. Design, analysis, and interpretation of method-comparison studies. AACN Adv Crit Care, 2009, 19: 223-234.
- [12] Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. Lancet, 1986, 8: 307-310.
- [13] Bland JM, Altman DG. Comparing methods of measurement: why plotting difference against standard method is misleading. Lancet, 1995, 346: 1085-1087.
- [14] Bland JM, Altman DG. Measuring agreement in method comparison studies. Stat Methods Med Res, 1999, 8: 135-160.
- [15] Dewitte K, Fierens C, Stockl D, et al. Application of the Bland-Altman plot for interpretation of method-comparison studies: a critical investigation of its practice. Clin Chem, 2002, 48: 799-801.
- [16] Krouwer JS. Why Bland-Altman plots should use X, not $(Y + X)/2$ when X is a reference method. Stat Med, 2008, 27: 778-780.
- [17] Hamilton C, Lewis S. The importance of using the correct bounds on the Bland-Altman limits of agreement when multiple measurements are recorded per patient. J Clin Monit Comput, 2010, 24: 173-175.
- [18] Hanneman SK. Design, analysis, and interpretation of method-comparison studies. AACN Adv Crit Care, 2008, 19: 223-234.
- [19] Rankin G, Stokes M. Reliability of assessment tools in rehabilitation: an illustration of appropriate statistical analyses. Clin Rehabil, 1998, 12: 187-199.
- [20] Lexell JE, Downham DY. How to assess the reliability of measurements in rehabilitation. Am J Phys Med Rehabil, 2005, 84: 719-723.
- [21] Bennett D, Hanratty B, Thompson N, et al. Measurement of knee joint motion using digital imaging. Int Orthop, 2009, 33: 1627-1631.
- [22] Peters A, Galna B, Sangeux M, et al. Quantification of soft tissue artifact in lower limb human motion analysis: a systematic review. Gait Posture, 2010, 31: 1-8.
- [23] Barker KL, Lamb SE, Burns M, et al. Repeatability of goniometer measurements of the knee in patients wearing an ilizarov external fixator: a clinic-based study. Clin Rehabil, 1999, 13: 156-163.
- [24] Marks R, Karkouti E. Evaluation of the reliability of reflective marker placements. Physiother Res Int, 1996, 1: 50-61.
- [25] Patel W, Hall K, Ries M, et al. A three-dimensional MRI analysis of knee kinematics. J Orthop Res, 2004, 22: 283-292.
- [26] Brosseau L, Tousignant M, Budd J, et al. Intratester and intertester reliability and criterion validity of the parallelogram and universal goniometers for active knee flexion in healthy subjects. Physiother Res Int, 1997, 2: 150-166.
- [27] Morton NA, Maletsky LP, Pal S, et al. Effect of variability in anatomical landmark location on knee kinematic description. J Orthop Res, 2007, 25: 1221-1230.
- [28] Moriguchi CS, Carnaz L, Silva LC, et al. Reliability of intra- and inter-rater palpation discrepancy and estimation of its effects on joint angle measurements. Man Ther, 2009, 14: 299-305.

(修回日期: 2011-05-08)

(本文编辑: 松 明)