DOI:10.16016/j.1000-5404.201905059

计算机导航辅助下间隙平衡技术在全膝关节置换术中的应用价值

谢川江,邱洪九,李帅峰,石 岭,朱纪峰,王子明,熊 雁 400042 重庆,陆军军医大学(第三军医大学)大坪医院骨科

[摘要] **目的** 对比研究计算机导航系统辅助下间隙平衡技术在全膝关节置换术中的应用价值。**方法** 选取2018年1-6月的63例原发性膝关节骨性关节炎的患者行全膝关节置换术,分为计算机导航辅助下间隙平衡技术组(31例)和测量截骨技术组(32例)。记录计算机导航辅助下间隙平衡技术组术中屈伸间隙内外侧韧带张力大小,测量并比较两组术后下肢冠状面机械轴力线,手术切口长度,手术时间,术中出血量,术后引流量,术后并发症发生率,术后1、6、12个月的视觉模拟评分(Vas疼痛评分)及膝关节KSS评分等指标。**结果** 计算机导航间隙平衡技术组的手术时间长于测量截骨技术组($P<0.05$),切口长度、术中出血量、术后引流量、术后并发症发生率两组比较差异无统计学意义($P>0.05$)。计算机导航辅助下间隙平衡技术组术后下肢冠状面机械轴力线(0.63±0.54)°优于测量截骨技术组[(1.98±0.52)°,$P<0.05$];计算机导航辅助下间隙平衡技术组术后1个月的Vas疼痛评分(3.53±0.51)分优于测量截骨技术组[(4.24±0.49)分,$P<0.05$];计算机导航下间隙平衡技术组术后1个月KSS功能评分存在优于测量截骨技术组的趋势,但差异无统计学意义($P>0.05$);术后6个月和12个月的Vas评分和KSS功能评分两组差异无统计学意义($P>0.05$)。计算机导航辅助下间隙平衡技术组中31例患者屈伸间隙内外侧韧带张力范围在70~95 N,平均84 N。**结论** 计算机导航辅助下间隙平衡技术能精确术中截骨,提高全膝关节置换术的手术精准度,术后患者疼痛及功能在短期内恢复较好。

[关键词] 全膝关节置换术;膝关节骨性关节炎;计算机导航系统;间隙平衡技术;测量截骨技术

[中图法分类号] R182.32; R319; 687.4 [文献标志码] A

Clinical value of gap balance technique guided by computer-assisted navigation in total knee replacement: report of 63 cases

XIE Chuanjiang, QIU Hongjiu, LI Shuaifeng, SHI Ling, ZHU Jifeng, WANG Ziming, XIONG Yan Department of Orthopedics, Daping Hospital, Army Medical University (Third Military Medical University), Chongqing, 400042, China

[**Abstract**] **Objective** To investigate the value of gap balance technique guided by computer-assisted navigation in total knee replacement. **Methods** A total of 63 patients with primary knee osteoarthritis and underwent total knee replacement from January to June 2018 were recruited in this study. They were randomly divided into experimental group ($n=31$, gap balance technique guided by computer-assisted navigation) and control group ($n=31$, osteotomy technique). The tension of medial and lateral ligaments in the flexion and extension space was recorded, and the limb alignment, incision length, operative time, blood loss volume, drainage volume, incidence of postoperative complications, and visual analogue scale (Vas) score and knee society knee score (KSS) in 1, 6 and 12 months after operation were recorded and compared between 2 groups. **Results** The operative time in experimental group was significantly longer than that in the control group ($P<0.05$), but there were no significant differences in incision length, blood loss, drainage volume and incidence of postoperative complications between 2 groups ($P>0.05$). The limb alignment was better in the experimental group than the control group [(0.63±0.54)° *vs* (1.98±0.52)°, $P<0.05$]. In 1 month after operation, the experimental group achieved significantly better Vas score (3.53±0.51 *vs* 4.24±0.49, $P<0.05$), but similar

[通信作者] 熊 雁,E-mail:xiongyandoctor@163.com

KSS score (69.3±5.1 *vs* 67.5±3.7, $P>0.05$) when compared with the control group. But, in 6 and 12 months after surgery, no statistic differences were seen in the above 2 scores ($P>0.05$). For the patients from the experimental group, the tension of medial and lateral ligaments in the flexion and extension space ranged from 70 to 95 N, with an average of 84 N. **Conclusion** Gap balance technique guided by computer-assisted navigation can improve the accuracy of osteotomy in total knee replacement, with postoperative benefits of significantly reducing pain and rapid recovery during the early postoperative period, but having no obvious effect on outcome after 1 year's follow-up.

[**Key words**] total knee replacement; knee osteoarthritis; computer navigation system; gap balance technology; measurement of osteotomy

Corresponding author: XIONG Yan, E-mail: xiongyandoctor@163.com

膝关节骨性关节炎(osteoarthritis,OA)是骨科临床常见的疾病之一,其发病率随我国人口老龄化的加速而迅速升高。全膝关节置换手术(total knee arthroplasty,TKA)仍是治疗晚期膝关节骨性关节炎的最有效手段[1-3]。在传统的手术中除了解剖结构的变异和手术医师的判断误差外,手术医师在使用连接截骨模块和在骨水泥的固定过程中也会有不同程度的误差存在,其结果必然增加聚乙烯垫片的磨损、假体的松动和术后人工关节不稳的风险发生,从而导致全膝关节置换术后的机械性失败[4-5],即使是经验丰富的骨科手术医师,手术后下肢力线对位不正确的发生率仍然不低于10%[6]。计算机辅助导航技术在下肢力线的正确重建、假体的选择和精准的安放、等距屈伸间隙和韧带平衡等方面达到了传统手术难以达到的效果[7-8],是近年来全膝关节置换技术应用主要进步之一[9]。本研究观察使用计算机导航辅助下间隙平衡技术行全膝关节置换术与常规测量截骨技术的临床对比,并在计算机导航辅助下间隙平衡技术的手术中使用韧带张力测量工具测量关节内外侧韧带张力的大小。

1 资料与方法

1.1 一般资料

1.1.1 病例来源 纳入2018年1-6月在陆军军医大学大坪医院关节四肢外科入院的原发性膝关节骨性关节炎患者63例79膝(其中16例患者为双膝),通过随机对照试验分配原则分为2组,研究组31例38膝(计算机导航间隙平衡技术组),对照组32例41膝(测量截骨技术组);膝关节功能根据美国膝关节协会(Knee Society Score,KSS)进行评分统计;术前下肢力线采用冠状面髋-膝-踝(hip-knee-ankle,HKA)角定量测量。本研究经大坪医院伦理委员会审核批准(编号[2018-43]),并经临床试验注册(CHiCTR1800014586),患者术前均签知情同意书。

1.1.2 纳入与排除标准 纳入标准:原发性膝关节骨性关节炎,入院需行全膝关节置换手术,内翻或外翻畸形≤15°的患者。排除标准:单侧置换另一侧症状明显;或多发关节病变、身体虚弱,影响功能准确评价者。根据我们之前的经验和文献综述进行样本量分析,以评估两组间产生显著差异所需的最小样本量。Ⅰ型误差设为0.05($\alpha<0.05$),Ⅱ型误差设为0.2,决定出了最小样本量(64膝)。

1.1.3 研究对象 纳入研究组标准的31例患者38膝在计算机导航辅助下间隙平衡技术行全膝关节置换术,双膝7例,分别是男性6例7膝,女性25例31膝;年龄(67.8±6.8)岁;膝关节KSS功能评分(41.1±5.9)分;疼痛Vas评分(7.5±0.7)分。对照组的32例患者41膝,双膝9例,分别是男性5例5膝,女性27例36膝;年龄(65.6±6.4)岁;膝关节术前KSS功能评分(42.6±5.4)分,疼痛Vas评分(7.5±0.6)分。63例患者(79膝)均为初次膝关节置换,两组患者的原始疾病、年龄和术前关节功能KSS评分、疼痛Vas评分、术前HKA角比较差异均无统计学意义($P>0.05$,表1)。

表1 两组术前一般资料对比

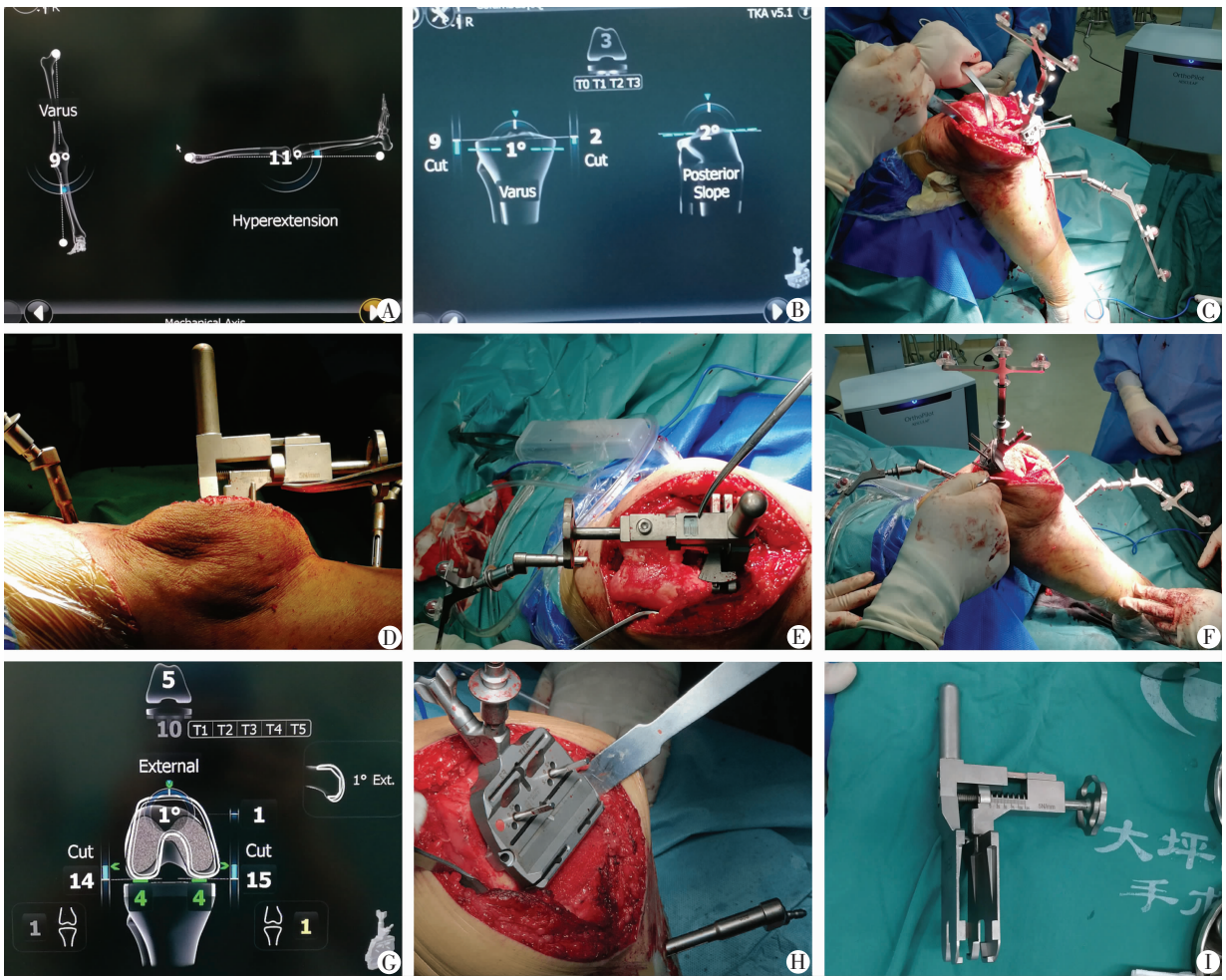
组别	n	男/女(例)	年龄/岁	BMI/kg·m^{-2}	术前KSS评分/分	术前疼痛Vas评分/分	术前HKA角/°
计算机导航间隙平衡组	31	6/25	67.8±6.8	23.7±1.5	41.1±5.9	7.5±0.7	4.45±2.38
测量截骨组	32	5/27	65.6±6.4	23.3±1.6	42.6±5.4	7.5±0.6	4.51±2.44
统计值		$\chi^2=0.152$	$t=-0.342$	$t=1.160$	$t=-1.166$	$t=0.098$	$t=-0.119$
P值		0.697	0.732	0.592	0.882	0.332	0.826

1.2　方法

1.2.1　设备及仪器　　导航为贝朗公司蛇牌导航仪(OrthoPilot® Milestones Navigation System),间隙韧带张力测量撑开器(自主设计并获得专利证书,编号:CN206491858 U),两组的假体均为同一款 PS 型假体。

1.2.2　术前准备　　所有患者完善术前检查、做好术前准备;在神经阻滞麻醉下行全膝关节置换手术;术前 0.5 h 静脉滴注头孢呋辛钠 1.5 g 预防感染;手术由 1 位具有 10 年以上膝关节置换手术经验的副主任医师担任主刀;计算机导航辅助下间隙平衡技术组的导航仪器软件选择胫骨优先间隙平衡技术,对照组采用传统的测量截骨技术。

1.2.3　计算机辅助导航手术　　导航设备置于健侧肢体并与手术床形成 45°角,距离患侧肢体 1.8~2.0 m。传统膝正中切口髌旁内侧入路,分别在股骨和胫骨安放 2 枚固定钉单皮质固定。连接固定支架(OrthoLock Anchoring Device),单皮质固定,示踪器固定于支架上。确定示踪器固定可靠后,指示器图像位于监视器指定圆心内。在股骨髁、胫骨平台、踝关节按照导航提示依次注册,通过屈伸、旋转髋关节确定髋关节旋转中心、膝踝关节中心。注册完成后,显示器显示患肢的原始力线角度及胫骨侧预期需要截骨厚度和角度。通过监视器上数据实时调整截骨模板上的位置直到和预期截骨厚度和角度相同,固定截骨模板。进行胫骨平台初次截骨,清理关节腔内增生的骨赘,放置间隙韧带张力撑开器测量,注意保持内外侧韧带张力平衡,并记录韧带张力大小。再根据导航指示放置股骨侧截骨模板再行股骨远端初次截骨,通过导航辅助确定外旋角度,检查屈曲间隙并放置间隙韧带张力撑开器测量。截骨和间隙平衡步骤完成后,将导航的平面测量器平放于截骨面上,再次测量截骨的精确性。通过监视器进行假体大小选择规划,最后行股骨的四面截骨(图 1)。安装假体试模后,通过导航再次检测下肢力线。调整满意后常规安装假体。待骨水泥固化后,冲洗缝合。

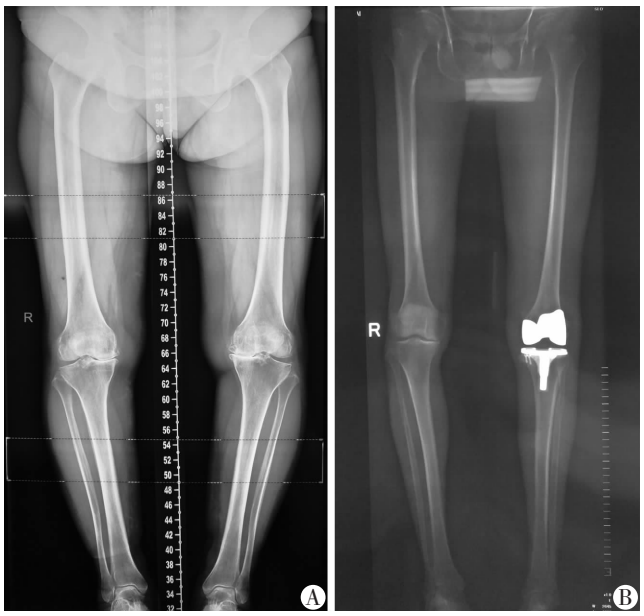


A:导航显示患肢的原始下肢冠状位角度和伸直角度;B:导航显示胫骨截骨厚度及后倾角度;C:胫骨平台初次截骨;D:间隙张力测量器测量伸直间隙韧带张力;E:间隙张力测量器测量屈曲间隙韧带张力;F:股骨远端截骨;G:导航提示假体大小选择规划;H:股骨侧的四面截骨;I:间隙韧带张力测量撑开器

图 1　原发性膝关节骨性关节炎患者在计算机导航辅助间隙平衡技术下行左膝关节置换手术过程

1.2.4　测量截骨技术　　手术入路采用膝前正中髌旁内侧切口,切除前后交叉韧带、半月板,切去骨赘,屈膝90°向前脱出胫骨平台。采用髓内定位先行股骨远端截骨,胫骨平台截骨采用髓外定位,胫骨截骨平面与解剖轴垂直,后倾3°。股骨前后髁截骨外旋3°,检查屈伸间隙,判断韧带平衡,根据膝关节畸形程度行软组织松解,使用器械完成余下步骤并安装假体。冲洗逐层缝合关闭切口。

1.2.5　术后处理和评价　　术后两组治疗和康复训练一致,口服利伐沙班预防下肢深静脉血栓。术后24 h内拔除引流管;床旁指导腓肠肌、股四头肌、直腿抬高训练;术后第2天患者下床行走;复查患肢正侧位片和双下肢全长片(图2);术后5~7 d根据切口情况选择出院。测量两组的冠状面HKA角,记录两组的手术时间、术中出血量、术后引流量、术后并发症发生率,术后1、6、12个月的Vas疼痛评分、膝关节KSS功能评分,并进行比较。记录导航试验组术中屈伸间隙韧带张力大小(N)。



A:术前双下肢负重位全长X线片HKA角为股骨头中心、膝关节中心和踝关节中心三点连线的夹角α;B:患肢术后负重位全长X线片　术后下肢冠状面机械轴(HKA角)为0°

图2　计算机导航辅助间隙平衡术患者术前及术后影像学表现

1.3　统计学分析

采用SPSS 20.0软件进行数据处理和计算分析,符合正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,组间比较采用 t 检验,计数资料采用Fisher确切概率法或 χ^2 检验,配对设计差值及等级资料采用秩和检验。

2　结果

2.1　两组术后一般资料对比

计算机导航间隙平衡技术组31例患者中有7例为双膝,共38个膝关节置换手术;测量截骨技术组的32例患者中有9例双膝,共有41个膝关节置换手术。术后所有患者随访期内均无感染、松动等并发症发生;需要说明的是计算机导航间隙平衡组的前期几个病例中,因股骨和胫骨注册固定钉的钉道渗血,引起术后钉道处渗血多,为此在骨钉道处涂抹骨蜡,计算机导航间隙平衡组后面患者均未再出现渗血情况;两组患者手术切口长度、术中出血量、术后引流量、住院时间比较差异均无统计学意义($P>0.05$);导航组手术时间长于对照组,两组比较差异有统计学意义($P<0.05$,表2)。

2.2　两组患者膝关节功能评分的比较

计算机导航间隙平衡组术后1个月膝关节KSS功能评分较测量截骨组有较好的趋势,但差异无统计学意义($P>0.05$);而计算机导航间隙平衡组的Vas疼痛评分术后1个月优于测量截骨组($P<0.05$),术后6、12个月的Vas和KSS评分两组差异均无统计学意义($P>0.05$)。术后的影像学定量测量结果显示计算机导航间隙平衡组的HKA角偏差值优于测量截骨组($P<0.05$,表3)。计算机导航间隙平衡组术中测量屈伸间隙平衡韧带张力范围在70~95 N,平均84 N。

3　讨论

计算机导航辅助全膝关节置换手术历史已经20余年,KRACKOW等[10]在1997年首次报道使用计算机导航辅助下行全膝关节置换手术,从那以后使用计算机导航辅助下行全膝关节置换术在世界范围内广泛应用。目前有许多关于计算机辅助人工关节置换术的相关报道。全膝关节置换术后患者疗效评估与许多因

表2　计算机导航间隙平衡组与测量截骨组的术后一般资料比较($\bar{x}\pm s$)

组别	n	切口长度/cm	手术时间/min	术中出血量/mL	术后引流量/mL	住院时间/d
计算机导航间隙平衡组	38	13.9±0.7	83.8±4.3	42.9±6.9	161±29	8.60±0.55
测量截骨组	41	13.9±0.6	65.0±1.9	29.3±6.1	162±26	8.80±0.66
t 值		0.113	25.256	9.301	−0.181	−1.098
P 值		0.548	0.000	0.000	0.491	0.79

表 3 计算机导航间隙平衡组与测量截骨组的术后功能评分比较($\bar{x}\pm s$)

组别	n	术后疼痛 Vas 评分/分			术后 KSS 功能评分/分			HKA 角(冠状面髋-膝-踝角)/°
		1 个月	6 个月	12 个月	1 个月	6 个月	12 个月	
计算机导航间隙平衡组	38	3.53±0.51	2.00±0.23	1.03±0.16	69.3±5.1	78.8±4.7	90.1±3.0	0.63±0.54
测量截骨组	41	4.24±0.49	2.02±0.27	1.07±0.26	67.5±3.7	81.1±4.0	89.6±3.0	1.98±0.52
t 值		−6.409	−0.426	−0.942	1.836	−2.337	0.736	−11.213
P 值		0.035	0.437	0.057	0.077	0.069	0.641	0.007

素相关,如医师的手术技术、假体安放位置、下肢力线和软组织平衡以及良好的骨水泥技术等[11]。在全膝关节置换术中良好的软组织平衡和正确安装假体位置是全膝关节置换术成功的关键[3,12],其中术后下肢力线是影响术后假体寿命的最重要因素之一[13-14];大量研究表明,全膝关节置换术后下肢力线超过 3°与早期手术失败及临床结果密切相关,轴线不良是非感染松动的重要原因已成为共识[11,14-17]。IORIO 等[18]研究说明了计算机辅助导航在获得正确的下肢力线外,使用导航系统在改进外科医师的手术技术方面可以发挥教育作用,为他们提供连续的机会来验证每一个手术步骤的精确性及其验证正确排列的能力。KHAKHA 等[19]认为使用导航辅助系统可以帮助年轻的外科医师做好全膝关节置换术,且手术后的中期效果与没用导航的资深外科医师相比效果相当。PANJWANI 等[20]报道指出计算机导航辅助全膝关节置换术比传统手术更能获得良好的下肢力线和假体位置。CIP 等[21]报道指出计算机导航技术可提高全膝关节置换术中假体的安装精确度,改善术后膝关节活动度,有利于术后膝关节功能评价。PETURSSON 等[22]多中心研究报道计算机导航全膝关节置换术比传统的全膝关节置换术能更好的缓解疼痛和恢复功能。CLEMENT 等[23]报道在使用计算机导航辅助间隙平衡技术行全膝关节置换手术与传统的测量截骨技术相比,计算机导航组中期患者的功能较好,但患者满意度无明显差异。DE STEIGER 等[24]多中心研究在 9 年的随访中得出计算机导航辅助技术较非计算机导航技术降低了 65 岁以下行全膝关节置换术后的总体翻修率和松动率。DYRHOVDEN 等[25]多中心研究指出在 8 年的膝关节置换术后随访中,计算机导航技术和常规膝关节置换术的假体存活率和翻修风险相似,但计算机导航的翻修明显减少,而平均手术时间比常规手术延长 13 min。而 GHOLSON 等[26]报道计算机导航和传统全膝关节置换术在短期并发症、再入院率和住院时间方面差异无统计学意义。KIM 等[27]的观点与 GHOLSON 基本一致,他指出计算机导航与常规全膝关节置换手术比较,术后关节功能、假体位置、假体的寿命、术后相关并发症均没有差异,而导航组却增加了股骨前方皮质的缺口(notching)。BURNETT 等[28]指出计算机导航辅助下的全膝关节置换术在临床中无明显临床应用价值,并指出特殊的并发症是股骨和胫骨定位针骨髓道有发生骨折的风险,特别在女性骨质疏松的患者上,发生率在 1%。本研究证实了计算机导航辅助间隙平衡技术比传统的测量截骨技术有更好的软组织平衡、精准的下肢力线,术后近期的膝关节功能评分更高、患者的疼痛评分低,但随访 1 年效果两组无明显差异。

精确地重建下肢机械轴线取决于正确的截骨和良好的软组织平衡。计算机导航系统优越主要体现在通过注册过程能精确计算出股骨头中心、膝关节中心和踝关节中心,从而确定股骨和胫骨机械轴线。手术医师可以利用导航工具实时检查术中的截骨角度和下肢轴线,发现问题立即矫正。计算机导航系统能让手术医师更直观了解膝关节在不同角度时的内、外侧髁间隙和软组织平衡情况,并可测量软组织张力大小,出现不平衡情况下可进行软组织松解[18]。计算机导航辅助下间隙平衡技术中韧带张力大小的报道目前相对较少,HEESTERBEEK 等[29]在临床试验中使用屈曲间隙韧带张力维持在 70 N,伸直间隙韧带张力维持在 80 N 行全膝关节置换手术,术后患者功能恢复满意。本组试验中得出,韧带张力的范围在 70~95 N,平均 84 N。

计算机导航辅助下间隙平衡技术行全膝关节置换术能提高截骨精确性,提高假体位置安装精准度,达到良好的软组织平衡和下肢力线,患者术后近期功能效果满意,但随访 1 年效果两组无明显差异;中远期效果需进一步大样本随访研究。

参考文献:

[1] TANI I, NAKANO N, TAKAYAMA K, *et al*. Navigated total knee arthroplasty for osteoarthritis with extra-articular deformi-

ty[J]. Acta Ortop Bras, 2018, 26(3): 170-174. DOI:10.1590/1413-785220182603178367.

[2] INDELLI P F, RISITANO S, HALL K E, *et al*. Effect of polyethylene conformity on total knee arthroplasty early clinical outcomes[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2019, 27(4): 1028-1034. DOI: 10.1007/s00167-018-5170-5.

[3] MANNING W A, BLAIN A, LONGSTAFF L, *et al*. A load-measuring device can achieve fine-tuning of mediolateral load at knee arthroplasty but May lead to a more lax knee state[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2019, 27(7): 2238-2250. DOI:10.1007/s00167-018-5164-3.

[4] INSALL J N. Presidential address to the knee society. choices and compromises in total knee arthroplasty[J]. Clin Orthop Relat Res, 1988(226): 43-48.

[5] MORELAND J R. Mechanisms of failure in total knee arthroplasty[J]. Clin Orthop Relat Res, 1988(226): 49-64. DOI:10.1097/00003086-198801000-00010.

[6] MAHALUXMIVALA J, BANKES M J, NICOLAI P, *et al*. The effect of surgeon experience on component positioning in 673 Press Fit Condylar posterior cruciate-sacrificing total knee arthroplasties[J]. J Arthroplasty, 2001, 16(5): 635-640. DOI:10.1054/arth.2001.23569.

[7] REBAL B A, BABATUNDE O M, LEE J H, *et al*. Imageless computer navigation in total knee arthroplasty provides superior short term functional outcomes: a meta-analysis[J]. J Arthroplasty, 2014, 29(5): 938-944. DOI: 10.1016/j.arth.2013.09.018.

[8] BARRETT W P, MASON J B, MOSKAL J T, *et al*. Comparison of radiographic alignment of imageless computer-assisted surgery *vs* conventional instrumentation in primary total knee arthroplasty[J]. J Arthroplasty, 2011, 26(8): 1273-1284.e1. DOI:10.1016/j.arth.2011.04.037.

[9] KLEIN G R, PARVIZI J, RAPURI V R, *et al*. The effect of tibial polyethylene insert design on range of motion: evaluation of *in vivo* knee kinematics by a computerized navigation system during total knee arthroplasty[J]. J Arthroplasty, 2004, 19(8): 986-991. DOI: 10.1016/j.arth.2004.07.002.

[10] KRACKOW K A, BAYERS-THERING M, PHILLIPS M J, *et al*. A new technique for determining proper mechanical axis alignment during total knee arthroplasty: progress toward computer-assisted TKA[J]. Orthopedics, 1999, 22(7): 698-702. DOI:10.1016/S0030-5898(05)70103-6.

[11] BARRETT W P, MASON J B, MOSKAL J T, *et al*. Comparison of radiographic alignment of imageless computer-assisted surgery *vs* conventional instrumentation in primary total knee arthroplasty[J]. J Arthroplasty, 2011, 26(8): 1273-1284.e1. DOI:10.1016/j.arth.2011.04.037.

[12] BOTTROS J, GAD B, KREBS V, *et al*. Gap balancing in total knee arthroplasty[J]. J Arthroplasty, 2006, 21(4 Suppl 1): 11-15. DOI:10.1016/j.arth.2006.02.084.

[13] SCHOENMAKERS D A L, FECZKO P Z, BOONEN B, *et al*. Measurement of lower limb alignment: there are within-person differences between weight-bearing and non-weight-bearing measurement modalities[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2017, 25(11): 3569-3575. DOI: 10.1007/s00167-017-4636-1.

[14] BROWN M J C, DEAKIN A H, PICARD F, *et al*. Lower limb alignment becomes more varus and hyperextended from supine to bipedal stance in asymptomatic, osteoarthritic and prosthetic neutral or varus knees[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2019, 27(5): 1635-1641. DOI: 10.1007/s00167-018-5273-z.

[15] GROMOV K, KORCHI M, THOMSEN M G, *et al*. What is the optimal alignment of the tibial and femoral components in knee arthroplasty?[J]. Acta Orthop, 2014, 85(5): 480-487. DOI:10.3109/17453674.2014.940573.

[16] LORDING T, LUSTIG S, NEYRET P. Coronal alignment after total knee arthroplasty[J]. EFORT Open Rev, 2016, 1(1): 12-17. DOI:10.1302/2058-5241.1.000002.

[17] WIESER K. CORR insights®: femoral component varus malposition is associated with tibial aseptic loosening after TKA[J]. Clin Orthop Relat Res, 2018, 476(2): 408-409. DOI:10.1007/s11999.0000000000000126.

[18] IORIO R, MAZZA D, BOLLE G, *et al*. Computer-assisted surgery: a teacher of TKAs[J]. Knee, 2013, 20(4): 232-235. DOI:10.1016/j.knee.2012.06.009.

[19] KHAKHA R S, CHOWDHRY M, SIVAPRAKASAM M, *et al*. Radiological and functional outcomes in computer assisted total knee arthroplasty between consultants and trainees—A prospective randomized controlled trial[J]. J Arthroplasty, 2015, 30(8): 1344-1347. DOI: 10.1016/j.arth.2015.03.007.

[20] PANJWANI T R, MULLAJI A, DOSHI K, *et al*. Comparison of functional outcomes of computer-assisted *vs* conventional total knee arthroplasty: A systematic review and meta-analysis of high-quality, prospective studies[J]. J Arthroplasty, 2019, 34(3): 586-593. DOI: 10.1016/j.arth.2018.11.028.

[21] CIP J, WIDEMSCHEK M, LUEGMAIR M, *et al*. Conventional versus computer-assisted technique for total knee

arthroplasty: a minimum of 5-year follow-up of 200 patients in a prospective randomized comparative trial[J]. J Arthroplasty, 2014, 29(9): 1795-1802. DOI:10.1016/j.arth.2014.04.037.

[22] PETURSSON G, FENSTAD A M, GØTHESEN Ø, *et al*. Computer-assisted compared with conventional total knee replacement: A multicenter parallel-group randomized controlled trial[J]. J Bone Joint Surg Am, 2018, 100(15): 1265-1274. DOI:10.2106/JBJS.17.01338.

[23] CLEMENT N D, MAKARAM N, BELL J, *et al*. Columbus® computer navigated total knee arthroplasty: Gap balancing versus measured resection[J]. Knee, 2017, 24(6): 1442-1447. DOI:10.1016/j.knee.2017.08.004.

[24] DE STEIGER R N, LIU Y L, GRAVES S E. Computer navigation for total knee arthroplasty reduces revision rate for patients less than sixty-five years of age[J]. J Bone Joint Surg Am, 2015, 97(8): 635-642. DOI:10.2106/JBJS.M.01496.

[25] DYRHOVDEN G S, FENSTAD A M, FURNES O, *et al*. Survivorship and relative risk of revision in computer-navigated versus conventional total knee replacement at 8-year follow-up[J]. Acta Orthop, 2016, 87(6): 592-599. DOI:10.1080/17453674.2016.1244884.

[26] GHOLSON J J, DUCHMAN K R, OTERO J E, *et al*. Computer navigated total knee arthroplasty: rates of adoption and early complications[J]. J Arthroplasty, 2017, 32(7): 2113-2119. DOI:10.1016/j.arth.2017.01.034.

[27] KIM Y H, PARK J W, KIM J S. The clinical outcome of computer-navigated compared with conventional knee arthroplasty in the same patients: A prospective, randomized, double-blind, long-term study[J]. J Bone Joint Surg Am, 2017, 99(12): 989-996. DOI:10.2106/JBJS.16.00791.

[28] BURNETT R S, BARRACK R L. Computer-assisted total knee arthroplasty is currently of no proven clinical benefit: a systematic review[J]. Clin Orthop Relat Res, 2013, 471(1): 264-276. DOI:10.1007/s11999-012-2528-8.

[29] HEESTERBEEK P J C, HAFFNER N, WYMENGA A B, *et al*. Patient-related factors influence stiffness of the soft tissue complex during intraoperative gap balancing in cruciate-retaining total knee arthroplasty[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2017, 25(9): 2760-2768. DOI:10.1007/s00167-015-3694-5.

(**收稿**:2019-05-08;**修回**:2019-07-15)

(编辑 栾 嘉)