

单侧全髋关节置换术后患者下肢三维运动力学特征分析

赵江莉¹ 毛玉蓉^{1,3} 邬培慧² 廖威明² 黄东锋¹

摘要

目的:分析单侧全髋关节置换术(THR)恢复期患者平地步行中下肢关节的三维运动学和动力学特征,指导后续和早期康复。

方法:采用运动重建实验室检测病例数据库资料分析的方法,选择在本院关节外科行THR后5—10年的患者14例为实验组,14例相匹配的健康人为对照组。采用Vicon Nexus、AMTI检测下肢三维运动学和动力学,应用Polygon分析步态周期中髋、膝、踝关节三维运动学和动力学特征。

结果:和对照组右侧下肢比较,术侧髋关节屈曲峰值力矩减小($P<0.05$),膝、踝关节屈曲峰值力矩增大($P<0.05$);峰值角度方面,术侧髋关节内收、内旋、外旋、后伸和膝关节内收以及踝关节内收、外展、内旋、外旋,差异有显著性意义($P<0.05$)。术侧和健侧比较无显著性差异($P>0.05$)。

结论:髋关节置换术后恢复期患者,通过同侧膝关节和踝关节屈曲力矩增加代偿患髋屈曲力矩的降低;同时为防止植入物松动和向外脱位,步行中患髋过度外旋并发踝关节过度内旋。另外,健侧下肢产生了与患侧下肢相似的运动力学变化。

关键词 全髋关节置换术;运动学;动力学;步态分析

中图分类号:R687.4;R318.01,R493 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2013)-10-0909-05

Analysis of three-dimensional kinematics and kinetic of lower limbs in patients with unilateral total hip replacement/ZHAO Jiangli, MAO Yurong, WU Peihui, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2013, 28(10): 909—913

Abstract

Objective:To investigate three-dimensional kinematics and kinetics of joints of operated lower limbs during walking in patients following unilateral total hip replacement(THR), and to guide physical rehabilitation.

Method:Fourteen patients who underwent unilateral THR 5—10 years ago and 14 matched healthy controls were recruited. Vicon system and AMTI force plates were used in gait capture. All three-dimensional kinematic and kinetic parameters of joints of lower limbs were analyzed with Polygon.

Result:Significant decrease of the operated hip flexion moment was observed together with a significant increase of ipsilateral knee flexion and ankle plantar flexion($P<0.05$); significant decrease of the operated hip motions were concomitant with significant increase of ipsilateral ankle motions($P<0.05$), compared to that of healthy controls. There was no significant difference between operated and non-operated lower extremities neither in kinematic nor kinetics($P>0.05$).

Conclusion: In patients at recovery stage after THR the operated hip flexion moment decreased compensated with increase of ipsilateral knee flexion and ankle plantarflexion, meanwhile affected hip excessive external rotation accompanied with ipsilateral ankle excessive internal rotation to reduce the risk of implant loosening and

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2013.10.006

1 中山大学附属第一医院康复医学科,广州,510080; 2 中山大学附属第一医院关节外科; 3 通讯作者

作者简介:赵江莉,女,物理治疗师; 收稿日期:2013-07-19

dislocation. In addition, the contralateral lower limbs had similar changes in kinematics and kinetics with the operated limbs.

Author's address Department of Rehabilitation Medicine, the First Affiliated Hospital, Sun Yat-Sen University, Guangzhou, 510080

Key word total hip replacement; kinematic; kinetic; gait analysis

人工全髋关节置换术(total hip replacement, THR)是一种可以缓解髋部疼痛、尽早改善步行功能和提高生存质量的外科手术方法^[1]。术后患者可以尽早恢复功能,3个月后可以不需要辅助而独立行走^[2]。大量研究报告显示THR后10年约90%以上患者能够恢复步行功能^[3-5]。但是临床上还有不少患者术后数年后仍存在步行障碍,不能参加和回归术前的运动及娱乐活动等^[6]。Foucher等^[7]发现,术后步态的改善对提高髋关节承重能力和减少假体松动的风险有重要的价值。三维步态分析作为一种步态评估方法广泛应用于临床检测^[8-10],通过对下肢步态数据的收集,可以定量描述下肢活动能力、评价人工关节置换术疗效及探讨THR后遗期患者的运动力学特点,科学指导物理治疗,并对假体长期保护,延长其使用寿命^[11]。本研究旨在探讨单侧全髋关节置换术后5—10年患者步行中术侧下肢的三维运动学和动力学特征,为临床早期及后续康复实施和干预异常步态提供量化依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

选择在本院关节外科行单侧THR后5—10年随访,且可以独立步行10m以上的患者14例作为实验组,其中男性6例,女性8例;年龄35—83岁,平均(63.9±15.0)岁;左髋5例,右髋9例;平均病程(7.7±2.1)年;体质指数(BMI)(23.8±3.7)。

病例入选条件:①初次行单侧THR;②无其他下肢骨关节疾病及手术史;③无严重的心肺疾患;④无神经系统疾病;⑤双下肢长度差异小于2cm。健康对照组:选择与实验组患者年龄、性别、身高、体重相匹配的正常人14例作为对照组,其中男性6例,女性8例;年龄41—74岁,平均(60.6±8.9)岁,BMI19.6—32.0,平均(23.6±2.8)。对照组入选条件:①无下肢肌肉、骨骼疾患,无神经疾患及严重的心肺疾患;②听力、视觉、理解力无明显异常;③双下肢长度差异小于2cm。所有入选者都签具知情同意书。两组研究对象一般资料经独立样本 t 检验显示差异无显著性($P>0.05$),见表1。

表1 研究对象一般资料

($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	性别(例)		年龄(岁)	身高(cm)	体重(kg)	BMI
		男	女				
实验组	14	6	8	63.9±15.0	158.1±5.1	59.3±8.2	23.8±3.7
对照组	14	6	8	60.6±8.9	160.3±7.4	60.4±7.3	23.6±2.8
P				0.488	0.372	0.693	0.871

1.2 研究方法^[12]

采用英国Vicon Nexus和美国AMTI进行平地步行时下肢三维运动学和动力学检测和处理,用Polygon分析软件对骨盆和髋、膝、踝关节进行一个步态周期的三维运动学和动力学的分析。测试前受试者更换紧身衣裤,并按软件系统要求将16个反光标记球分别贴置于受试者左右髂前上棘、髂后上棘、股骨外上髁上15cm、股骨外上髁、外踝尖上15cm、外踝尖、第1跗跖关节与第2跗跖关节之间、跟腱附着处。首先嘱受试者保持标准站立位,记录各标记点的空间测试原点,然后嘱受试者按照日常行走方

式及速度往返行走于长11m的步行地毯。摄像头记录每个标记球运动轨迹,分析采集的数据,每例受试者得到至少3个行走时髋、膝、踝关节分别在矢状面、冠状面、水平面上的角度和力矩参数,分别取峰值,将患者术侧下肢与健侧下肢和对照组右侧下肢比较分析^[13-15]。

1.3 统计学分析

采用SPSS13.0统计软件进行统计分析。研究数据以均数±标准差表示,计量资料比较采用 t 检验,组内和组间比较采用单因素方差分析, $P<0.05$ 表示差异具有显著性意义。

2 结果

2.1 实验组和对照组下肢关节力矩比较

组间比较,实验组术侧髋关节屈曲力矩峰值明显减小,术侧膝关节屈曲和踝关节跖屈力矩峰值明显增大,与正常对照组比较差异有显著性意义($P<0.05$)。其余下肢各关节峰值力矩比较,差异无显著性意义($P>0.05$)。组内比较,实验组术侧和健侧下肢髋、膝、踝关节在矢状面、额状面、水平面上的力矩峰值比较,差异均无显著性意义($P>0.05$)。见表2和图1。

2.2 实验组和对照组下肢关节角度比较

组间比较,矢状面上术侧髋关节后伸角度峰值减小,与正常对照组比较差异有显著性意义($P<0.05$)。额状面上术侧髋、膝、踝关节内收角度峰值明显减小,踝关节外展角度峰值明显增大,与正常对照组比较差异有显著性意义($P<0.05$)。水平面上术

侧髋关节内旋角度峰值减小、外旋角度峰值增大,踝关节内旋角度峰值增大、外旋角度峰值明显减小,其差异与正常对照组比较有显著性意义($P<0.05$)。组内比较,实验组术侧和健侧下肢髋、膝、踝关节的角度峰值比较,差异均无显著性意义($P>0.05$)。见表3和图2。

3 讨论

因各种原因引起的股骨头缺血等髋关节疾病患者为减轻疼痛,恢复步行功能,提高生存质量、回归工作岗位等,越来越多晚期患者选择THR。通常患者术后疼痛减轻,功能得到提高,步态获得改善,但是患者由于术后髋部肌肉力量下降,也往往存在假体松动及脱位风险,下肢不等长及跛行等^[16]。手术前和术后早期THR的三维步态特征、康复训练必要性以及康复训练方案已有不少学者研究报告^[17-19]。

表2 实验组和对照组髋、膝、踝关节力矩峰值 ($\bar{x}\pm s, N\cdot m/kg$)

组别	术侧	健侧	对照组	P_1	P_2
矢状面					
髋					
屈曲	0.41±0.19	0.52±0.25	0.68±0.24	0.193	0.003
后伸	0.70±0.34	0.59±0.22	0.69±0.26	0.322	0.984
膝					
屈曲	0.78±0.34	0.69±0.38	0.47±0.24	0.481	0.018
伸直	0.25±0.12	0.39±0.27	0.40±0.18	0.087	0.064
踝					
跖屈	0.56±0.49	0.48±0.47	0.20±0.23	0.634	0.028
背屈	0.96±0.31	1.17±0.34	1.20±0.33	0.101	0.056
额状面					
髋					
内收	0.79±0.25	0.86±0.38	1.04±0.35	0.608	0.053
外展	0.19±0.17	0.21±0.18	0.23±0.13	0.696	0.524
膝					
内收	0.37±0.22	0.38±0.21	0.44±0.28	0.923	0.476
外展	0.16±0.11	0.25±0.20	0.19±0.17	0.176	0.719
踝					
内收	0.36±0.18	0.24±0.19	0.25±0.33	0.207	0.223
外展	0.15±0.11	0.23±0.22	0.16±0.15	0.169	0.767
水平面					
髋					
内旋	0.11±0.15	0.17±0.22	0.13±0.11	0.316	0.762
外旋	0.21±0.13	0.20±0.97	0.14±0.07	0.748	0.056
膝					
内旋	0.14±0.15	0.14±0.14	0.14±0.10	0.927	0.917
外旋	0.09±0.09	0.11±0.12	0.05±0.06	0.636	0.258
踝					
内旋	0.15±0.18	0.14±0.13	0.14±0.10	0.936	0.872
外旋	0.12±0.12	0.12±0.12	0.06±0.06	0.954	0.147

注: P_1 :术侧与健侧比较所得 P 值; P_2 为术侧与对照组比较所得 P 值。

表3 实验组和对照组髋、膝、踝关节角度峰值 ($\bar{x}\pm s, ^\circ$)

组别	术侧	健侧	对照组	P_1	P_2
矢状面					
髋					
屈曲	27.15±5.49	28.38±5.98	27.42±6.54	0.593	0.907
后伸	6.09±7.29	7.34±8.70	12.57±8.07	0.683	0.039
膝					
屈曲	59.17±7.34	59.47±8.59	57.36±10.59	0.931	0.595
伸直	4.89±6.77	5.73±6.86	2.16±6.15	0.738	0.281
踝					
跖屈	12.16±8.41	11.94±8.38	14.01±7.12	0.942	0.544
背屈	17.25±5.38	18.04±9.05	13.10±7.95	0.787	0.157
额状面					
髋					
内收	6.71±4.98	8.44±5.63	10.92±4.01	0.357	0.029
外展	2.17±5.77	1.36±4.84	1.30±3.99	0.667	0.642
膝					
内收	4.40±11.83	8.69±16.75	16.24±16.39	0.458	0.046
外展	13.37±12.34	11.43±13.34	6.45±3.80	0.635	0.096
踝					
内收	-0.77±3.06	0.59±2.82	2.53±2.99	0.232	0.005
外展	4.98±4.18	4.11±4.99	1.29±2.95	0.581	0.023
水平面					
髋					
内旋	2.04±20.92	8.17±27.28	22.02±23.32	0.502	0.033
外旋	24.49±15.27	18.74±21.14	1.23±20.59	0.433	0.003
膝					
内旋	-4.03±6.80	-1.57±12.24	6.52±13.30	0.562	0.558
外旋	19.57±11.23	17.37±11.08	25.76±11.28	0.605	0.152
踝					
内旋	23.77±14.53	17.01±23.90	3.95±14.08	0.329	0.006
外旋	1.85±15.3	9.11±19.00	19.09±12.84	0.325	0.007

注: P_1 :术侧与健侧比较所得 P 值; P_2 为术侧与对照组比较所得 P 值。

图1 实验组和对照组一个步态周期中三个面上髌、膝、踝关节力矩曲线图

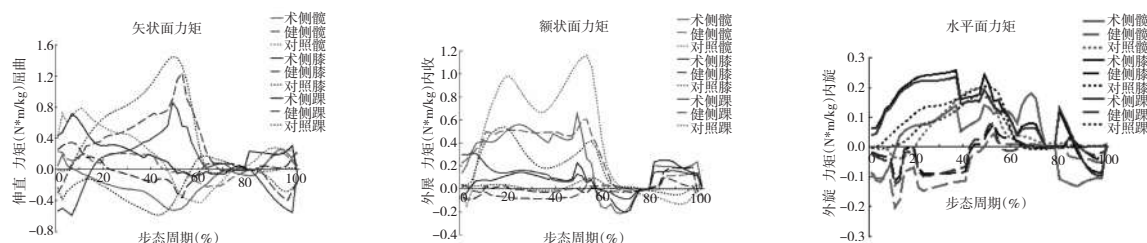
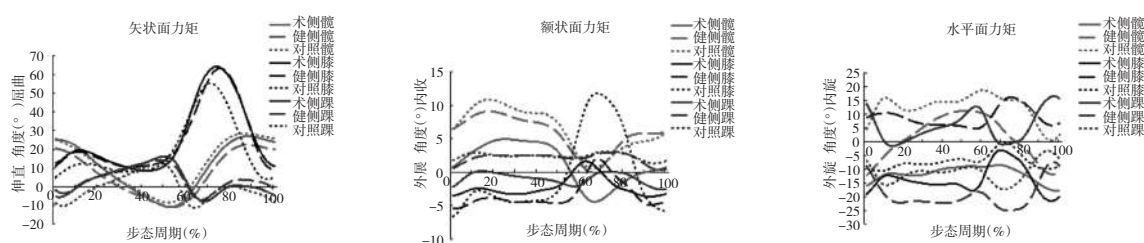


图2 实验组和对照组一个步态周期中三个面上髌、膝、踝关节角度曲线图



THR术后数年、已回归家庭及社会的后遗症期患者步态如何?功能怎样?是否存在潜在风险?是否需要针对性的康复指导及康复治疗?本研究结果显示后遗症期患者存在假体关节运动异常和产生假体运动的异常力矩,并伴随相连的运动链(膝关节和踝关节)的代偿性变化。这些变化是THR步态异常的运动生物力学特征,对患者日常活动的稳定性和安全性造成潜在的不良影响,也是康复功能训练要解决的针对性功能问题。

本研究结果显示:①患者术侧髌屈曲力矩峰值(0.41 ± 0.19)比对照组(0.68 ± 0.24)明显减小,而屈曲角度无明显变化。髌屈曲力矩的大小取决于髌屈肌肌力和屈曲力臂两个因素,这表明患者术侧屈髌肌肌力小于对照组。屈髌肌力减弱可能是由于THR术后常规日常活动指导中会强调并交待患者限制患髌屈曲角度,从而减小了屈髌肌主动和/或抗阻收缩,患者也会因顾虑髌关节假体的脱位不敢大幅度用力屈髌,久而久之,导致屈髌肌的废用性肌萎缩及肌无力^[20]。②术髌后伸峰值角度(6.09 ± 7.29)明显小于对照组(12.57 ± 8.07),而后伸力矩无明显变化;可能是髌关节后伸角度减小有利于支撑后期的髌关节的稳定性并减小脱位风险^[21]。③术髌内收峰值角度减小;而外展力矩虽无显著性意义,但也小于健侧和正常对照组;外展角度虽无显著性意义,但大于健侧

和正常侧,同样根据力矩大小取决于力和力臂原理,因此推测可能存在髌外展肌减弱。有研究显示髌关节外展肌减弱使得髌关节内收角度减小,进而将更多的体重转移至术髌^[6],其结果会导致植入假体的磨损加速,影响假体寿命。④术侧髌关节内旋峰值角度明显减小而外旋峰值角度明显增加,这可能是由于患者THR后会限制内收内旋活动,而使患侧髌长期处于外旋的一种保护性模式。

在本次研究中显示:实验组术侧膝关节屈曲和踝关节跖屈力矩峰值($0.78 \pm 0.34, 0.56 \pm 0.49$)比对照组($0.47 \pm 0.24, 0.20 \pm 0.23$)明显增大。在步行中,下肢髌、膝和踝关节作为步态周期中的运动链协同作用驱动下肢向前摆动。膝屈曲和踝跖屈力矩峰值的增大,即膝、踝关节向前驱动下肢的能力增加。结合前文已述的术侧髌关节屈曲力矩减小,表明患者髌部向前驱动下肢的能力降低,通过增加膝关节屈曲和踝关节跖屈峰值力矩来代偿,从而完成向前驱动下肢,顺利地从支撑期过渡到摆动期。有学者研究显示THR患者在步行中,跖屈肌力矩增加,而屈髌力矩减小,且在步行时屈髌肌和跖屈肌作为一对协同肌共同作用驱动下肢进入摆动期^[22],与本研究结果一致。另外,膝关节内收角度峰值减小且踝关节内收和外旋角度峰值减小明显,外展和内旋角度峰值显著增大,表明THR后遗症期术髌的活动受限,

通过增加踝关节的活动增加来代偿。

根据以上的研究结果提示,对于THR术后恢复期患者,应该加强术侧髋部肌肉力量特别是髋屈肌、髋外展肌肌力训练,恢复术侧髋关节活动特别是髋后伸、内收、内旋活动角度,改善患者步行用力模式,减少同侧膝、踝关节过度负荷活动,从而减少植入假体关节磨损,延长其使用寿命,同时避免同侧膝、踝关节过度负荷而导致继发性肌肉劳损及骨关节退行性病变。此外,本研究中发现健侧和患侧下肢各关节在平地步行中各关节运动角度和力矩峰值没有明显差别,提示THA对下肢步行功能的改善是极为重要的治疗方法,同时5—10年的日常生活活动也使得健侧下肢各关节产生了与患侧相匹配的运动力学变化。

4 结论

对THR恢复期患者,为减小关节磨损,延长假体使用寿命,防止其脱位,应该进一步强调术侧髋部肌肉力量训练,同时在术后早期康复中尽可能以正常模式步行,使患者更接近正常的步行模式方式和术前步态。

参考文献

- [1] Chiu SL, Lu TW, Chou LS. Altered inter-joint coordination during walking in patients with total hip arthroplasty[J]. *Gait & Posture*, 2010, 32: 656—660.
- [2] Kiss RM, Illyés Á. Comparison of gait parameters in patients following total hip arthroplasty with a direct-lateral or antero-lateral surgical approach[J]. *Human Movement Science*, 2012, 31(5): 1302—1316.
- [3] Callaghan JJ, Albright JC, Goetz DD, et al. Charnley total hip arthroplasty with cement. Minimum twenty-five-year follow-up[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2000, 82(4): 487—497.
- [4] Lie SA, Havelin LI, Furnes ON, et al. Failure rates for 4762 revision total hip arthroplasties in the Norwegian Arthroplasty Register[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2004, 86(4): 504—509.
- [5] Berend ME, Smith A, Meding JB, et al. Long-term outcome and risk factors of proximal femoral fracture in uncemented and cemented total hip arthroplasty in 2551 hips[J]. *J Arthroplasty*, 2006, 21(6): 53—59.
- [6] Beaulieu ML, Lamontagne M, Beaulieu PE. Lower limb biomechanics during gait do not return to normal following total hip arthroplasty[J]. *Gait & Posture*, 2010, 32(2): 269—273.
- [7] Foucher KC, Hurwitz DE, Wimmer MA. Relative importance of gait vs joint positioning on hip contact forces after total hip replacement[J]. *J Orthop Res*, 2009, 27(12): 1576—1582.
- [8] Broström EW, Esbjörnsson AC, von Heideken J, et al. Gait deviations in individuals with inflammatory joint diseases and osteoarthritis and the usage of three dimensional gait analysis[J]. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*, 2012, 26(3): 409—422.
- [9] Miki H, Sugano N, Hagio K, et al. Recovery of walking speed and symmetrical movement of the pelvis and lower extremity joints after unilateral THA[J]. *Journal of Biomechanics*, 2004, 37(4): 443—455.
- [10] Nadzadi ME, Pedersen DR, Yack HJ, et al. Kinematics, kinetics, and finite element analysis of commonplace maneuvers at risk for total hip dislocation[J]. *Journal of Biomechanics*, 2003, 36(4): 577—591.
- [11] Lamontagne M, Beaulieu ML, Varin D, et al. Gait and motion analysis of the lower extremity after total hip arthroplasty: what the orthopedic surgeon should know[J]. *Orthop Clin North Am*, 2009, 40(3): 397—405.
- [12] 毛玉璐, 李乐, 陈正宏, 等. 脑卒中患者步行能力与下肢三维运动学及动力学相关性分析[J]. *中国康复医学杂志*, 2012, 27(5): 442—447.
- [13] Cabell L, Pienkowski D, Shapiro R, et al. Effect of age and activity level on lower extremity gait dynamics: an introductory study[J]. *J Strength Cond Res*, 2013, 27(6): 1503—1510.
- [14] Bennett D, Humphreys L, O'Brien S, et al. Gait kinematics of age-stratified hip replacement patients—A large scale, long-term follow-up study[J]. *Gait & Posture*, 2008, 28(2): 194—200.
- [15] Tanaka R, Shigematsu M, Motooka T, et al. Factors influencing the improvement of gait ability after total hip arthroplasty[J]. *J Arthroplasty*, 2010, 25(6): 982—985.
- [16] Perron M, Malouin F, Moffet H, et al. Three-dimensional gait analysis in women with a total hip arthroplasty[J]. *Clinical Biomechanics*, 2000, 15(7): 504—515.
- [17] Mayr E, Nogler M, Benedetti MG, et al. A prospective randomized assessment of earlier functional recovery in THA patients treated by minimally invasive direct anterior approach: A gait analysis study[J]. *Clinical Biomechanics*, 2009, 24(10): 812—818.
- [18] Meneghini RM, Smits SA, Swinford RR, et al. A Randomized, Prospective Study of 3 Minimally Invasive Surgical Approaches in Total Hip Arthroplasty[J]. *The Journal of Arthroplasty*, 2008, 23(6): 68—73.
- [19] Bhavé A, Mont M, Tennis S, et al. Functional Problems and Treatment Solutions After Total Hip Arthroplasty[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2005, 87(2): 9—21.
- [20] Rasch A, Byström AH, Dalén N, et al. Persisting muscle atrophy two years after replacement of the hip[J]. *Bone Joint Surg Br*, 2009, 91(5): 583—588.
- [21] Tateuchi H, Tsukagoshi R, Fukumoto Y, et al. Dynamic hip joint stiffness in individuals with total hip arthroplasty: Relationships between hip impairments and dynamics of the other joints[J]. *Clinical Biomechanics*, 2011, 26(6): 598—604.
- [22] Tateuchi H, Tsukagoshi R, Fukumoto Y, et al. Immediate effects of different ankle pushoff instructions during walking exercise on hip kinematics and kinetics in individuals with total hip arthroplasty[J]. *Gait & Posture*, 2011, 33(4): 609—614.