

doi: 10.3969/j.issn.1009-6469.2019.10.011

◇ 临床医学 ◇

## 国人髌股关节稳定性的 CT 扫描参数判断

王小龙, 刘云鹏, 华国军, 王星亮, 杨家骥, 彭超

作者单位: 安徽医科大学无锡临床学院、解放军联勤保障部队第九〇四医院骨科, 江苏 无锡 214044

通信作者: 刘云鹏, 男, 主任医师, 教授, 硕士生导师, 研究方向为关节外科, E-mail: lyplp22050@sina.com

基金项目: 无锡市科技发展资金项目(CSE31N1618); 无锡市卫生计生委科研项目基金(Q201772)

**摘要:**目的 对比分析中国人群中正常髌股关节与髌骨脱位病人之间的髌股关节 CT 参数并评估这些参数在诊断髌股关节不稳中的价值。方法 回顾性分析 2013 年 1 月至 2017 年 12 月因髌股关节脱位在解放军联勤保障部队第九〇四医院进行膝关节 CT 扫描的 22 例(28 侧)病例影像学资料作为髌骨脱位组, 以同一时期因外伤于该院行 CT 扫描的 32 例(32 侧)单侧正常膝关节样本作为健康对照组, 对比两组之间的股骨滑车深度、股骨滑车、髌骨以及髌股关节力线等参数, 绘制受试者工作特征曲线(ROC 曲线)以获得有统计学意义的参数, 计算相应临界值, 并判断相关参数的灵敏度和特异度。结果 髌骨脱位组和健康对照组的平均股骨滑车深度分别为 3.2 mm 和 4.4 mm, ROC 曲线下面积为 0.834, 其临界值为 4.2 mm, 诊断髌骨脱位的灵敏度为 82%, 特异度为 83%; 髌骨偏移为 56.7% 和 85.3%, ROC 曲线下面积为 0.971, 髌骨偏移  $\geq 85.3\%$  时, 诊断髌骨脱位的特异度为 100%, 灵敏度为 92%; 髌骨倾斜角为  $7.6^\circ$  和  $20.8^\circ$ , ROC 曲线下面积为 0.963, 当髌骨倾斜角  $> 13.5^\circ$  时, 诊断髌骨脱位的灵敏度为 100%, 特异度为 91%; 胫骨结节-滑车沟槽(TT-TG)距离分别为 14.9 mm 和 21.2 mm, ROC 曲线下面积为 0.903, 临界值为 18.8 mm, 灵敏度为 93%, 特异度为 96%。结论 滑车深度, 髌骨偏移, 髌骨倾斜和 TT-TG 距离是影响中国人群髌股关节稳定性最重要的参数。对于青少年人群可以通过 CT 扫描和相关参数的测量判断髌股关节的稳定性, 为预测髌骨脱位提供定量依据, 并为制定相应治疗计划提供参考。

**关键词:** 髌骨脱位; 髌股关节; 体层摄影术, X 线计算机; 影像学参数

## Judgment of CT scan parameters of stability of patellofemoral joint in Chinese population

WANG Xiaolong, LIU Yunpeng, HUA Guojun, WANG Xingliang, YANG Jiaji, PENG Chao

Author Affiliation: Department of Orthopedics, Wuxi Clinical School of Anhui Medical University, The 904th Hospital of Joint Logistic Support Force of P.L.A., Wuxi, Jiangsu 214044, China

**Abstract: Objective** To compare the CT parameters of patellofemoral joint between normal patellofemoral joint and patella dislocation in Chinese population, and to evaluate the value of these parameters in the diagnosis of patellofemoral instability. **Methods** We retrospectively analyzed the imaging data of 22 cases (28 sides) of knee joint CT scan in the 904th Hospital of Joint Logistic Support Force of P.L.A. due to patellofemoral dislocation from January 2013 to December 2017 as the patellar dislocation group, and 32 cases (32 sides) of unilateral normal knee joint samples received CT scan in this hospital due to trauma during the same period as the healthy control group. The femoral trochlear depth, femoral trochlear, humerus and patellofemoral joint force lines were compared between the two groups. The characteristic curve (ROC curve) is used to obtain statistically significant parameters, calculate the corresponding critical value, and judge the sensitivity and specificity of the relevant parameters. **Results** The mean trochlear depth in the patellar dislocation group and control group was 3.2 mm and 4.4 mm, respectively; the area under the ROC curve is 0.834, the cutoff value was 4.2 mm, the sensitivity and specificity of the diagnosis of patellar dislocation was 82% and 83%, respectively; patellar bisect offset was 56.7% and 85.3%, the area under the ROC curve was 0.971, cutoff value was 85.3%, sensitivity and specificity of the diagnosis of patellar dislocation were 92% and 100%, respectively. Lateral patellar tilt angle in was  $7.6^\circ$  and  $20.8^\circ$ , the area under the ROC curve is 0.963, when patellar tilt angle is greater than  $13.5^\circ$ , sensitivity and specificity of the diagnosis of patellar dislocation were 100% and 91%, respectively. The tibial tuberosity-trochlear groove (TT-TG) distance was 14.9 mm and 21.2 mm, respectively. The area under the ROC curve is 0.903, cutoff value was 18.8 mm, sensitivity and specificity of the diagnosis of patellar dislocation were 93% and 96%, respectively. **Conclusions** The trochlear depth, bisect offset, patella tilting, and TT-TG distance were parameters that significantly contributed to patellar instability in Chinese population. Stability of patellofemoral joint in young adults could be estimated by CT scanning and the related parameters measurement, which provides a quantitative ba-

sis for predicting patellar dislocation and reference for the development of corresponding treatment plan.

**Key words:** Patella dislocation; Patellofemoral joint; Tomography, X-ray computed; Radiologic parameter

髌股关节不稳的症状包含了从髌股关节疼痛到明显的髌骨脱位等广泛表现,是青少年和年轻人膝关节炎疼痛的常见原因<sup>[1]</sup>。髌骨脱位的生物力学原因可能涉及关节内(股骨滑车和髌骨)和(或)关节外股骨和胫骨解剖方向(下肢力线严重外翻或内外旋)的多种因素<sup>[2-4]</sup>。髌股关节相关的影像学参数也非常多,但哪些参数与髌骨脱位最为相关、诊断价值较大仍不清楚。目前对于髌股关节相关参数的研究绝大部分是在美国和欧洲国家人群中开展的,关于中国人群的髌股关节和旋转参数的正常值和临界值范围仍缺乏专门研究。

本研究通过比较中国正常人群与髌骨脱位病人之间的CT相关参数,确定中国人群不同髌股关节参数的正常值范围,为预测髌骨脱位提供理论依据;同时探究与髌骨脱位显著相关的参数及其临界值。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 回顾性采集2013年1月至2017年12月因髌股关节脱位在解放军联勤保障部队第九〇四医院进行膝关节CT扫描的影像学资料,其中16例单侧脱位,6例双侧脱位,所有样本除膝关节外没有其他合并症,共28侧样本作为髌骨脱位组;采集同一时期因外伤于该院行CT扫描的单侧正常膝关节样本,膝关节专科检查阴性,既往无膝部外伤及手术史的病例,膝关节CT未见特殊异常,共32侧纳入健康对照组。髌骨脱位组男8例,女14例;年龄( $27.8 \pm 4.3$ )岁,范围为22~34岁;左侧12例,右侧16例。健康对照组男20例,女12例;年龄( $28.6 \pm 5.1$ )岁,范围为20~35岁;左侧15例,右侧17例。两组性别、年龄、侧别等一般资料均差异无统计学意义( $\chi^2 = 3.50, P = 0.06; t = 0.65, P = 0.51; \chi^2 = 0.10, P = 0.76$ ),具有可比性。本研究符合《世界医学协会赫尔辛基宣言》相关要求。

**1.2 扫描方法** 所有病人都在相同条件下由同一位影像科技师进行,病人取平卧位,膝关节完全伸直,使用西门子64排CT扫描仪进行膝关节扫描,厚度1 mm,间隔1 mm,扫描范围包括髌骨上缘10 cm到胫骨结节。

**1.3 测量方法** 影像资料采集完成后,从不同角度分析了这些图像结果,认为可能影响髌股关节稳定性的参数包括:股骨滑车解剖参数、髌骨解剖参数以及髌股关节力线。所有数据由一个独立的精通各项

参数测量的主治医师在间隔2周的时间内3次不同时间点测量各项参数,以3次测量的平均值作为最终值,结果采用四舍五入法精确到小数点后1位。

**1.3.1 滑车解剖参数** 利用轴位片观察股骨滑车的解剖特点,最佳观察层面是当轴位片上髌间切迹出现圆弧形类似罗马拱形结构的层面。滑车形态的参数主要有以下6个:滑车角、内侧滑车倾斜角、外侧滑车倾斜角、滑车沟角、滑车深度和胫骨结节-滑车沟槽(TT-TG)距离。见图1。

**1.3.2 髌骨参数** 髌骨形态的分析需要在能够显示最大髌骨横径的层面,记录该层面里的髌骨横径、厚度,并在相同层面评估髌骨外移的距离占股骨外侧髌的比例。

**1.3.3 髌股关节力线** 髌股关节力线是影响髌骨运动轨迹的重要因素,力线不良是髌股关节紊乱的主要原因。髌股关节力线与滑车沟形态的测量在同一CT层面。在此层面上,经过滑车中点做股骨后髌轴的垂线;在髌骨最大直径的层面,画一条连接髌骨内外极的直线(如果后髌轴与髌骨最大直径不在同一CT层面,则复制该后髌轴至髌骨最大直径的层面)。使用相应的参数名称来表示髌骨与股骨滑车的对位关系,主要有以下3个参数:髌骨偏移、髌骨倾斜角、外侧髌骨角(laurin角)。见图2。

**1.4 统计学方法** 采用SPSS 19.0软件进行统计分析,符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 来表示,采用两独立样本 $t$ 检验;使用受试者工作特征曲线(ROC曲线)评估其作为诊断指标的灵敏度和特异度。所有的分析均采用双侧检验,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 滑车参数** 两组之间的外侧滑车倾斜角、滑车深度和TT-TG距离差异有统计学意义( $P < 0.001$ ),其他滑车参数差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),见表1。

为评估两组差异有统计学意义的指标在髌骨脱位中的诊断价值,绘制了其ROC曲线,经过对比发现,外侧滑车倾斜角的ROC曲线下面积为0.698,其临界值为 $18^\circ$ ,灵敏度为52%,特异度为93%。滑车深度的ROC曲线下面积为0.834,其临界值为4.2 mm,灵敏度为82%,特异度为83%。TT-TG距离的ROC曲线下面积为0.903,是诊断髌骨脱位的最佳指标,临界值为18.8 mm,灵敏度为93%,特异度为96%。见图3。

表1 髌骨脱位组和健康对照组的滑车相关参数比较 $\bar{x} \pm s$

组别	侧数	滑车沟角/°	外侧滑车倾斜角/°	内侧滑车倾斜角/°	滑车角/°	滑车深度/mm	后髌角/°	TT-TG距离/mm
健康对照组	32	133.6±7.9	24.9±5.4	19.7±6.8	8.4±1.2	4.4±0.9	4.7±3.2	14.9±6.3
髌骨脱位组	28	142.2±31.4	16.8±5.6	16.3±9.2	7.9±2.3	3.2±0.7	5.5±2.4	21.2±5.6
<i>t</i> 值		1.35	5.69	1.64	1.08	5.7	1.08	4.04
<i>P</i> 值		0.18	<0.001	0.11	0.29	<0.001	0.28	<0.001
AUC		—	0.698	—	—	0.834	—	0.903

注:TT-TG为胫骨结节-滑车沟槽,ROC为受试者工作特征曲线,AUC为ROC曲线下面积。—示两组差异无统计学意义,未进行ROC相关计算

**2.2 髌骨参数** 髌骨宽度、厚度和髌骨宽高比之间差异无统计学意义( $P > 0.05$ );然而两组间髌骨外侧关节面占髌骨横径百分比之间差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),见表2。

髌骨外侧关节面占髌骨横径的百分比是诊断髌骨脱位的良好指标,ROC曲线下面积为0.837,临界值为53%,灵敏度为34%,特异度为67%,见图3。

表2 髌骨脱位组和健康对照组的髌骨相关参数比较 $\bar{x} \pm s$

组别	侧数	髌骨外侧关节面占髌骨横径百分比/%	髌骨宽度/mm	髌骨厚度/mm	髌骨宽高比
健康对照组	32	75.3±18.4	42.5±3.5	18.1±3.1	2.4±0.4
髌骨脱位组	28	61.2±16.6	40.9±4.3	16.9±2.0	2.4±0.3
<i>t</i> 值		3.10	1.64	1.70	0.70
<i>P</i> 值		<0.001	0.10	0.09	0.50
AUC		0.837	—	—	—

注:ROC为受试者工作特征曲线,AUC为ROC曲线下面积。—示两组差异无统计学意义,未进行ROC相关计算

**2.3 髌股关节力线** 髌骨倾斜角、外侧髌骨角和髌骨偏移之间差异有统计学意义( $P < 0.001$ ),见表3。其中,髌骨倾斜角和髌骨偏移值是这些参数中诊断髌骨脱位的最佳指标。当髌骨倾斜角 $> 13.5^\circ$ 时,诊断髌骨脱位的灵敏度为100%,特异度为91%,ROC曲线下面积为0.963,表明了这是髌骨脱位非常优秀的诊断试验。外侧髌骨角也是诊断髌骨脱位的良好指标,ROC曲线下面积为0.843;外侧髌骨角 $\geq 15.3^\circ$ 时,诊断髌骨脱位的灵敏度为64.3%,特异度为90.6%。髌骨偏移也是诊断髌骨脱位的良好指标,ROC曲线下面积为0.971;髌骨偏移 $\geq 85.3\%$ 时,诊断髌骨脱位的灵敏度为92%,特异度为100%。见图3。

表3 髌骨脱位组和健康对照组的髌股关节力线相关参数比较 $\bar{x} \pm s$

组别	侧数	髌骨倾斜角/°	外侧髌骨角/°	髌骨偏移/%
健康对照组	32	7.6±3.6	10.8±2.1	56.7±4.4
髌骨脱位组	28	20.8±8.2	19.4±2.6	85.3±5.3
<i>t</i> 值		8.25	14.17	22.26
<i>P</i> 值		<0.001	<0.001	<0.001
AUC		0.963	0.843	0.971

注:AUC为受试者工作特征曲线下面积

### 3 讨论

髌股关节辅助结构多、易损伤,是人类直立行走后的一个解剖弱点<sup>[5]</sup>,髌股关节不稳并非单一因素引起,常与骨、软骨以及软组织等多种因素相关,如不采取积极有效的治疗,远期还可继发骨性关节炎导致疼痛和关节功能障碍<sup>[6]</sup>。髌股关节不稳的治疗,目前较为公认的观点是综合分析导致髌股关节不稳的各种解剖因素并加以改善,从而降低术后再次发生髌骨脱位的概率,因此分析髌骨关节的相关解剖学参数显得尤为重要<sup>[7-9]</sup>。Dejour等<sup>[10]</sup>认为滑车发育不良必然会导致膝前痛。然而,在本研究中发现了对滑车形态参数的不同认识,两组的滑车沟角值差异无统计学意义,对髌骨不稳定的诊断价值较小,其他作者也得出了类似的结论<sup>[10-11]</sup>。本研究发现,在所有的滑车参数中,滑车深度对髌骨脱位的影响相对稳定:当滑车深度 $< 4.2$  mm时,提示发生髌骨脱位的风险极大,这与既往研究中3 mm的临界值有显著区别<sup>[10,12]</sup>。本研究发现髌骨内外关节面的比值与髌骨脱位密切相关,髌骨脱位组中,髌骨内侧关节面比外侧关节面更小、更凸出,这种结构使得髌骨更易向外侧倾斜,增加了脱位风险。

肌肉是关节的保护伞,肌力的强弱直接关系到关节在运动中的稳定性<sup>[13-15]</sup>。髌股关节力线不良的主要原因是股四头肌发育不良,从而导致屈膝过程中髌骨向股骨外侧偏移。与此相关的参数对髌骨脱位的影响较为一致,但关于这些参数在股四头肌收缩前后是否有差异仍存在争议<sup>[16-17]</sup>。本研究通过探讨滑车深度,髌骨偏移,髌骨倾斜和TT-TG距离等参数对于诊断髌股关节稳定性的准确度相关性发现:(1)髌骨偏移和髌骨倾斜角与髌骨脱位最为相关,两者的ROC曲线下面积分别为:0.971和0.963,具有较高的诊断价值;(2)TT-TG距离可以评估胫骨结节的外移情况,当TT-TG距离 $> 18.8$  mm时,诊断髌骨脱位的灵敏度为93%,该值绝对独立于病人的身高和体质量因素。在本研究中,TT-TG距离是判断髌骨稳定性最精确、敏感的方法,预测髌骨脱位的风险也非常精确。

滑车深度,髌骨偏移,髌骨倾斜和TT-TG距离等CT参数对于制定广泛适合的诊断及治疗计划具有重要的临床意义。(1)临床查体及病史中若发现髌骨脱位时,则髌骨关节不稳易于诊断,但当病人不能提供明确的髌骨脱位史且临床查体没有明确阳性发现时,则易漏诊或误诊,因此需借助于影像学进行诊断和评估髌股关节不稳的风险程度。(2)在髌骨过度倾斜的脱位病例中,股四头肌的屈伸膝机制使得髌骨可能不能完全进入股骨滑车中心,因为股四头肌仍然处于紧张状态。对于这一类型的髌骨脱位,可能还需要不同方式的股四头肌成形术。(3)类似的,过大的TT-TG距离可能需要胫骨结节远端调整。一个高度扭曲的滑车沟角或者滑车发育不良需要行滑车沟成型术。(4)髌股关节不稳是多因素的共同作用,本研究认为,髌骨和滑车之间的相互关系比单看滑车发育不良更为重要。

本研究尚有一些不足,第一,样本量较小,难以将这些结论推广至广泛人群。需要结合以我国为中心的更大样本量的研究,以建立人种相关的人体测量学数据库,目前的研究将作为初始研究。第二,本研究中没有纳入有症状的非髌骨脱位组。比较完全脱位组和健康对照组虽然可以体现出相关参数中明显差异的部分,但纳入有症状的非髌骨脱位组可以更好地评估这些诊断参数的有效性。第三,本研究属回顾性研究,可靠性不如前瞻性随机对照研究。

综上所述,在髌股关节的相关参数中,滑车深度、TT-TG距离、髌骨外侧关节面占髌骨横径百分比、髌骨倾斜角、外侧髌骨角和髌骨偏移是判断髌骨不稳定的最佳参数。同时,TT-TG距离、髌骨偏移、髌骨倾斜角是预测髌骨脱位最重要的参数。

(本文图1~3见插图10-3)

### 参考文献

- [1] SCHUEDA MA, ASTUR DC, BIER RS, et al. Use of computed tomography to determine the risk of patellar dislocation in 921 patients with patellar instability [J]. *Open Access J Sports Med*, 2015, 15(6): 55-62.
- [2] BIEDERT RM, BACHMANN M. Anterior-posterior trochlear measurements of normal and dysplastic trochlea by axial magnetic resonance imaging [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2009, 17(10): 1225-1230.
- [3] AULISA AG, FALCIGLIA F, GIORDANO M, et al. Galeazzi's modified technique for recurrent patella dislocation in skeletally immature patients [J]. *J Orthop Sci*, 2012, 17(2): 148-155.
- [4] COLVIN AC, WEST RV. Patellar instability [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2008, 90(12): 2751-2762.
- [5] 罗彬, 刘泉. 难复性膝关节脱位的临床研究进展 [J]. *安徽医药*, 2018, 22(7): 1235-1240, 后插1.
- [6] 付正韬, 周新社, 王志岩. 膝关节内侧副韧带损伤的治疗进展 [J]. *安徽医药*, 2017, 21(8): 1368-1373.
- [7] HOWELLS NR, BARNETT AJ, AHEARN N, et al. Medial patellofemoral ligament reconstruction: a prospective outcome assessment of a large single centre series [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2012, 94(9): 1202-1208.
- [8] COLVIN AC, WEST RV. Patellar instability [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2008, 90(12): 2751-2762.
- [9] MAGNUSSEN RA, DE SIMONE V, LUSTIG S, et al. Treatment of patella alta in patients with episodic patellar dislocation: a systematic review [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2014, 22(10): 2545-2550.
- [10] DEJOUR H, WALCH G, NOVE-JOSSERAND L, et al. Factors of patellar instability: an anatomic radiographic study [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 1994, 2(1): 19-26.
- [11] STEFANIK JJ, ZUMWALT AC, SEGAL NA, et al. Association between measures of patella height, morphologic features of the trochlea, and patellofemoral joint alignment: the MOST study [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2013, 471(8): 2641-2648.
- [12] GRELSAMER RP, KLEIN JR. The biomechanics of the patellofemoral joint [J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 1998, 28(5): 286-298.
- [13] HARBAUGH CM, WILSON NA, SHEEHAN FT. Correlating femoral shape with patellar kinematics in patients with patellofemoral pain [J]. *J Orthop Res*, 2010, 28(7): 865-872.
- [14] WIBERG G. From the history of the orthopedic department at Lund 1945—1969 [J]. *Sydsven Medicinhist Sallsk Arsskr*, 1979, 24(3): 123-144.
- [15] HIRSCHMANN A, BUCK FM, HERSCHEL R, et al. Upright weight-bearing CT of the knee during flexion: changes of the patellofemoral and tibiofemoral articulations between 0 degrees and 120 degrees [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2017, 25(3): 853-862.
- [16] 汪亚兵, 李伦兰, 吴昕霞, 等. 标准化的股四头肌锻炼对半月板损伤微创手术患者膝关节功能的影响 [J]. *安徽医药*, 2015, 19(9): 1827-1829.
- [17] HAIM A, YANIV M, DEKEL S, et al. Patellofemoral pain syndrome: validity of clinical and radiological features [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2006, 45(1): 223-228.

(收稿日期: 2019-04-29, 修回日期: 2019-05-21)