

胫骨结节相对旋转度:一种新的评估髌股关节不稳的参数

丁明 上官磊 张楠 王迎春 张春礼 徐虎 廖炳辉

【摘要】 目的 探讨胫骨结节相对旋转度(tibial tubercle-trochlear groove rotation angle, TTTGR)与髌股关节不稳的相关性,评估这一参数对于髌股关节不稳的诊断效力。方法 收集2020年1月至2020年12月于我科就诊的髌骨复发性脱位病人50例纳入脱位组,30例正常志愿者纳入对照组。四名观察者分别对两组病人的双膝关节CT影像进行分析,测量TTTGR、胫骨结节-滑车(tibial tubercle-trochlear groove, TT-TG)距离、滑车侧倾角(lateral trochlear inclination, LTI)、髌骨外倾角度(lateral patella tilt angle, LPTA)。评估各参数在观察者间的一致性,分析两组间上述参数的差异,TTTGR与其他参数的相关性,采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线分析各参数对于预测髌股关节不稳的灵敏度、特异度、阳性及阴性预测值。结果 脱位组的TTTGR、TT-TG、LPTA均显著高于对照组,LTI显著低于对照组,组间比较,差异有统计学意义($P < 0.05$)。观察者间的一致性检验结果:TT-TG($ICC=0.975$)、TTTGR($ICC=0.937$)和LPTA($ICC=0.794$)的组间一致性均为优秀,LTI($ICC=0.708$)的组间一致性良好。TTTGR与TT-TG、LPTA呈正相关($r=0.544, r=0.476$),与LTI呈负相关($r=-0.430$)。TT-TG对于髌股关节不稳的诊断准确性最高,约登指数:0.851,TTTGR诊断准确性次之(约登指数:0.733),LTI则无诊断意义。其中,TTTGR的最佳截断值为 34.6° ,表现出敏感度为80.00%,特异度为93.30%;阳性预测值为92.27%,阴性预测值为82.34%。结论 TTTGR是可重复性高、可靠的髌股关节不稳评估指标,与TT-TG、LPTA等参数具有相关性,对于髌股关节不稳具有较高的诊断效力。

【关键词】 髌股不稳;髌骨脱位;胫骨结节;胫骨结节相对旋转度;胫骨结节-滑车距离

Tibial Tubercle-Trochlear Groove Rotation Angle: A New Parameter for Evaluating Patellofemoral Instability. DING Ming, SHANGGUAN Lei, ZHANG Nan, WANG Ying-chun, ZHANG Chun-li, XU Hu, LIAO Bing-hui. Department of Sports Injury, Orthopaedics, Xijing Hospital, Air Force Military Medical University, Xi'an 710032, China

Corresponding author: LIAO Bing-hui, E-mail: sky_0821@163.com

【Abstract】 Objective To investigate the correlation between tibial tubercle-trochlear groove rotation angle (TTTGR) and patellofemoral instability, and to evaluate the diagnostic efficacy of this parameter for patellofemoral instability. **Methods** From January 2020 to December 2020, 50 patients with recurrent dislocation of patella treated in our department were included in the dislocation group, and 30 normal volunteers were included in the control group. Four observers measured TTTGR, tibial tubercle-trochlear groove (TT-TG) distance, lateral trochlear inclination (LTI) and lateral patella tilt angle (LPTA) on CT images of two groups. The intra-class correlation coefficient between observers, the differences between two groups, and the correlation between TTTGR and other parameters were observed. The sensitivity, specificity, positive and negative predictive values of TTTGR were analyzed by the ROC curve. **Results** TTTGR, TT-TG and LPTA in dislocation group were significantly higher than those in control group, and LTI was significantly lower than that in control group, with significant difference between two groups ($P < 0.05$). The intra-class correlation coefficient among observers of TTTGR ($ICC=0.937$), TT-TG ($ICC=0.975$) and LPTA ($ICC=0.794$) was excellent, and LTI ($ICC=0.708$) was good. TTTGR was positively correlated with TT-TG and LPTA ($r=0.544, r=0.476$), and negatively correlated with LTI ($r=-0.430$). TT-TG had the highest accuracy in the diagnosis of patellofemoral instability (Yoden index: 0.851), TTTGR was second (Yoden index: 0.733), while LTI had no

diagnostic significance. TTTGR=34.6° showed a sensitivity of 80.00% and a specificity of 93.30%; The positive predictive value was 92.27%, and the negative predictive value was 82.34%. **Conclusion** TTTGR was a highly reproducible and reliable evaluation parameter of patellofemoral instability, which was correlated with other evaluation parameters of patellofemoral instability, and had high diagnostic efficacy for patellofemoral instability.

【Key words】 Patellofemoral instability; Patellar dislocation; Tibial tubercle; Tibial tubercle trochlear groove rotation angle; Tibial tubercle trochlear distance

髌股关节不稳是一种常见的膝关节疾病,其发病率为每 10 万人中 5~43 例^[1]。大多数原发性髌骨脱位的病人都曾接受过非手术治疗,而手术治疗通常只适用于复发或急性骨软骨损伤需要修复的病人。第一次髌骨脱位后复发的概率为 15%~44%,第二次髌骨脱位后再次复发的概率为 50%以上^[2];即使没有复发性髌骨脱位,髌股关节临床症状的发生率也相当高,约 50%的病人没有恢复到以前的体育活动水平,超过 70%的病人有不同形式的关节活动受限^[3-4],71%的病人在长期随访中发现髌股关节退行性改变^[5]。

髌股关节的稳定性是由骨与膝关节周围软组织之间复杂的静力性、动力性相互作用而维持的。髌股外侧韧带、胫骨结节、股骨内旋、胫骨外旋、股骨-胫骨相对旋转等生物力学共同作用提供了髌骨静力性及动力性的外侧矢量作用力,而髌股内侧韧带、髌骨形态、股骨滑车结构的骨性阻挡提供了内侧作用力。内外侧作用力的不平衡则导致了髌骨不稳的发生^[6]。因此,与髌骨不稳相关的解剖学因素包括:①外侧作用力增加,例如胫骨结节-股骨滑车(tibial tubercle-trochlear groove, TT-TG)距离增加;②提供内侧作用力的软组织或骨约束减少,例如滑车发育不良和高位髌骨。

TT-TG 距离作为评估胫骨结节外偏程度的最常用指标,被认为是髌骨复发性脱位的危险因素。然而,TT-TG 距离在髌股不稳时不仅提示胫骨结节外偏,还同时伴随不同程度的滑车发育异常。在 Dejour 分型中,B~D 型滑车沟是平的(甚至隆起),无法鉴定滑车沟的最低点,这导致了 TT-TG 距离在超过 20 mm 时的测量一致性下降^[6]。且 TT-TG 距离是一个长度指标,无法明确股骨和胫骨的相对旋转,在评估髌股关节不稳时存在片面性。我们在临床中发现,复发性髌骨脱位病人的 CT 影像上时常能观察到股骨内旋或胫骨外旋的现象,故而我们考虑提出一个新的测量股骨和胫骨相对旋转度的观察指标:胫骨结节相对旋转度(tibial tubercle-trochlear groove rotation angle, TTTGR),从预测胫骨结节外偏的程度

和股骨-胫骨的相对旋转程度两个方面,评价该指标对于髌骨不稳的诊断效力。

资料与方法

一、纳入标准与排除标准

纳入标准:①我科门诊就诊,依据症状、体检及影像学检查符合髌骨复发性脱位的临床诊断标准;②膝关节未曾行任何手术治疗;③膝关节活动度正常;④CT 影像资料完善。

排除标准:①年龄小于 10 岁;②因怀孕等因素无法行 CT 检查;③膝关节其他疾病或膝关节已行手术治疗;④CT 扫描螺距大于 1 cm 或 CT 图像质量不佳,无法准确测量;⑤膝关节伸直受限,无法获得准确的膝关节伸膝位 CT 图像;⑥髌骨初次脱位。

二、一般资料

收集 2020 年 1 月至 2020 年 12 月于我科就诊的髌骨复发性脱位病人 74 例,经纳入标准及排除标准筛选,共 50 例纳入脱位组,其中男 14 例,女 36 例,年龄为(25.32±9.07)岁;30 例正常志愿者经排除标准后也纳入此次研究,作为对照组,其中男 22 例,女 8 例,年龄为(31.53±11.51)岁。

三、测量方法及参数

选择 2 张双膝关节 CT 轴位切面测量 TTTGR。选择股骨后髌皮质最清晰的地方,绘制后髌通髌线。胫骨切面选择在髌腱完全附丽的 CT 切面,定位距离髌腱双侧边缘等距的最高点,经过此点作后髌通髌线的垂线,即为 TT 线。股骨切面的选择结合上下 CT 层面定位滑车最低点,经此点作后髌通髌线的垂线,即为 TG 线。若滑车发育异常无法准确定义滑车最低点,则选择内髌与异常滑车过渡的点作后髌通髌线的垂线为 TG 线。将股骨切面的后髌通髌线和 TG 线复制到胫骨切片上,设 TG 线与后髌通髌线的焦点为 O 点,则∠TOG 则为 TTTGR(图 1)。

其他三组测量参数为 TT-TG、滑车侧倾角(lateral trochlear inclination, LTI)^[7]、髌骨外倾角度(lateral patella tilt angle, LPTA)^[8]。这三组测量参数均为髌骨不稳的常用评估指标,其中 TT-TG 的测量和上述

TTTGR的测量步骤类似,测量的是TT到TG的水平距离。LTI和LPTA的测量选择上述同样的股骨层面,LTI为股骨滑车沟外侧壁和股骨后髁通髁线的夹角,LPT为髌骨长轴和股骨后髁通髁线的夹角(图2)。

以上测量由四名医师独立完成(单盲)。其中一名放射科医师使用CT后处理工作站(西门子,德国),三名骨科医师使用Photoshop(2017版)软件。

四、统计学方法

应用SPSS 24.0统计软件(IBM公司,美国)进行统计学分析。定量变量用数量、平均值、标准差描述。使用组内相关系数(intra-class correlation coefficient, ICC)分别评估四组参数在不同观察者间的一致性,标准为:差<0.40,中等0.40~0.59,良好0.60~0.74,优秀≥0.75^[9]。使用皮尔逊相关性评估TTTGR和其余三组髌股不稳参数的相关性。绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线

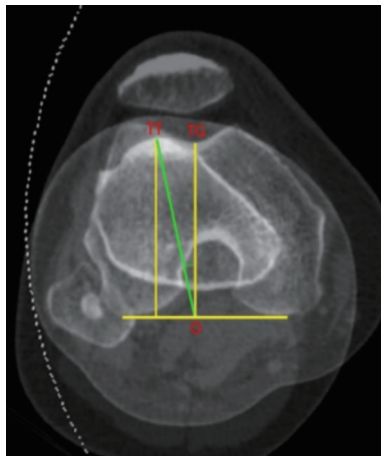


图1 TTTGR的测量方式:三条黄色线为TT-TG的标识线,∠TOG即为TTTGR

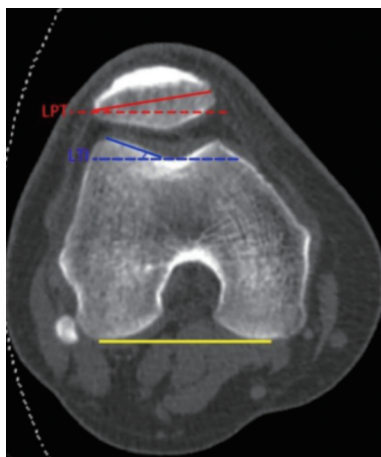


图2 LTI和LPTA的测量方式:黄色线为后髁通髁线,蓝色虚线和红色虚线均为后髁通髁线的平行线。蓝色实线为滑车沟外侧壁线,蓝色实线和蓝色虚线的夹角即为LTI。红色实线为髌骨长轴线,红色实线和红色虚线的夹角即为LPTA

分析TTTGR的敏感度和特异度,并计算阳性预测值和阴性预测值。

结 果

对照组的TTTGR、TT-TG、LTI、LPTA分别为28.62°±4.07°、(9.95±2.56)mm、16.73°±5.82°、14.06°±6.26°,脱位组的TTTGR、TT-TG、LTI、LPTA分别为40.22°±6.49°、(18.97±3.53)mm、0.74°±11.96°、27.53°±8.71°,组间比较,差异有统计学意义(P<0.05,表1)。

组别	例数	TTTGR (°)	TT-TG (mm)	LTI (°)	LPTA (°)
对照组	30	28.62±4.07	9.95±2.56	16.73±5.82	14.06±6.26
脱位组	50	40.22±6.49	18.97±3.53	0.74±11.96	27.53±8.71
t值	-	-15.243	-21.098	11.860	-12.811
P值	-	<0.001	0.006	<0.001	0.002

观察者间的一致性检验结果:TT-TG(ICC=0.975)、TTTGR(ICC=0.937)和LPTA(ICC=0.794)的组间一致性均为优秀,LTI(ICC=0.708)的组间一致性良好。

TTTGR和TT-TG、LTI、LPTA均具有相关性(P均<0.001),其中和TT-TG、LPTA为正相关(r=0.544,r=0.476),和LTI为负相关(r=-0.430)。

图3为各评估参数的ROC曲线。其中TT-TG对于髌股关节不稳的诊断准确性最高,约登指数:0.851;TTTGR诊断准确性次之,约登指数:0.733;LPTA的约登指数:0.674;LTI则无诊断意义。其中,TTTGR的最佳截断值为34.6°,表现出敏感度为80.00%,特异度为93.30%;阳性预测值为92.27%,阴性预测值为82.34%。

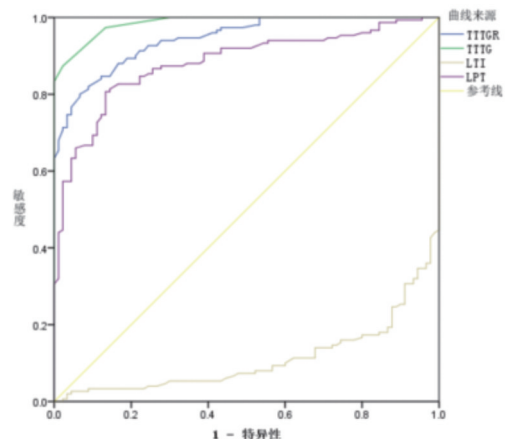


图3 TTTGR、TT-TG、LTI、LPTA分别预测髌股关节不稳的ROC曲线

讨 论

基于 CT 测量的 TTTGR 是一种简单、直观、可重复性高的髌股关节不稳的评价指标。测量 TTTGR 的观察者一致性表现为优秀 ($ICC=0.937$), 这说明不仅骨科医师能够熟练掌握此参数测量, 且放射科医师也易于掌握; 不仅能通过电脑制图软件测量, 也能通过专用医学影像软件测量。这提示 TTTGR 容易测量且一致性高, 具有普适性。本研究还发现, 虽然在 Dejour 分型中难以定义滑车最低点, 且有文献报道 TT-TG 在超过 20 mm 时的测量一致性下降^[6], 但 TT-TG 的观察者一致性是本研究四组参数中最高的 ($ICC=0.975$), 这表明 TT-TG 仍是一个可靠且一致的评估参数, 这和以往文献报道一致^[10-11]。大量文献表明, 在髌股关节稳定性的众多评估指标中, 因为解剖学差异较大的原因, 医师测量的 ICC 差异很大^[12]。TTTGR 的重复测量一致性表现优秀, 受解剖异常干扰较小, 是易于掌握的测量评估参数。

本研究还发现, TTTGR 是髌股关节不稳的可靠评估指标。正常膝关节的 TTTGR 为 $28.62^{\circ} \pm 4.07^{\circ}$, 髌骨脱位的 TTTGR 为 $40.22^{\circ} \pm 6.49^{\circ}$; TTTGR=34.6° 时表现出 80% 的敏感度, 93.3% 的特异度, 92.27% 的阳性预测值, 82.34% 的阴性预测值。这提示 TTTGR 对于评估髌股关节不稳具有较高的敏感度和特异度, 可以作为髌股关节不稳的诊断参数之一。

TTTGR 和其他三组评估髌股关节不稳的指标均具有相关性, 尤其是 TT-TG, 是因为 TTTGR 测量方法是由 TT-TG 改进, 故而相关性更高。ROC 曲线分析结果可见, TT-TG 的诊断效力最高, LPTA 反映了髌骨外倾的程度并且和髌股关节软骨损伤相关, 是临床常用的评估指标^[8], 但其对于髌股关节不稳的诊断效力要低于 TT-TG 和 TTTGR。LTI 反映了股骨外髁和滑车发育的异常情况^[13], 不具备髌股关节不稳的诊断效力。由此提示, 髌股关节不稳可能和股骨-胫骨综合因素相关。

此外, 不同于 TT-TG 的长度评估, TTTGR 是一个角度评估参数, 能够反映出股骨-胫骨的相对旋转程度。部分研究证实股骨内旋或胫骨外旋为髌股关节不稳提供了外向作用力^[14-15], 但并没有将其作为一个整体进行分析, 这也干扰了手术方案的决策。胫骨结节截骨术 (tibial tubercle osteotomy, TTO) 矫正了胫骨结节的位置, 其本质可以理解为将胫骨相对于股骨内旋^[16-17]。TTO 的手术选择依赖 TT-TG 的长度测量结果, 而 TTTGR 是一个旋转角度指标,

在本质上可能更加贴合 TTO 手术的实施。因此, TTTGR 可能为 TTO 提供更贴合本质的测量及参考标准。

本研究尚存在以下不足: ①随着骨龄增长成熟, 未成年人的骨性结构可能发生变化, 本研究没有将年龄这一可能的变化剔除; ②本研究仅探索了 TTTGR 对髌股关节不稳的影响, 存在片面性, 髌股关节不稳是多因素作用的结果, 这在以后的研究中会进一步完善。

TTTGR 是简单、直观、可重复性高、可靠的髌股关节不稳评估指标, 具有较高的观察者一致性, 并与其他髌股关节不稳的评估参数具有相关性, 该参数提示了股骨-胫骨的相对旋转性, 对髌股关节不稳具有较高的诊断效力, 可能为 TTO 的实施提供参考价值。

参 考 文 献

- [1] Liu JN, Steinhaus ME, Kalbian IL, et al. Patellar instability management: a survey of the international patellofemoral study group [J]. Am J Sports Med, 2018, 46(13): 3299-3306.
- [2] Stefancin JJ, Parker RD. First-time traumatic patellar dislocation: a systematic review [J]. Clin Orthop Relat Res, 2007, 455: 93-101.
- [3] Magnussen RA, Verlage M, Stock E, et al. Primary patellar dislocations without surgical stabilization or recurrence: how well are these patients really doing? [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2017, 25(8): 2352-2356.
- [4] Hawkins RJ, Bell RH, Anisette G. Acute patellar dislocations. The natural history [J]. Am J Sports Med, 1986, 14(2): 117-120.
- [5] Mistovich RJ, Urwin JW, Fabricant PD, et al. Patellar tendon-lateral trochlear ridge distance: a novel measurement of patellofemoral instability [J]. Am J Sports Med, 2018, 46(14): 3400-3406.
- [6] Dietrich TJ, Fucentese SF, Pfirrmann CW. Imaging of individual anatomical risk factors for patellar instability [J]. Semin Musculoskelet Radiol, 2016, 20(1): 65-73.
- [7] Wierer G, Krabb N, Kaiser P, et al. The Patellar instability probability calculator: a multivariate-based model to predict the individual risk of recurrent lateral patellar dislocation [J]. Am J Sports Med, 2022, 50(2): 471-477.
- [8] 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.
- [9] Cicchetti, Domenic V. Guidelines, criteria, and rules of thumb for evaluating normed and standardized assessment instruments in psychology [J]. Psychological Assessment, 1994, 6(4): 284-290.
- [10] Frings J, Balcarek P, Tscholl P, et al. Conservative versus surgical treatment for primary patellar dislocation [J]. Dtsch Arztebl Int, 2020, 117(16): 279-286.
- [11] Egund N, Skou N, Jacobsen B, et al. Measurement of tibial tuberosity-trochlear groove distance by MRI: assessment and correction of knee positioning errors [J]. Skeletal Radiol, 2021, 50(4): 751-759.
- [12] Delgado-Martínez AD, Rodríguez-Merchón EC, Ballesteros R, et

al. Reproducibility of patellofemoral CT scan measurements [J]. *Int Orthop*, 2000, 24(1): 5-8.

[13] Joseph SM, Cheng C, Solomito MJ, et al. Lateral trochlear inclination angle: measurement via a 2-image technique to reliably characterize and quantify trochlear dysplasia [J]. *Orthop J Sports Med*, 2020, 8(10): 2325967120958415.

[14] Schranz C, Belohlavek T, Sperl M, et al. Does femoral anteversion and internally rotated gait correlate in subjects with patellofemoral instability? [J]. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2021, 84: 105333.

[15] Lin KM, James EW, Aitchison AH, et al. Increased tibiofemoral rotation on MRI with increasing clinical severity of patellar instability [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2021, 29(11): 3735-3742.

[16] Liska F, von Deimling C, Otto A, et al. Distal femoral torsional

osteotomy increases the contact pressure of the medial patellofemoral joint in biomechanical analysis [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2019, 27(7): 2328-2333.

[17] Kaiser P, Schmoelz W, Schoettle P, et al. Increased internal femoral torsion can be regarded as a risk factor for patellar instability-A biomechanical study [J]. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2017, 47: 103-109.

(收稿日期: 2022-03-07)

(本文编辑:陈姗姗)

引用格式

丁明,上官磊,张楠,等. 胫骨结节相对旋转度:一种新的评估髌股关节不稳的参数 [J]. *骨科*, 2022, 13(4): 320 - 324. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2022.04.007.