

髌腱外偏角的测量及在复发性髌骨脱位诊断中的应用

李健,戴祝,廖瑛,吴彪,刘全辉

(南华大学附属第一医院,湖南 衡阳 421001)

【摘要】 目的:比较髌腱外偏角和胫骨结节-滑车沟距离(tibia tubercle-trochlea groove,TT-TG)的 CT 测量结果,以及在复发性髌骨脱位中的诊断能力和病理阈值。方法:自 2015 年 1 月至 2020 年 3 月对 46 例复发性髌骨脱位患者和 112 例非髌骨脱位患者的病例资料进行回顾性分析。46 例复发性髌骨脱位患者根据 TT-TG 值分为 2 组:TT-TG \geq 20 mm 髌骨脱位(A 组)11 例,男 7 例,女 4 例;年龄 16~27(21.00 \pm 3.98)岁;TT-TG<20 mm 髌骨脱位(B 组)35 例,男 14 例,女 21 例;年龄 16~37(22.83 \pm 6.09)岁;非髌骨脱位(C 组)112 例,男 63 例,女 49 例;年龄 16~36(22.87 \pm 5.69)岁。比较 3 组患者的髌腱外偏角和 TT-TG 值的测量数据,并采用 Spearman 分析其相关性。采用同类相关系数(intraclass correlation coefficient,ICC)确定组内的可重复性。利用受试者工作特征(receiver operating characteristic,ROC)曲线下面积评价参数的诊断能力,并计算出髌腱外偏角截骨参数,以及髌腱外偏角和 TT-TG 值在诊断复发性髌骨脱位的诊断参数。结果:A、B、C 组的髌腱外偏角分别为 (22.04 \pm 3.19) $^{\circ}$ 、(17.20 \pm 4.43) $^{\circ}$ 、(10.22 \pm 3.45) $^{\circ}$,TT-TG 值分别为 (21.15 \pm 0.71)、(15.97 \pm 2.69)、(11.12 \pm 3.77) mm,3 组比较差异有统计学意义 ($P<0.01$),且 A 组与 B 组比较差异有统计学意义 ($P<0.01$)。髌腱外偏角与 TT-TG 值对比,存在强正相关($r=0.735$, $P<0.0001$)。髌腱外偏角在 A、B 组中的组内 ICC 值(0.980、0.982)比 TT-TG 值(0.594、0.775)测量的可重复性更好,C 组中髌腱外偏角(0.956)和 TT-TG 值(0.906)可重复性均很好。在复发性髌骨脱位诊断中,髌腱外偏角的 ROC 曲线下面积(0.916)大于 TT-TG 值(0.886),其诊断参数分别为 13.84 $^{\circ}$ 和 14.69 mm;在胫骨截骨术中,髌腱外偏角的 ROC 曲线下面积为 0.821,截骨参数为 20.15 $^{\circ}$ 。结论:CT 成像可以可靠地测量髌腱外偏角。髌腱外偏角与 TT-TG 值存在强正相关,可通过其测量明确复发性髌骨脱位病理状态,并且髌腱外偏角在复发性髌骨脱位的诊断能力优于 TT-TG 值。髌腱外偏角同样可用于指导复发性髌骨脱位的胫骨截骨手术方案的制定。

【关键词】 髌骨脱位; 复发; 髌腱

中图分类号:R686.5

DOI:10.12200/j.issn.1003-0034.2022.06.006

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Measurement of external deviation angle of patellar tendon and its application on diagnosis of recurrent patellar dislocation LI Jian, DAI Zhu, LIAO Ying, WU Biao, and LIU Quan-hui. Department of Orthopaedics, the First Affiliated Hospital of University of South China, Hengyang 421001, Hunan, China

ABSTRACT **Objective:** To compare computed tomography (CT) measurement results of external deviation angle of patellar tendon and tibia tubercle-trochlea groove (TT-TG), as well as the diagnostic ability and pathology in recurrent patellar dislocation threshold. **Methods:** From January 2015 to March 2020, 46 patients with recurrent patella dislocation and 112 patients with non-patella dislocation were retrospectively analyzed. Forty-six patients with recurrent patella dislocation were divided into 2 groups according to TT-TG value, 11 patients with patellar dislocation with TT-TG \geq 20 mm (group A), including 7 males and 4 females, aged from 16 to 27 years old with an average of (21.00 \pm 3.98) years old; 35 patients with patellar dislocation with TT-TG<20 mm (group B), including 14 males and 21 females, aged from 16 to 37 years old with an average of (22.83 \pm 6.09) years old. While 112 patients with non-patella dislocation (group C) included 63 males and 49 females, aged 16 to 36 years old with an average of (22.87 \pm 5.69) years old. The measurement data of external deviation angle of patellar tendon and TT-TG value among three groups were compared. Spearman analysis was used to analyze correlation among them. Intraclass correlation coefficient (ICC) was used to determine repeatability within group. Receiver operating characteristic (ROC) area under the curve was used to evaluate diagnostic ability of parameters, and calculate osteotomy parameters of external deviation

基金项目:湖南省卫生健康委员会重点课题资助项目(编号:20201907)

Fund program:Key Project Funded Project of Hunan Provincial Health Commission (No.20201907)

通讯作者:戴祝 E-mail:oliverdai@hotmail.com

Corresponding author:DAI Zhu E-mail:oliverdai@hotmail.com

angle of patellar tendon, as well as external deviation angle of patellar tendon and TT-TG value in the diagnosis of recurrent patella diagnostic parameters of dislocation. **Results:** External deviation angle of patellar tendon in group A, B and C was $(22.04 \pm 3.09)^\circ$, $(17.20 \pm 4.43)^\circ$ and $(10.22 \pm 3.45)^\circ$ respectively; while TT-TG value was (21.15 ± 0.71) mm, (15.97 ± 2.69) mm and (11.12 ± 3.77) mm, there were significance among three groups ($P < 0.01$), and had difference between group A and B ($P < 0.01$). There was strong positive correlation between external deviation angle of patellar tendon and TT-TG value ($r = 0.735$, $P < 0.0001$). The intra-group ICC value (0.980, 0.982) of external deviation angle of patellar tendon in group A and B have better repeatability than TT-TG value (0.594, 0.775). The external deviation angle of patellar tendon in group C (0.956) and repeatability of TT-TG value (0.906) was very good. In the diagnosis of recurrent patellar dislocation, the area under ROC curve of external deviation angle of patellar tendon (0.916) was greater than TT-TG value (0.886), and diagnostic parameters were 13.84° and 14.69 mm, respectively; in tibial osteotomy, the area under ROC curve of external deviation angle of patellar tendon was 0.821, and osteotomy parameter was 20.15° . **Conclusion:** CT imaging could reliably measure external deviation angle of patellar tendon. There is a strong positive correlation between external deviation angle of patellar tendon and value of TT-TG, which could be used to determine pathological state of recurrent patellar dislocation, and external deviation angle of patellar tendon is superior to the TT-TG value in the diagnosis of recurrent patellar dislocation. The external deviation angle of patellar tendon could also be used to guide the formulation of the tibial osteotomy plan for recurrent patellar dislocation.

KEYWORDS Patellar dislocation; Recurrence; Patellar ligament

复发性髌骨脱位常见于青少年,严重影响患者膝关节功能和生活质量^[1]。胫骨结节过度外偏是髌骨脱位的重要危险因素^[2-4]。胫骨结节-髌间滑车沟(tibia tubercle-trochlea groove, TT-TG)是评价胫骨结节相对位置和引导胫骨结节截骨(tibial tuberosity osteotomy, TTO)手术常用的测量方法^[5-7]。然而,TT-TG 距离的测量常受到滑车畸形、年龄、性别和骨骼大小的影响^[8-11]。目前,多项研究根据 TT-TG 的缺点提出了改良的测量方法^[12-16]。尽管可以通过改良的测量方式可避免 TT-TG 测量的缺陷,但均需提供 2 个或以上影像学层面及多个解剖标志点,较依赖测量者的经验,使临床中评估的可重复性低。基于此,笔者提出采用单层面 CT 轴位片测量的髌腱外偏角,髌腱在 CT 影像中有明确的边界,确定其中心的变异性较小。因此,本研究比较髌腱外偏角和 TT-TG 在 CT 影像学中的测量结果,验证其测量的可重复性和诊断能力,确定诊断复发性髌骨脱位和胫骨截骨指征的病理阈值。

1 资料与方法

1.1 病例选择

纳入标准:年龄 16~37 岁;骨骼成熟的患者;单侧髌骨脱位。排除标准:合并膝韧带严重损伤;骨性关节炎;缺少术前影像学数据;现有或曾有下肢骨折;二分髌骨;低位髌骨患者。

1.2 临床资料

回顾性分析 2015 年 1 月至 2020 年 3 月治疗的复发性髌骨脱位患者 46 例和非髌骨脱位患者 112 例。髌骨脱位患者根据 TT-TG 测量值分为 2 组:TT-TG ≥ 20 mm 髌骨脱位组(A 组)11 例,男 7 例,女 4 例;年龄 16~27(21.00 ± 3.98)岁;TT-TG < 20 mm 髌骨脱位组(B 组)35 例,男 14 例,女 21 例;年龄 16~

37(22.83 ± 6.09)岁;非髌骨脱位组(C 组)112 例,男 63 例,女 49 例,年龄 16~36(22.87 ± 5.69)岁。3 组患者一般资料比较差异无统计学意义,具有可比性($P > 0.05$)。见表 1。

表 1 各组患者一般资料比较

Tab.1 Comparison of general data among three groups

组别	例数	性别(例)		年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)
		男	女	
A 组	11	7	4	21.00 \pm 3.98
B 组	35	14	21	22.83 \pm 6.09
C 组	112	63	49	22.87 \pm 5.69
检验值		$\chi^2=3.349$		$F=0.547$
P 值		0.187		0.580

注:A 组 TT-TG ≥ 20 mm 髌骨脱位组;B 组 TT-TG < 20 mm 髌骨脱位组;C 组非髌骨脱位组。下同

Notes: Group A stands for patellar dislocation with TT-TG ≥ 20 mm; Group B stands for patellar dislocation with TT-TG < 20 mm; Group C stands for non-patella dislocation. The same below

1.3 研究方法

1.3.1 髌腱外偏角的测量 运用医学影像系统(picture archiving and communication system, PACS)软件,获取每例患者的患膝轴位 CT 图像,选取能显示完整滑车沟的股骨最远端的 CT 断层图片作为参考层。在该图片上,沿内外侧髌后缘做切线,再经滑车沟中点做其垂线;另外,确定髌腱中点(髌腱两侧缘连线的中点),连接髌腱中点与垂线交点,其与经滑车沟中点的垂线形成的角度为髌腱外偏角。见图 1。

1.3.2 TT-TG 值测量 参考相关文献^[17]的测量方法,在每例患膝轴位的 CT 图像中,选取股骨端出现

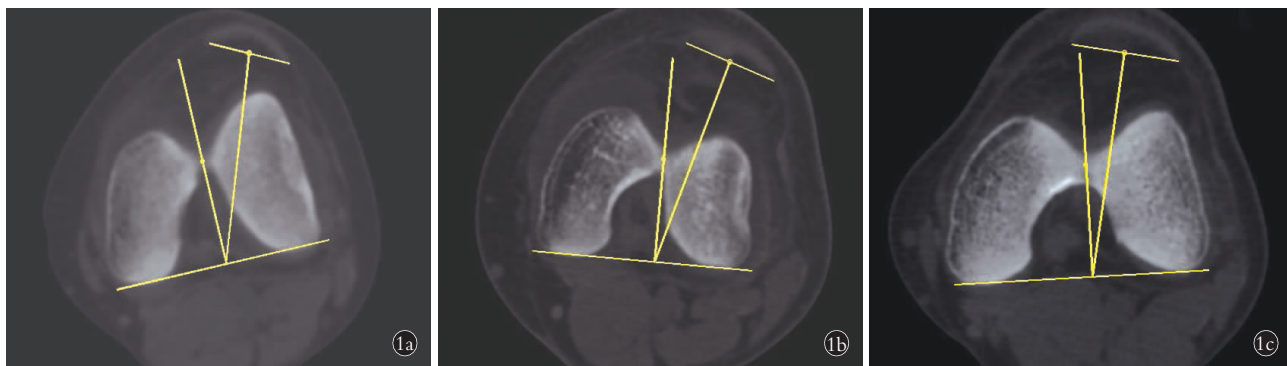


图 1 各组髌腱外偏角示意图 1a. A 组髌腱外偏角 21.07° 1b. B 组髌腱外偏角 16.12° 1c. C 组髌腱外偏角 11.90°
 Fig.1 Schematic diagram of external deviation angle of patellar tendon in each group 1a. Patellar tendon external deviation angle of group A was 21.07° 1b. Patellar tendon external deviation angle of group B was 16.12° 1c. Patellar tendon external deviation angle of group C was 11.90°

股骨髁间窝围成的“罗马拱门”近端平面为股骨端参考层面，再选取经胫骨结节中心层面作为胫骨侧参考层面。采用 Photoshop 2020 软件将 2 个平面融合后，沿股骨髁后缘做连线，分别由股骨滑车沟最深点及胫骨结节突起的弧面最高点做其垂线。将该图片导入 Digimizer 4.0 软件，测量两垂线之间的距离，即为 TT-TG 值。

1.4 观察项目与方法

1.4.1 髌腱外偏角和 TT-TG 的测量方式及可重复性比较 所有测量由 1 名骨科医师采用盲法和随机化的方式进行。为了评估组内的可靠性，4 周后复查所有测量结果，对 2 次的测量值进行统计分析，验证 2 种测量方法的可重复性。同类相关系数(intraclass correlation coefficient, ICC) 值>0.9 被认为有很好的—致性^[18-19]。

1.4.2 髌腱外偏角和 TT-TG 值的相关性分析 髌腱外偏角是主要针对软组织的测量，而 TT-TG 主要是骨性标志的测量，将研究对象的 2 种测量值进行相关性分析。其中，相关系数|r|是判断相关强弱标准，当|r|值在 0.8~1.0 是极强相关；0.6~0.8 为强相关；0.4~0.6 为中等程度相关；0.2~0.4 为弱相关；0~0.2 为极弱相关或无相关。

1.4.3 髌腱外偏角的 ROC 曲线面积分析 将测量的髌腱外偏角及 TT-TG 值绘制成受试者工作特性(receiver operating characteristic, ROC)曲线，并计算 ROC 曲线面积(area under curve, AUC)。AUC 取值范围为 0.5~1.0, AUC 越接近 1.0，检测方法的效果越好；等于 0.5 时，效果最差，无诊断价值；0.7≤AUC≤0.9 具有中等诊断价值，AUC≥0.9 则具有高诊断价值^[20]。计算出髌腱外偏角截骨参数，以及髌腱外偏角和 TT-TG 值在诊断复发性髌骨脱位的诊断参数。

1.5 统计学处理

采用 SPSS 26.0 或 GraphPad Prism 8 软件进行

统计学分析，定量资料采用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示。定性资料比较采用 χ^2 检验，3 组比较采用方差分析。3 组髌腱外偏角和 TT-TG 值测量数据比较采用方差分析，检验方差齐性后采用 q 检验进行组间两两比较；利用 Spearman 分析相关性。采用 ICC 值评估 2 种测量方法的可重复性（单一测量者），3 组分别计算 2 种测量方法的 ICC 值。髌腱外偏角和 TT-TG 值的相关性，采用 GraphPad Prism 8 绘制图像，采用 GraphPad Prism 8 对 2 种测量方法的 ROC 曲线下面积进行分析。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 髌腱外偏角和 TT-TG 值

A、B、C 组髌腱外偏角和 TT-TG 值比较差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)，且 A、B 组髌腱外偏角和 TT-TG 值与 C 组比较，差异有统计学意义 ($P < 0.01$)。A 组髌腱外偏角和 TT-TG 值与 B 组比较，差异有统计学意义 ($P < 0.01$)。见表 2。

表 2 各组髌腱外偏角和 TT-TG 值比较 ($\bar{x} \pm s$)
 Tab.2 Comparison of external deviation angle of patellar tendon and TT-TG value among three groups ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	髌腱外偏角(°)	TT-TG 值(mm)
A 组	11	22.04±3.19	21.15±0.71
B 组	35	17.20±4.43 [▲]	15.97±2.69 [△]
C 组	112	10.22±3.45 ^{▼◆}	11.12±3.77 ^{▽◇}
检验值		$F=86.974$	$F=60.797$
P 值		<0.001	<0.001

注：与 A 组比较，[▲] $t=3.354, P=0.002$ ；[▼] $t=10.883, P<0.001$ ；[△] $t=6.281, P<0.001$ ；[▽] $t=8.785, P<0.001$ 。与 B 组比较，[◆] $t=9.708, P<0.001$ ；[◇] $t=7.060, P<0.001$

Note: Compared with group A, [▲] $t=3.354, P=0.002$; [▼] $t=10.883, P<0.001$; [△] $t=6.281, P<0.001$; [▽] $t=8.785, P<0.001$. Compared with group B, [◆] $t=9.708, P<0.001$; [◇] $t=7.060, P<0.001$

2.2 髌腱外偏角测量的可重复性比较

髌腱外偏角在 A、B 组中的组内 ICC 值分别为 0.980 和 0.982, 均 >0.9; 相比于 TT-TG 在 A 和 B 组内 ICC 值 0.594 和 0.775, 髌腱外偏角的可重复性更高。C 组中髌腱外偏角和 TT-TG 值的组内 ICC 分别为 0.956 和 0.906, 两者均有很好的 consistency。

2.3 髌腱外偏角 ROC 曲线面积比较

髌腱外偏角与 TT-TG 值存在强正相关, 相关系数 $r=0.735 (P<0.000 1)$ 。见图 2。髌腱外偏角的 ROC 曲线下面积为 0.821, 其预测胫骨结节截骨能力为中等, 预测胫骨截骨的敏感性为 81.8%, 特异性为 77.1%。髌腱外偏角诊断复发性髌骨脱位较 TT-TG 值能力更好, 髌腱外偏角和 TT-TG 值的 AUC 分别为 0.916 和 0.886, 当髌腱外偏角 >13.84° 和 TT-TG 值 >14.69 mm 时, 其敏感性分别为 89.1% 和 82.6%, 特异性为 86.6% 和 83.9%, 见图 3 和表 3。

3 讨论

3.1 髌腱外偏角可以评估胫骨结节外偏程度

本研究结果表明, 髌腱外偏角对 3 组患者的测量可靠性均很好 (ICC>0.95)。TT-TG 距离值的测量仅在非髌骨脱位组的可靠性很好 (ICC>0.90), 而髌骨脱位组中则较差 (ICC<0.78)。因为髌骨脱位患者常出现股骨滑车发育不良, 为 TT-TG 的测量带来困难, 往往造成多次测量变异度大, 可重复性差等缺点^[21]。同时, TT-TG 测量过程需通过其他软件将不同 CT 层面的影像融合, 在不同软件上测量, 过程繁琐。

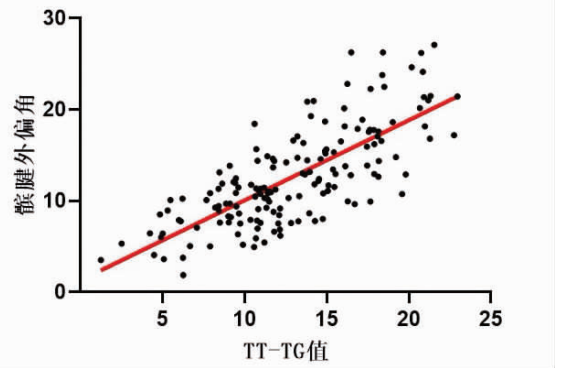


图 2 髌腱外偏角与 TT-TG 值对比散点图
Fig.2 Contrast scatter plots between external deviation angle of patellar tendon and tibia tubercle-trochlea groove value

在薄层 CT 扫描中, 选取的股骨侧层面和胫骨结节层面不恒定, 不同测量者以及同一测量者不同时间选定的层面可能不同, 造成测量误差较大。笔者通过一恒定 CT 层面来减少人为辨别多个标志点和层面而导致的可靠性下降。本研究选取轴位 CT 片中股骨滑车沟最远端层面作为测量参考层面, 在 CT 扫描图像中, 该层面恒定, 易于辨认, 适合作为参考层面。在排除低位髌骨的情况下, 该层面恒定位于髌骨远端、髌腱近端。髌腱轮廓清晰可辨, 髌腱中点容易确定, 因而测量的可重复性高。

3.2 髌腱外偏角与髌骨不稳联系较 TT-TG 值更为紧密

本研究发现髌腱外偏角与 TT-TG 值呈现强的

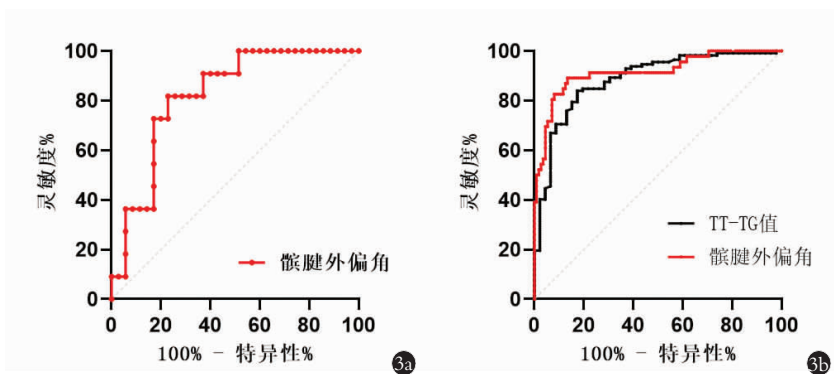


图 3 髌腱外偏角和 TT-TG 距离值 ROC 曲线图
3a. 髌腱外偏角在胫骨截骨标准的 ROC 曲线图
3b. 髌腱外偏角和 TT-TG 距离值在复发性髌骨脱位诊断中的 ROC 曲线图
Fig.3 ROC curve graph of external deviation angle of patellar tendon and TT-TG distance value
3a. ROC curve of external deviation angle of patellar tendon in tibia osteotomy standard
3b. ROC curve of external deviation angle of patellar tendon and TT-TG distance in diagnosis of recurrent patellar dislocation

表 3 ROC 曲线结果分析
Tab.3 Results of receiver operating characteristic curve

参数	AUC(95%CI)	P 值	截止值*	敏感性	特异性
髌腱外偏角 [◆]	0.821(0.696-0.946)	0.001 5	20.15°	81.8%	77.1%
髌腱外偏角 [◇]	0.916(0.862-0.969)	<0.000 1	13.84°	89.1%	86.6%
TT-TG 值 [◇]	0.886(0.828-0.944)	<0.000 1	14.69 mm	82.6%	83.9%

注: *根据约登指数的理想截止值; ◆胫骨截骨阈值参数; ◇髌骨复发性脱位病理阈值参数。AUC: 曲线下面积; CI: 可信区间
Note: *According to the ideal cutoff of Yoden index; ◆Tibia osteotomy threshold parameters; ◇Recurrent patella dislocation diagnostic threshold parameters. AUC, area under curve; CI, confidence interval

相关性($r=0.735$),认为髌腱外偏角的测量可以提供胫骨结节的相对位置。本研究结果表明,髌腱外偏角对髌骨脱位有较好的诊断能力,AUC 为 0.916,而 TT-TG 距离的诊断能力相对较差,AUC 为 0.886。研究表明^[12]TT-TG 诊断复发性髌骨脱位能力为中等(AUC=0.820),与本研究结果基本一致。在正常的股骨解剖中,角度变异比线性变异更常见。Arendt 等^[22]强调了仔细评估胫骨结节相对位置的重要性,而 TT-TG 还无法潜在地识别旋转偏差。Jafaril 等^[23]建立了计算机模型,并报道了 TG 形状对髌股关节稳定性影响,并指出,滑车沟角度的增加会导致髌骨的侧移和倾斜的增加,当内侧支持带松弛,股四头肌总力增加时,这种影响被放大。髌骨的侧移改变会影响髌腱的位置状态,而髌腱外偏角可以检测髌腱的侧移。这可能很好地解释了髌腱外偏角对髌骨脱位的诊断能力优于 TT-TG 距离测量的原因。

尽管本研究结果中,胫骨结节截骨中的髌腱外偏角诊断能力为中等,但这仅仅是依靠 TT-TG ≥ 20 mm 为金标准进行 ROC 曲线分析的结果。TT-TG 仅评估了胫骨结节在冠状平面中的平移分量偏差,缺少了滑车角度增加及膝关节旋转因素,因此不能完全代表髌骨脱位的畸形,对髌骨脱位的诊断敏感性偏低。胫骨结节截骨术的决定不应该仅仅依靠 TT-TG 距离异常来诊断。在复发性髌骨脱位诊断结果中,髌腱外偏角较 TT-TG 值测量有更好的灵敏性和特异性,表明角度测量的特异性更好,与髌骨不稳定的联系更强。角度测量与平移偏差测量的区别在于,很少受到个体身高、骨骼大小差异影响^[11,24]。髌腱外偏角测量可以帮助评估髌骨不稳情况,而不单纯是 TT-TG 值的平移分量变化。髌腱外偏角与髌骨不稳联系更为紧密。因此,髌腱外偏角可能比传统的 TT-TG 更适用于胫骨结节截骨术。髌腱外偏角测量可以帮助外科医生更准确的确定哪些患者将从胫骨结节截骨中受益。

髌腱外偏角 $\geq 13.84^\circ$ 作为髌骨脱位的诊断参考值,有助于髌骨脱位病理状态的早期诊断,具有较高的临床应用价值,但还需要在临床中进一步验证。根据 ROC 曲线分析的结果,以髌腱外偏角 $\geq 20.15^\circ$ 作为制定胫骨截骨并结节内移指征参数时,具有中等诊断价值,有一定的临床应用前景。在以后的研究中,需要加入更多的临床病例,进一步观察髌腱外偏角作为胫骨结节截骨内移参考指标的价值。

3.3 髌腱外偏角的局限性

然而这项研究存在以下局限:第一,由于髌腱位于膝关节前方,当外伤后膝关节腔积血时,可能会影响髌腱外偏角的测量。第二,该研究所有患者具有膝

关节损伤或疾病史,存在一些选择偏倚,理想的对照组为健康志愿者。第三,这是一项回顾性研究,CT 扫描中膝关节的轻微位置变化可能存在,因次未将手术结果与新的测量方法相关联。最后,在人口学上,研究组和控制组最好匹配,这可能会减少本研究的一些变量。

3.4 总结与展望

髌腱外偏角为角度测量,而并非绝对值测量,不会因为个体膝关节大小的变化而变化,也不会因为年龄和生长而变化。所以,该方法可能也适用于儿童的髌骨脱位评估,但未来需要通过进一步研究来证实。此外,复发性髌骨脱位是否需要行髌骨外侧松解仍存在争议,目前尚无客观的评价标准,髌腱外偏角能较好地反映髌腱外侧软组织紧张程度,是否可作为髌骨外侧松解的指标尚需要进一步观察。

CT 成像可以可靠地测量髌腱外偏角。髌腱外偏角与 TT-TG 值存在强正相关,可通过其测量明确复发性髌骨脱位病理状态,并且髌腱外偏角在复发性髌骨脱位的诊断能力优于 TT-TG 值。髌腱外偏角同样可用于指导复发性髌骨脱位的胫骨截骨手术方案的制定。

参考文献

- [1] Koh JL, Stewart C. Patellar instability[J]. Clin Sports Med, 2014, 33(3): 461-476.
- [2] 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.
- [3] Fitzpatrick CK, Steensen RN, Tumuluri A, et al. Computational analysis of factors contributing to patellar dislocation[J]. J Orthop Res, 2016, 34(3): 444-453.
- [4] 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, 6: 55-62.
- [5] Li L, Wang H, He Y, et al. Treatment of recurrent patellar dislocation via knee arthroscopy combined with C-arm fluoroscopy and reconstruction of the medial patellofemoral ligament[J]. Exp Ther Med, 2018, 15(6): 5051-5057.
- [6] Shtarker H, Assaf M, Deltoff MN. A new minimally invasive surgical technique for medial retinaculum repair following traumatic patellar dislocation[J]. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2018, 28(5): 811-817.
- [7] Otsuki S, Okamoto Y, Murakami T, et al. Patellofemoral reconstruction for patellar instability with patella alta in middle-aged patients: clinical outcomes[J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2018, 104(2): 217-221.
- [8] 曹万全, 杨自权, 王刚, 等. 复发性髌骨脱位的治疗进展[J]. 中国骨伤, 2017, 30(3): 282-286.
CAO WQ, YANG ZQ, WANG G, et al. Progress in the treatment of recurrent patellar dislocation[J]. Zhongguo Gu Shang/ China J Orthop Trauma, 2017, 30(3): 282-286. Chinese with abstract in English.

- [9] Dornacher D, Reichel H, Kappe T. Does tibial tuberosity-trochlear groove distance(TT-TG) correlate with knee size or body height [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2016, 24(9):2861-2867.
- [10] Hernigou J, Chahidi E, Bouaboula M, et al. Knee size chart nomogram for evaluation of tibial tuberosity-trochlear groove distance in knees with or without history of patellofemoral instability[J]. *Int Orthop*, 2018, 42(12):2797-2806.
- [11] Dickens AJ, Morrell NT, Doering A, et al. Tibial tubercle-trochlear groove distance[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2014, 96(4):318-324.
- [12] Xu Z, Zhang H, Yan W, et al. Validating the role of tibial tubercle-posterior cruciate ligament distance and tibial tubercle-trochlear groove distance measured by magnetic resonance imaging in patients with patellar dislocation: a diagnostic study[J]. *Arthroscopy*, 2021, 37(1):234-242.
- [13] Seitlinger G, Scheurecker G, Hogler R, et al. Tibial tubercle-posterior cruciate ligament distance: a new measurement to define the position of the tibial tubercle in patients with patellar dislocation [J]. *Am J Sports Med*, 2012, 40(5):1119-1125.
- [14] Brady JM, Sullivan JP, Nguyen J, et al. The tibial tubercle-to-trochlear groove distance is reliable in the setting of trochlear dysplasia, and superior to the tibial tubercle-to-posterior cruciate ligament distance when evaluating coronal malalignment in patellofemoral instability [J]. *Arthroscopy*, 2017, 33(11):2026-2034.
- [15] Hingelbaum S, Best R, Huth J, et al. The TT-TG index: a new knee size adjusted measure method to determine the TT-TG distance[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2014, 22(10):2388-2395.
- [16] Camp CL, Heidenreich MJ, Dahm DL, et al. Individualizing the tibial tubercle-trochlear groove distance: patellar instability ratios that predict recurrent instability[J]. *Am J Sports Med*, 2016, 44(2):393-399.
- [17] Ho CP, James EW, Surowiec RK, et al. Systematic technique-dependent differences in CT versus MRI measurement of the tibial tubercle-trochlear groove distance[J]. *Am J Sports Med*, 2015, 43(3):675-682.
- [18] Xu Z, Zhang H, Chen J, et al. Femoral anteversion is related to tibial tubercle-trochlear groove distance in patients with patellar dislocation[J]. *Arthroscopy*, 2020, 36(4):1114-1120.
- [19] Kaplan DJ, Samim M, Burke CJ, et al. Validity of magnetic resonance imaging measurement of hip labral width compared with intraoperative assessment[J]. *Arthroscopy*, 2020, 36(3):751-758.
- [20] Sgroi M, Loitsch T, Reichel H, et al. Diagnostic value of clinical tests for infrapatellar tendon tears[J]. *Arthroscopy*, 2019, 35(5):1339-1347.
- [21] Steensen RN, Bentley JC, Trinh TQ, et al. The prevalence and combined prevalences of anatomic factors associated with recurrent patellar dislocation: a magnetic resonance imaging study [J]. *Am J Sports Med*, 2015, 43(4):921-927.
- [22] Arendt EA, Dejour D. Patella instability: building bridges across the ocean a historic review[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2013, 21(2):279-293.
- [23] Jafaril A, Farahmand F, Meghdari A. The effects of trochlear groove geometry on patellofemoral joint stability a computer model study[J]. *Proc Inst Mech Eng*, 2008, 222(1):75-88.
- [24] Bayhan IA, Kirat A, Alpay Y, et al. Tibial tubercle-trochlear groove distance and angle are higher in children with patellar instability[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2018, 26(12):3566-3571.

(收稿日期:2021-06-01 本文编辑:李宜)