

## 胫骨结节-滑车沟距离与股骨滑车发育形态相关的影像学分析

<https://doi.org/10.12307/2021.202>周元博<sup>1</sup>, 黄文亮<sup>2</sup>, 王晋东<sup>1</sup>

投稿日期: 2020-11-05

送审日期: 2020-11-06

采用日期: 2020-11-26

在线日期: 2021-02-10

中图分类号:

R459.9; R318; R445

文章编号:

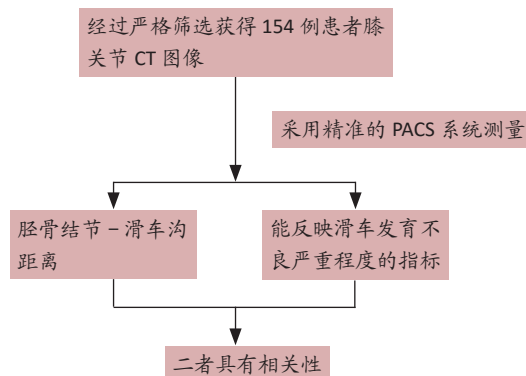
2095-4344(2021)27-04390-05

文献标识码: B

## 文章快速阅读:

## 文章特点一

- △国内外首次探索胫骨结节-滑车沟距离与股骨滑车发育形态的相关性,具有新颖性;
- △采用CT测量胫骨结节-滑车沟距离以及能够量化滑车发育形态的参数,发现胫骨结节-滑车沟距离过大与滑车发育不良存在相关性;
- △研究结果进一步支持了滑车的发育与后天髌骨的应力刺激密切相关这个学说,为临床上治疗股骨滑车发育不良提供了理论依据。



## 文题释义:

**股骨滑车发育不良:** 正常股骨滑车面的形态类似“U”形,从近端到远端“U”形逐渐变陡变深,而滑车发育不良可定义为滑车的沟槽或内外侧滑车面的骨性异常,特征是滑车面平坦或沟浅,最早是由瑞典BRATTSTROM教授提出。

**胫骨结节-滑车沟距离(TT-TG):** 胫骨结节中心与滑车沟的内外水平距离值,是一个比Q角更可靠且能够评估髌股关节不稳的指标,其值大于15 mm与髌骨不稳密切相关,若大于20 mm可考虑胫骨结节内移术。

## 摘要

**背景:** 股骨滑车发育不良是导致髌股关节不稳的最重要危险因素,对于滑车发育的形态是先天基因决定的还是与后天髌股关节间的应力刺激有关,目前尚没有定论,因胫骨结节-滑车沟距离的大小会影响髌股关节内外侧的压力,所以通过分析胫骨结节-滑车沟距离与股骨滑车发育形态是否存在相关性,来验证滑车发育形态是否与后天髌骨应力的刺激有关。

**目的:** 探索胫骨结节-滑车沟距离与股骨滑车发育形态的相关性。

**方法:** 回顾性分析2019年6月至8月在漯河医学高等专科学校第二附属医院就诊患者的膝关节CT图像,纳入154例患者,其中男80例,女74例,年龄18-55岁。根据评估滑车不良的Dejour分型法,分为滑车发育不良组(DejourA型、B型、C型、D型)和正常组(沟角 $\leq 145^\circ$ ),并在影像分析系统上测量胫骨结节-滑车沟距离和股骨滑车形态学指标(滑车的沟角、滑车外侧倾斜角、内外侧滑车高度、中心滑车高度、滑车深度、滑车面不对称性)。采用曼-惠特尼U检验比较滑车发育不良组与正常组的胫骨结节-滑车沟距离的差异,采用Pearson相关分析来研究胫骨结节-滑车沟距离与股骨滑车发育形态的相关性。

**结果与结论:** 滑车不良组比正常组有更大的胫骨结节-滑车沟距离( $P < 0.001$ ),胫骨结节-滑车沟距离与大部分滑车形态学指标存在相关性:滑车沟角( $r=0.487, P < 0.001$ )、外侧倾斜角( $r=-0.286, P < 0.001$ )、内侧滑车高度( $r=-0.174, P=0.031$ )、滑车深度( $r=-0.299, P < 0.001$ )、滑车面不对称性( $r=-0.301, P < 0.001$ )、Dejour分型( $r=0.496, P < 0.001$ ),而与外侧滑车高度( $r=0.001, P=0.993$ )、中心滑车高度( $r=0.102, P=0.210$ )没有发现相关性。结果表明,胫骨结节-滑车沟距离增大与股骨滑车发育不良存在相关性,支持了髌股关节应力刺激会影响股骨滑车发育的假说,为临床治疗儿童髌股关节不稳提供了理论依据。

**关键词:** 髌股关节不稳; 胫骨结节-滑车沟距离; 滑车发育不良; CT; Dejour分型; 滑车沟角; 相关性分析

## Imaging analysis of the correlation between tibial tuberosity-trochlea groove distance and femoral trochlea morphology

Zhou Yuanbo<sup>1</sup>, Huang Wenliang<sup>2</sup>, Wang Jindong<sup>1</sup><sup>1</sup>Second Hospital of Shanxi Medical University, Taiyuan 030000, Shanxi Province, China; <sup>2</sup>Second Affiliated Hospital of Luohe Medical College, Luohe 462000, Henan Province, China

Zhou Yuanbo, Master candidate, Second Hospital of Shanxi Medical University, Taiyuan 030000, Shanxi Province, China

**Corresponding author:** Wang Jindong, MD, Associate professor, Associate chief physician, Second Hospital of Shanxi Medical University, Taiyuan 030000, Shanxi Province, China<sup>1</sup>山西医科大学第二医院, 山西省太原市 030000; <sup>2</sup>漯河医学高等专科学校第二附属医院, 河南省漯河市 462000

第一作者: 周元博, 男, 1996年生, 河南省漯河市人, 汉族, 山西医科大学在读硕士, 在山西医科大学第二医院骨科规培, 主要从事关节与运动医学方面的研究。

通讯作者: 王晋东, 博士, 副教授, 副主任医师, 山西医科大学第二医院, 山西省太原市 030000

<https://orcid.org/0000-0002-7550-6028> (周元博)

引用本文: 周元博, 黄文亮, 王晋东. 胫骨结节-滑车沟距离与股骨滑车发育形态相关的影像学分析 [J]. 中国组织工程研究, 2021, 25(27):4390-4394.



## Abstract

**BACKGROUND:** Femoral trochlear dysplasia is the most important risk factor for patellofemoral instability. There is no consistent conclusion as to whether the morphology of femoral trochlear is determined by congenital genes or related to the stimulation of the patellofemoral compression. The tibial tuberosity-trochlea groove distance can affect the pressure of the patellofemoral joint, so the relationship between the tibial tuberosity-trochlea groove distance and femoral trochlear morphology was analyzed to verify whether the trochlear morphology is related to the stress stimulation of patella.

**OBJECTIVE:** To investigate the relationship between tibial tuberosity-trochlea groove distance and trochlea morphology.

**METHODS:** A total of 154 CT scans from June to August 2019 in Second Affiliated Hospital of Luohe Medical College were analyzed retrospectively. There were 80 males and 74 females, aged 18–55 years. Based on Dejour trochlea classification, the subjects were divided into two groups: trochlea dysplasia group (types A–D) and normal group (sulcus angle  $\leq 145^\circ$ ). Researchers measured tibial tuberosity-trochlea groove distance and radiologic parameters characterizing the form of trochlea, including sulcus angle, the lateral trochlea slope, trochlea height (medial, central, lateral), trochlea depth, and trochlea facet asymmetry. The Man-whitney *U* test was used to evaluate differences in tibial tuberosity-trochlea groove distance between trochlea group and normal group. Pearson correlation analysis was performed between tibial tuberosity-trochlea groove distance and parameters of trochlea morphology.

**RESULTS AND CONCLUSION:** Trochlea dysplasia group showed higher values for tibial tuberosity-trochlea groove distance than normal group ( $P < 0.001$ ). Tibial tuberosity-trochlea groove distance significantly correlated with most trochlea parameters evaluated, including sulcus angle ( $r=0.487, P < 0.001$ ), the lateral trochlea slope ( $r=-0.286, P < 0.001$ ), medial trochlea height ( $r=-0.174, P=0.031$ ), trochlea depth ( $r=-0.299, P < 0.001$ ), trochlea facet asymmetry ( $r=-0.301, P < 0.001$ ), and Dejour trochlea type ( $r=0.496, P < 0.001$ ). No correlation was found in lateral trochlea height ( $r=0.001, P=0.993$ ) and central trochlea height ( $r=0.102, P=0.210$ ). These findings showed that tibial tuberosity-trochlea groove distance is significantly related to the trochlear dysplasia. This result supports the hypothesis that the stimulation of the patellofemoral compression can affect the development of trochlea, and provides a theoretical basis for the clinical treatment of children with patellofemoral instability.

**Key words:** patellofemoral instability; tibial tuberosity-trochlea groove distance; trochlea dysplasia; CT; Dejour classification; sulcus angle; correlation analysis

**How to cite this article:** ZHOU YB, HUANG WL, WANG JD. Imaging analysis of the correlation between tibial tuberosity-trochlea groove distance and femoral trochlea morphology. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2021;25(27):4390-4394.

## 0 引言 Introduction

髌股关节不稳可定义为膝关节屈伸过程中髌骨相对于股骨滑车的异常的运动轨迹, 甚至出现髌骨脱位的临床问题。髌骨周围软组织和骨性结构的异常是导致髌股关节不稳的主要原因, 包括: 内侧髌股韧带损伤、股骨滑车发育不良、高位髌骨、膝外翻、过大的股骨和胫骨扭转畸形, 过大的胫骨结节-滑车沟距离 (TT-TG) 等<sup>[1-3]</sup>, 而且大约 60% 的髌股关节不稳患者同时存在多个危险因素<sup>[4]</sup>, 其中股骨滑车发育不良被视为髌股关节不稳的最主要危险因素<sup>[5-7]</sup>。生物力学实验表明, 伴有滑车发育不良的膝关节会出现更大的髌骨外倾与内旋, 髌股关节的接触面积也比正常组减少, 而且当对髌骨施加 100 N 的外侧拉力时, 滑车发育不良的髌骨比正常组平均多外移 3 mm<sup>[8]</sup>。另外, 有限元分析也表明滑车的外侧倾斜角减小, 其髌骨轨迹会出现更大的外移<sup>[9]</sup>。据统计, DEJOUR 等<sup>[10]</sup>报道 96% 的髌股关节不稳患者存在滑车发育不良, 而正常人的数据为 3%; LEWALLEN 等<sup>[11]</sup>也报道了年龄小于 25 岁且伴有滑车发育不良的初次髌骨脱位患者 5 年内再次脱位的发生率高达 60%–70%。因此, 获得良好的滑车发育对于解决髌股关节不稳问题至关重要。

关于股骨滑车发育的形态是基因决定的还是后天造成的目前尚没有定论, 早期有学者报道胎儿的滑车形态与成人没有统计学差异, 提示后天对滑车形态影响并不大<sup>[12-13]</sup>, 但是有一系列从基础到临床的研究表明滑车发育的形态与髌骨的应力刺激密切相关。首先, 国内外一些幼兔实验表明, 通过手术将幼兔髌骨切除或致其脱位状态, 相比对照组, 幼兔的滑车会逐渐发育不良<sup>[14-16]</sup>; 而且有学者发现胎位是膝关节持续伸直状态下的新生儿, 其滑车发育不良发生率将提高 45 倍<sup>[17]</sup>, 说明在妊娠晚期保持正常的膝关节屈伸对于刺激滑车发育很重要。类似的, 高位髌骨因无法与滑车充分接触, 其与滑车发育不良也存在相关性<sup>[18-19]</sup>。

为了进一步验证滑车的发育是否与髌骨的应力刺激有

关, 此次研究主要探索胫骨结节-滑车沟距离与滑车发育形态是否有相关性。选择胫骨结节-滑车沟距离的原因在于, 生物力学实验已表明随着胫骨结节-滑车沟距离的增大, 髌股关节外侧压力会增大, 而髌股关节内侧压力会减小<sup>[20-21]</sup>, 因此作者猜想, 胫骨结节-滑车沟距离的变化会影响股骨滑车内外侧髌骨的发育, 从而造成滑车发育不良。

## 1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 影像学回顾性分析 (Pearson 相关性分析)。

1.2 时间及地点 2020 年 3 至 4 月在漯河医学高等专科学校第二附属医院影像科完成资料收集与分析。

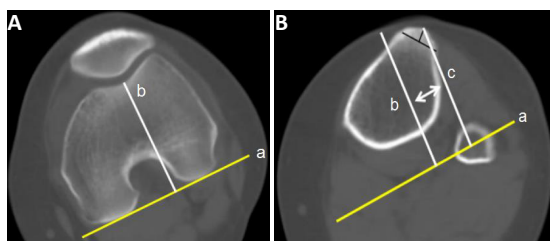
1.3 对象 回顾性分析 2019 年 6 至 8 月在漯河医学高等专科学校第二附属医院就诊患者的膝关节 CT 图像, 年龄在 18–55 岁之间, 包括股骨滑车发育不良及滑车发育正常的膝关节 CT 图像。排除标准: ①膝关节外伤骨折患者; ②严重髌股关节炎患者 (KL 分级为 II、III、IV 级); ③行膝关节手术患者 (包括韧带重建、膝关节置换、骨折内固定、胫骨结节转移术等); ④存在膝关节肿物患者; ⑤骨骺还未闭合患者。最终有 154 例患者符合纳入标准, 其中男 80 例, 女 74 例, 年龄 18–55 岁。

1.4 方法 该研究使用 GE light speed 128 排 CT 机 (漯河医专高等专科学校第二附属医院影像科), 被检查对象采取仰卧位, 足先进, 两腿伸直并拢, 螺旋扫描, 扫描范围自膝关节上方 10 cm 至膝关节下方 10 cm。选取每个研究对象的一侧膝关节 CT 图像, 并直接在影像分析系统上 (PACS 系统) 进行测量, 精度为 0.01 mm, 0.01°, 测量内容包括胫骨结节-滑车沟距离和股骨滑车的形态学参数 (滑车沟角、滑车外侧倾斜角、内外侧滑车高度、中心滑车高度、滑车深度、滑车面不对称性、Dejour 分型)。由 1 名影像科副主任医师兼副教授和 1 名骨科专业研究生测量, 首先共同测量 30 例患者 CT 图像, 所有指标的组间相关系数 (ICC) 均大于 0.9, 其余的 CT 图像由 2 名人员分别测量。

1.4.1 胫骨结节-滑车沟距离的测量 在CT横断面图像上,选取股骨髁间窝形态圆滑像“罗马门”的横断面作为滑车层面,选取胫骨结节最突出所在的横断面作为胫骨结节层面。

在滑车层面上,将股骨内外侧髁最后缘的连线定义为后髁线 a,从滑车沟最深点向后髁线做垂线为股骨端垂线 b(对于滑车发育不良 D 型患者,以滑车关节面的中点向后髁线做垂线为股骨端垂线)。见图 1A。

将上述 a, b 两线转移至所有平面,在胫骨结节层面上,对于胫骨结节突出的弧面,弧线连线的中垂线与胫骨结节前缘的交点作为胫骨结节中心点,然后从胫骨结节中心点向后髁线 a 做垂线为胫骨端垂线 c,股骨端垂线 b 与胫骨端垂线 c 的距离就是胫骨结节-滑车沟距离。见图 1B。



图注:图 A 为在滑车层面上,股骨内外侧髁最后缘的连线定义为后髁线 a,从滑车沟最深点向后髁线 a 做垂线为股骨端垂线 b; B 为将 a、b 两线转移至胫骨结节层面,在胫骨结节突出的弧面,弧线连线的中垂线与胫骨结节前缘的交点作为胫骨结节中心点,从胫骨结节中心点向后髁线 a 做垂线即胫骨端垂线 c,则 b 线与 c 线距离为胫骨结节-滑车沟距离

Figure 1 | Schematic diagram of tibial tuberosity-trochlea groove distance measurement

1.4.2 股骨滑车形态的测量 所有测量均在上述滑车层面上。首先,采用量化的方式评估滑车的发育情况,然后对滑车发育的形态分组及分型。

(1) 滑车的沟角:股骨滑车沟的最低点与内外侧股骨滑车的最高点连线的夹角为滑车的沟角,其值大于 145° 被认为滑车发育不良<sup>[10]</sup>。见图 2a。

(2) 滑车外侧倾斜角:股骨后髁线与股骨外侧关节面的夹角为滑车外侧倾斜角,其值小于 11° 可诊断为滑车发育不良(敏感性 93%,特异性 87%)<sup>[22]</sup>,而且该角度被评价为最实用且可靠<sup>[23]</sup>。见图 2b。

(3) 内侧、外侧、中心滑车高度及滑车深度:内侧滑车最高点到后髁线垂直距离 M 与股骨髁最外侧到股骨髁最内侧的距离 W 的比值为内侧滑车高度<sup>[24]</sup>。见图 2c。

外侧滑车最高点到后髁线垂直距离 L 与股骨髁最外侧到股骨髁最内侧的距离 W 的比值为外侧滑车高度<sup>[24]</sup>。见图 2c。

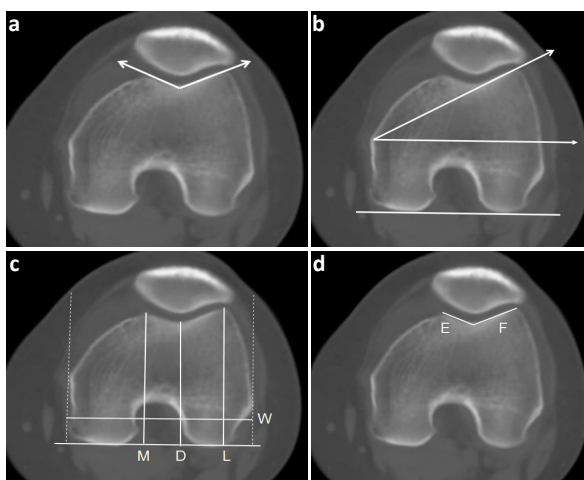
滑车沟最凹点到后髁线垂直距离 D 与股骨髁最外侧到股骨髁最内侧的距离 W 的比值为中心滑车高度<sup>[24]</sup>。见图 2c。

BIEDERT 等<sup>[24]</sup>认为这种测量方法可重复性好,并且发现髌骨脱位患者内侧及中心滑车高度显著高于对照组,提出外侧滑车高度小于 0.77 可考虑发育不良。

滑车深度为  $(M+L)/2-D$ <sup>[25]</sup>,深度小于 3 mm 可诊断为滑车发育不良(敏感性 100%,特异性 96%)。见图 2c。

(4) 滑车面不对称性:内侧滑车面长度 E 与外侧滑车面长度 F 的比值为滑车面不对称性,其值小于 2 : 5 可诊断为滑车发育不良(敏感性 100%,特异性 96%)<sup>[25]</sup>。见图 2d。

(5) 分组及滑车发育不良的 Dejour 分型:如果滑车的沟角  $\leq 145^\circ$  且内外侧滑车形态发育正常,则视为正常组,如果滑车沟角  $> 145^\circ$ ,则视为滑车发育不良组,然后在滑车发育不良组中根据经典的 Dejour 分型进一步分为 4 型:A 型是滑车沟角  $> 145^\circ$ ,内外侧滑车形态基本正常;B 型是内外侧滑车面平坦;C 型是外侧滑车形态呈凸轮状,内侧滑车形态发育不全;D 型是外侧滑车形态呈凸轮状,内侧滑车形态发育不全,内外侧滑车之间呈现“悬崖征”。



图注:图中 a 为滑车的沟角(股骨滑车沟的最低点与内外侧股骨滑车的最高点连线的夹角); b 为滑车外侧倾斜角(股骨后髁线与股骨外侧关节面的夹角); c 为内侧滑车高度(内侧滑车最高点到后髁线垂直距离 M 与股骨髁最外侧到股骨髁最内侧的距离 W 的比值); 外侧滑车高度(外侧滑车最高点到后髁线垂直距离 L 与股骨髁最外侧到股骨髁最内侧的距离 W 的比值); 中心滑车高度(滑车沟最凹点到后髁线垂直距离 D 与股骨髁最外侧到股骨髁最内侧的距离 W 的比值); 滑车深度  $[(M+L)/2-D]$ ; d 为滑车面不对称性(内侧滑车面长度 E 与外侧滑车面长度 F 的比值)

Figure 2 | Schematic diagram of morphological index measurement of femoral trochlea

1.5 主要观察指标 胫骨结节-滑车沟距离和股骨滑车形态学指标。

1.6 统计学分析 所有数据采用 SPSS 24.0 进行统计学分析。由于正常组的胫骨结节-滑车沟距离不符合正态分布,采用曼-惠特尼 U 检验来分析滑车发育不良组与正常组之间的胫骨结节-滑车沟距离差异有无显著性意义。采用 Pearson 双侧检验来分析胫骨结节-滑车沟距离与滑车发育形态的相关性。 $P < 0.05$  为差异有显著性意义。

## 2 结果 Results

有 154 例 CT 图像符合入选标准,男 80 例,女 74 例,平均年龄 39.36 岁,其中股骨滑车发育不良组有 82 例,包括 A 型 51 例, B 型 16 例, C 型 11 例, D 型 4 例;正常组有 72 例。滑车发育不良组与正常组的胫骨结节-滑车沟距离和滑车形态参数见表 1。

表 1 | 滑车发育不良组和正常组的胫骨结节 - 滑车沟距离和滑车形态参数

Table 1 | Tibial tuberosity-trochlea groove distance and trochlear morphological parameters in trochlear dysplasia group and normal group

指标	滑车发育不良组 (n=82)	正常组 (n=72)	P 值
年龄 (岁)	37.68±11.99	41.28±9.99	0.044
胫骨结节 - 滑车沟距离 (mm)	19.78±6.17	14.12±6.89	< 0.001
滑车沟角 (°)	154.00±6.88	137.53±6.16	< 0.001
外侧倾斜角 (°)	16.49±5.31	22.02±5.38	< 0.001
内侧滑车高度	0.72±0.04	0.73±0.03	0.44
外侧滑车高度	0.78±0.04	0.78±0.03	0.592
中心滑车高度	0.70±0.04	0.68±0.03	0.011
滑车深度	3.90±1.49	5.75±1.72	< 0.001
滑车有不对称性	0.56±0.16	0.65±0.17	0.001

滑车不良组的胫骨结节 - 滑车沟距离平均为 19.18 mm, 正常组的胫骨结节 - 滑车沟距离平均为 14.12 mm。滑车不良组比正常组有更大的胫骨结节 - 滑车沟距离 ( $P < 0.001$ ), 见图 3。

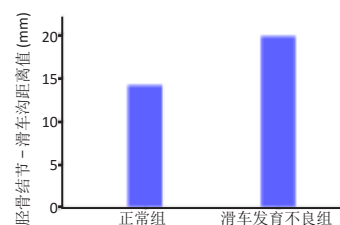


图 3 | 正常组与滑车不良组的胫骨结节 - 滑车沟距离  
Figure 3 | Tibial tuberosity-trochlea groove distance of normal group and trochlear dysplasia group

全部研究对象的胫骨结节 - 滑车沟距离与大部分滑车形态学指标存在相关性: 滑车沟角 ( $r=0.487$ ,  $P < 0.001$ )、外侧倾斜角 ( $r=-0.286$ ,  $P < 0.001$ )、内侧滑车高度 ( $r=-0.174$ ,  $P=0.031$ )、滑车深度 ( $r=-0.299$ ,  $P < 0.001$ )、滑车面不对称性 ( $r=-0.301$ ,  $P < 0.001$ )、Dejour 分型 ( $r=0.496$ ,  $P < 0.001$ ), 而与外侧滑车高度 ( $r=0.001$ ,  $P=0.993$ )、中心滑车高度 ( $r=0.102$ ,  $P=0.210$ ) 没有发现相关性, 见表 2。

表 2 | 胫骨结节 - 滑车沟距离与滑车形态学指标 Pearson 相关分析  
Table 2 | Pearson correlation analysis between tibial tuberosity-trochlea groove distance and parameters of trochlea morphology

指标	r 值	P 值
滑车沟角	0.487	< 0.001
外侧倾斜角	-0.286	< 0.001
内侧滑车高度	-0.174	0.031
外侧滑车高度	0.001	0.993
中心滑车高度	0.102	0.210
滑车深度	-0.299	< 0.001
滑车有不对称性	-0.301	< 0.001
Dejour 分型	0.496	< 0.001

### 3 讨论 Discussion

此次研究结果表明, 胫骨结节 - 滑车沟距离与股骨滑车发育形态存在相关性, 进一步支持了股骨滑车的形态发育与受到的髌骨应力刺激有关的假设。IMHOFF 等<sup>[26]</sup> 在 151 例有髌股关节紊乱患者的研究中发现, 重度股骨滑车发育不良组 (DejourB、C、D 型) 比轻度股骨滑车发育不良组 (DejourA 型) 有更大的胫骨结节 - 滑车沟距离 ( $P < 0.002$ ), 与此研究发现类似, 即滑车不良组 (DejourA、B、C、D 型) 比正常组有更大的胫骨结节 - 滑车沟距离。然而, 胫骨结节 - 滑车沟距离与量化的滑车形态的相关性还没有报道过, 该研究表明胫骨

结节 - 滑车沟距离与大部分滑车形态学指标存在相关性, 其中胫骨结节 - 滑车沟距离与滑车沟角 ( $r=0.487$ )、Dejour 分型 ( $r=0.496$ ) 呈正相关, 与外侧倾斜角、内侧滑车高度、滑车深度、滑车面不对称性呈负相关 ( $-0.301 < r < -0.174$ ), 但与中心滑车高度、外侧滑车高度没有相关性。

正常的股骨滑车面近似“U”形, 从近端到远端“U”形逐渐变陡变深, 而股骨滑车发育不良则是以滑车结构扁平及深度变浅为特征, 由瑞典 BRATTSTROM 教授<sup>[27]</sup> 提出。目前有关股骨滑车的发育理论, 主要包括基因遗传因素和髌骨生物力学刺激两方面。①在基因遗传因素的研究方面, GARRON 等<sup>[12]</sup> 和 GLARD 等<sup>[13]</sup> 通过测量胎儿尸体的股骨滑车形态, 发现其与成人的滑车形态没有差异。ØYE 等<sup>[28]</sup> 对新生儿追踪了 6 年的时间, 发现其滑车的沟角只有微小的变化 (滑车发育不良组的平均沟角由 160° 变为 158°, 正常组由 149° 变为 151°), 而且这种变化只发生在前 18 个月, 以上研究都表明股骨滑车发育形态与先天基因有关。②在髌骨对滑车的生物力学刺激方面, 许多动物实验表明, 通过手术切除幼兔髌骨或致其脱位会影响股骨滑车的正常发育<sup>[14-15, 29]</sup>。在人体方面, ØYE 等<sup>[17]</sup> 发现胎位是臀先露的新生儿出现滑车发育不良的概率是头先露的 15 倍, 因臀先露的膝关节往往处于伸直状态, 进一步统计发现, 胎位是膝关节持续伸直状态的新生儿滑车发育不良的概率是膝关节可以自由屈伸的 45 倍, 说明在妊娠晚期保持正常的髌骨轨迹可刺激滑车的正常发育, 而且高位髌骨因无法与滑车充分接触也可导致滑车发育不良, 徐鑫<sup>[19]</sup> 采用 MRI 测量了髌骨的高度 (ISI 指数) 和股骨滑车发育形态的指标, 发现髌骨高度与滑车发育形态有相关性, 比如滑车沟角 ( $r=0.224$ ,  $P=0.02$ )、滑车深度 ( $r=-0.258$ ,  $P=0.005$ )、滑车面的不对称性 ( $r=-0.381$ ,  $P < 0.001$ )、外侧倾斜角 ( $r=-0.267$ ,  $P=0.005$ )、滑车中心高度 ( $r=0.319$ ,  $P=0.001$ )、内侧滑车高度 ( $r=0.217$ ,  $P=0.024$ ) 等。

LIEBENSTEINER 等<sup>[30]</sup> 通过 CT 测量发现股骨前倾角过大与滑车发育不良也存在相关性, 作者推测前倾角过大会增大 Q 角而改变滑车关节面的内外侧压力, 进而影响股骨滑车的形态发育。类似的, 胫骨结节 - 滑车沟距离也会影响滑车关节面受到的压力, STEPHEN 等<sup>[20]</sup> 和纪刚<sup>[21]</sup> 通过手术改变 8 具成人尸体胫骨结节的位置, 发现随着胫骨结节 - 滑车沟距离的增大, 髌股关节外侧压力会增大, 而髌股关节内侧压力会减小。结合该研究结果, 可以推测胫骨结节 - 滑车沟距离过大会影响股骨滑车内外侧关节面受到的机械应力, 进而导致滑车内外侧关节面不对称。

与上述高位髌骨研究结果不同的是, 此次研究并没有发现胫骨结节 - 滑车沟距离与滑车中心高度、外侧滑车高度有相关性, 原因可能有两点: ①高位髌骨会对整个滑车面应力刺激不足, 而胫骨结节 - 滑车沟距离过大造成内外侧滑车面压力不均衡, 只会导致内侧滑车应力刺激不足而发育不良 ( $r=-0.174$ ), 中心与外侧滑车面依然有足够的应力刺激, 所以二者发育正常; ② BIEDERT 等<sup>[24]</sup> 发现髌骨不稳组与正常组在外侧滑车高度上并没有差异, 所以外侧滑车高度并不是特

别好的评估滑车发育不良的指标，所以胫骨结节-滑车沟距离与它没有相关性。

该研究结果的意义在于验证了髌股关节之间的压力会影响滑车的发育，进一步为临床治疗滑车发育不良提供了理论依据。基础研究表明，对于髌骨脱位的幼兔，如果能及时对其髌骨复位的话，可阻止滑车发育不良的产生<sup>[29]</sup>。付琨朋<sup>[31]</sup>对 23 例患有双侧复发性髌骨脱位伴滑车发育不良儿童(5-11 岁，平均年龄 7.6 岁)的一侧膝关节行内侧髌骨支持带成形术，而对侧膝关节保守治疗，术前 CT 测量两侧的滑车形态学指标没有差异，而术后随访 48 个月后发现，手术侧的滑车形态较保守治疗侧明显改善，所以行内侧髌骨支持带重建术的意义不仅仅是在治疗复发性髌骨脱位上取得满意的临床效果<sup>[32-33]</sup>，也可以恢复髌骨的正常轨迹进而刺激滑车的发育。然而，RAJDEV 等<sup>[34]</sup>对年龄大于 10 岁的儿童行髌骨稳定手术，发现术后滑车的形态并没有改善，建议 10 岁以前行髌骨稳定手术才会改善滑车的形态。

**结论：**研究表明，胫骨结节-滑车沟距离增大与股骨滑车发育不良存在相关性，支持了髌股关节的应力刺激会影响股骨滑车发育的假说，为临床治疗儿童髌股关节不稳提供了理论依据。

**致谢：**感谢山西医科大学第二附属医院王晋东导师，对该研究设计以及论文的修改提出宝贵意见；感谢漯河医学高等专科学校第二附属医院影像科为该研究提供测量条件。

**作者贡献：**实验设计、评估由第一作者和通讯作者完成，实验实施由所有作者共同参与完成，资料收集由第一作者和第二作者完成。

**经费支持：**该文章没有接受任何经费支持。

**利益冲突：**文章的全部作者声明，在课题研究和文章撰写过程中不存在利益冲突。

**机构伦理问题：**回顾性分析研究对象的膝关节 CT 图像，对研究对象不存在任何风险，且研究对象隐私也将得到保障，因此不涉及伦理问题，符合《赫尔辛基宣言》和山西医科大学第二医院的相关伦理要求。

**知情同意问题：**回顾性分析研究对象的膝关节 CT 图像，对研究对象不存在任何风险，且研究对象隐私也将得到保障，因此可免除知情同意。

**写作指南：**该研究遵守《观察性临床研究报告指南》(STROBE 指南)。

**文章查重：**文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行 3 次查重。

**文章外审：**文章经小同行外审专家双盲外审，同行评议认为文章符合期刊发稿宗旨。

**生物统计学声明：**文章的统计学方法已经通过山西医科大学统计学专家的审核。

**文章版权：**文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

**开放获取声明：**这是一篇开放获取文章，根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享 4.0”条款，在合理引用的情况下，允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展，同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献，并为之建立索引，用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

## 4 参考文献 References

- IRGER M, ACHTNICH A, IMHOFF AB, et al. Diagnosis and therapy of chronic patellofemoral instability. *Orthopade*. 2020;49(1):73-84.
- FROSCH S, BALSAREK P, WALDE TA, et al. The treatment of patellar dislocation: a systematic review. *Z Orthop Unfall*. 2011;149(6):630-645.
- WEBER AE, NATHANI A, DINES JS, et al. An Algorithmic Approach to the Management of Recurrent Lateral Patellar Dislocation. *J Bone Joint Surg Am*. 2016;98(5):417-427.
- 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. *Am J Sports Med*. 2015;43(4):921-927.
- SUNDARARAJAN SR, RAJ M, RAMAKANTH R, et al. Prediction of recurrence based on the patellofemoral morphological profile and demographic factors in first-time and recurrent dislocators. *Int Orthop*. 2020;44(11):2305-2314.

- HUNTINGTON LS, WEBSTER KE, DEVITT BM, et al. Factors Associated With an Increased Risk of Recurrence After a First-Time Patellar Dislocation: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med*. 2020;48(10):2552-2562.
- SANDERS TL, PAREEK A, HEWETT TE, et al. High rate of recurrent patellar dislocation in skeletally immature patients: a long-term population-based study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2018;26(4):1037-1043.
- VAN HAVER A, DE ROO K, DE BEULE M, et al. The effect of trochlear dysplasia on patellofemoral biomechanics: a cadaveric study with simulated trochlear deformities. *Am J Sports Med*. 2015;43(6):1354-1361.
- REZVANIFAR SC, FLESHER BL, JONES KC, et al. Lateral patellar maltracking due to trochlear dysplasia: A computational study. *Knee*. 2019;26(6):1234-1242.
- DEJOUR H, WALCH G, NOVE-JOSSERAND L, et al. Factors of patellar instability: an anatomic radiographic study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 1994;2(1):19-26.
- LEWALLEN L, MCINTOSH A, DAHM D. First-Time Patellofemoral Dislocation: Risk Factors for Recurrent Instability. *J Knee Surg*. 2015;28(4):303-309.
- GARRON E, JOUVE JL, TARDIEU C, et al. Anatomic study of the anterior patellar groove in the fetal period. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 2003;89(5):407-412.
- GLARD Y, JOUVE JL, GARRON E, et al. Anatomic study of femoral patellar groove in fetus. *J Pediatr Orthop*. 2005;25(3):305-308.
- LU J, WANG C, LI F, et al. Changes in Cartilage and Subchondral Bone of Femoral Trochlear Groove After Patellectomy in Growing Rabbits. *Orthop Surg*. 2020;12(2):653-660.
- HURI G, ATAY OA, ERGEN B, et al. Development of femoral trochlear groove in growing rabbit after patellar instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2012;20(2):232-238.
- KAYMAZ B, ATAY OA, ERGEN FB, et al. Development of the femoral trochlear groove in rabbits with patellar malposition. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2013;21(8):1841-1848.
- ØYE CR, FOSS OA, HOLEN KJ. Breech presentation is a risk factor for dysplasia of the femoral trochlea. *Acta Orthop*. 2016;87(1):17-21.
- FERLIC PW, RUNER A, DAMMERER D, et al. Patella Height Correlates With Trochlear Dysplasia: A Computed Tomography Image Analysis. *Arthroscopy*. 2018;34(6):1921-1928.
- 徐鑫. 高位髌骨与股骨滑车发育不良的相关性分析 [D]. 济南: 山东大学, 2019.
- STEPHEN JM, LUMPAOPONG P, DODDS AL, et al. The effect of tibial tuberosity medialization and lateralization on patellofemoral joint kinematics, contact mechanics, and stability. *Am J Sports Med*. 2015;43(1):186-194.
- 纪刚. 胫骨结节转移术对髌骨关节接触压力影响的生物力学研究 [D]. 石家庄: 河北医科大学, 2013.
- CARRILLON Y, ABIDI H, DEJOUR D, et al. Patellar instability: assessment on MR images by measuring the lateral trochlear inclination-initial experience. *Radiology*. 2000;216(2):582-585.
- PAIVA M, BLØND L, HÖLMICH P, et al. Quality assessment of radiological measurements of trochlear dysplasia; a literature review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2018;26(3):746-755.
- BIEDERT RM, BACHMANN M. Anterior-posterior trochlear measurements of normal and dysplastic trochlea by axial magnetic resonance imaging. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2009;17(10):1225-1230.
- PFIRRMANN CW, ZANETTI M, ROMERO J, et al. Femoral trochlear dysplasia: MR findings. *Radiology*. 2000;216(3):858-864.
- IMHOFF FB, FUNKE V, MUENCH LN, et al. The complexity of bony malalignment in patellofemoral disorders: femoral and tibial torsion, trochlear dysplasia, TT-TG distance, and frontal mechanical axis correlate with each other. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2020;28(3):897-904.
- BRATTSTROEM H. Shape of the intercondylar groove normally and in recurrent dislocation of patella. A clinical and x-ray-anatomical investigation. *Acta Orthop Scand Suppl*. 1964;68:SUPPL 68:1-148.
- ØYE CR, FOSS OA, HOLEN KJ. Minor change in the sulcus angle during the first six years of life: a prospective study of the femoral trochlea development in dysplastic and normal knees. *J Child Orthop*. 2018;12(3):245-250.
- WANG S, JI G, YANG X, et al. Femoral trochlear groove development after patellar subluxation and early reduction in growing rabbits. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2016;24(1):247-253.
- LIEBENSTEINER MC, RESSLER J, SEITLINGER G, et al. High Femoral Anteversion Is Related to Femoral Trochlea Dysplasia. *Arthroscopy*. 2016;32(11):2295-2299.
- 付琨朋. 复发性髌骨脱位伴股骨滑车发育不良的儿童患者在手术纠正髌骨位置后滑车形态的变化 [D]. 石家庄: 河北医科大学, 2018.
- 陈辉, 王群, 燕双喜, 等. 外侧支持带松解联合髌骨韧带重建修复复发性髌骨脱位 [J]. *中国组织工程研究*, 2015,19(29):4747-4751.
- 任逸众, 韩长旭, 贾岩波, 等. 自体腓肠肌腱重建内侧髌股韧带治疗复发性髌骨脱位: 中期随访评价 [J]. *中国组织工程研究*, 2014,18(42):6822-6826.
- RAJDEV NR, PARIKH SN. Femoral trochlea does not remodel after patellar stabilization in children older than 10 years of age. *J Pediatr Orthop B*. 2019;28(2):139-143.

(责任编辑: MZH, ZN, ZH)