

# 应力分散角和Schatzker II、III型胫骨平台骨折的相关性研究

刘家伦 连晓东 王博 周汇霖 潘晓光 李涛 赵亮 常恒瑞 陈伟 郑占乐

**【摘要】** 背景 单纯通过X线诊断Schatzker III型胫骨平台骨折易发生漏诊,我们定义了一个新的角度(应力分散角)并探索了这个角度和Schatzker II、III型骨折的相关性以帮助减少Schatzker III型胫骨平台骨折的漏诊。**方法** 回顾性分析河北医科大学第三医院2015年12月至2022年10月收治的符合纳入标准的胫骨平台骨折患者145例(Schatzker II型105例,Schatzker III型40例),Schatzker II型组男51例,女54例,平均年龄(46.08±1.53)岁;Schatzker III型组男21例,女19例,平均年龄(50.10±2.09)岁。定义胫骨中线和胫骨平台外侧缘切线之间的角度为应力分散角,通过X线测量应力分散角。统计比较Schatzker II型组和Schatzker III型组的性别、年龄、BMI、术前合并症、致伤原因、应力分散角的差异。应用Logistic回归分析对结果进行检验。**结果** Schatzker III型组的应力分散角(47.85±0.62)°大于Schatzker II型组(37.38±0.38)°,差异有统计学意义( $P<0.05$ )。与Schatzker II型组相比,Schatzker III型组的致伤原因差异有统计学意义( $P<0.05$ ),Schatzker III型胫骨平台骨折受低能量损伤影响较大。2组在性别、年龄、BMI和术前并发症方面均无统计学意义( $P>0.05$ )。将单因素分析中 $P<0.2$ 的3个变量(年龄、致伤原因、应力分散角)与Schatzker II、III型胫骨平台骨折进行Logistic回归分析。Logistic回归分析证明只有应力分散角是Schatzker II、III型胫骨平台骨折的独立影响因素。**结论** 应力分散角是Schatzker III型胫骨平台骨折的影响因素,诊治应力分散角较大的膝关节外伤患者时,建议行膝关节CT检查,避免漏诊的发生。

**【关键词】** 应力分散角; Schatzker分型; 胫骨平台骨折; 膝关节损伤

## Relationship between stress dispersion angle and Schatzker type II and III tibial plateau fractures

Liu Jialun, Lian Xiaodong, Wang Bozhou, Huilin, Pan Xiaoguang, Li Tao, Zhao Liang, Chang Hengrui, Chen Wei, Zheng Zhanle. Department of Orthopedic Surgery, The third Hospital of hebei medical University, Shijiazhuang 050051, China

Corresponding author: Zheng Zhanle, Email: lancelotzzl@163.com

**【Abstract】** **Background** Diagnosis of Schatzker type III tibial plateau fractures by X-ray alone is prone to underdiagnosis, we defined a new angle (stress dispersion angle) and explored the correlation between this angle and Schatzker type II and III fractures to help reduce underdiagnosis of Schatzker type III tibial plateau fractures. **Methods** Retrospective analysis of 145 patients with tibial plateau fractures (105 cases of Schatzker type II and 40 cases of Schatzker type III) admitted to the Third Hospital of Hebei Medical University from December 2015 to October 2022 who met the inclusion criteria, 51 men and 54 women in the Schatzker type II group, with a mean age of 46.08 years; In the Schatzker type III group, there were 21 males and 19 females, with an average age of 50.10 years. The angle between the midline of the tibia and the tangent line of the lateral margin of the tibial plateau was defined as the stress dispersion angle, and the stress dispersion angle was measured by X-ray. The differences in gender, age, BMI, preoperative comorbidities, cause of injury, and stress dispersion angle were statistically compared between the Schatzker type II group and the Schatzker type III group. Logistic regression analysis was applied to test the results. **Results** The stress dispersion angle in the Schatzker type III group (47.85±0.62)° was greater than that in the Schatzker type II group (37.38±0.38)°, and the difference was statistically significant ( $P<0.05$ ). The difference in

the cause of injury was statistically significant ( $P<0.05$ ) in the Schatzker type III group compared with the Schatzker type II group, and Schatzker type III tibial plateau fractures were more affected by low-energy injuries. There was no statistically significant difference between the 2 groups in terms of gender, age, BMI, and preoperative complications ( $P>0.05$ ). Logistic regression analysis was performed to correlate the 3 variables (age, cause of injury, and stress dispersion angle) with Schatzker type II and III tibial plateau fractures with  $P<0.2$  in the univariate analysis. Logistic regression analysis demonstrated that only the stress dispersion angle was an independent influence on Schatzker type II and III tibial plateau fractures. **Conclusion** Stress dispersion angle is an influential factor in Schatzker's type III tibial plateau fracture, and when treating patients with knee trauma with a large stress dispersion angle, CT of the knee is recommended to avoid the occurrence of a missed diagnosis.

**【Key words】** Stress dispersion angle; Schatzker classification; Tibial plateau fracture; Knee injuries

胫骨平台骨折是膝关节骨折中的常见骨折,约占全身骨折的1.66%<sup>[1-4]</sup>。胫骨平台骨折是由高能量或低能量创伤引起的复合性损伤,主要影响人群为年轻人群和退休人群。在胫骨平台骨折的研究中,Schatzker<sup>[5]</sup>总结了一个简单经典的分型(Schatzker分型),这个分型共分为六种(I型:外侧平台单纯劈裂型骨折;II型:外侧平台劈裂塌陷型骨折;III型:外侧平台单纯塌陷型骨折;IV型:内侧平台骨折;V型:双髁骨折;VI型:损伤合并干骺端的胫骨平台骨折)。目前,Schatzker分型是胫骨平台诊疗中应用最广泛的分型<sup>[6-7]</sup>。由于X线的摄片角度和胫骨平台的结构特点,较轻微的Schatzker III型胫骨平台骨折在X线上较难发现,而且CT存在辐射量大、费用高的特点,偶有自觉症状较轻的患者存在抗拒心理并依从性较差。因此Schatzker III型胫骨平台骨折在临床上偶有漏诊的发生。目前尚缺乏通过X线参数减少Schatzker III型胫骨平台骨折漏诊的研究。我们通过膝关节X线的阅片,发现了一个新的角度并定义为应力分散角(胫骨中线和胫骨平台外侧缘切线之间的夹角)(图1),该角度可能是发生单纯塌陷型胫骨平台骨折的影响因素。本研究回顾性收集了2015年12月至2022年10月河北医科大学第三医院收治的145例Schatzker II型和III型胫骨平台骨折患者,描述并分析其人口统计学、造成Schatzker III型胫骨平台骨折的相关因素特征,旨在对造成Schatzker III型胫骨平台骨折的因素进行相关分析,排除混杂因素的干扰,筛选出主要相关因素,以减少Schatzker III型胫骨平台骨折漏诊的发生。

## 资料与方法

### 一、病例纳入与排除标准

病例纳入标准:(1) Schatzker II型或III型胫骨

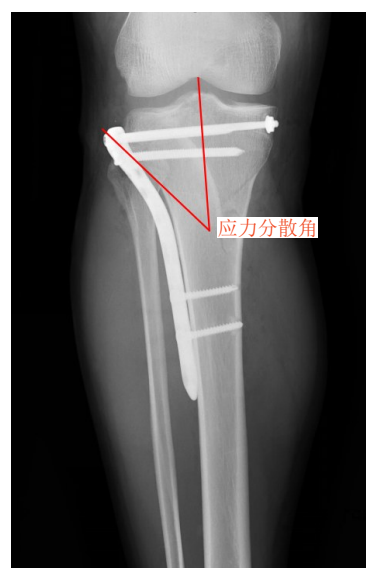


图1 应力分散角(胫骨中线和胫骨平台外侧缘切线之间的夹角)

平台骨折;(2)影像学 and 临床资料完整。病例排除标准:(1)陈旧性胫骨平台骨折;(2)病理性骨折;(3)发育畸形;(4)放射学参数无法测量。

### 二、一般资料

本研究符合纳入标准病例共145例,6例因陈旧性胫骨平台骨折被排除,3例因病理性骨折被排除,8例因发育畸形被排除。符合纳入标准的145例病例中,Schatzker II型患者105例,Schatzker III型患者40例,男71例,女74例;年龄为20~81岁,平均 $(47.19\pm 15.11)$ 岁。本研究经河北医科大学第三医院伦理委员会批准(W2022-055-1),所有方法均按照生物医学研究指南(赫尔辛基宣言)执行,本研究的所有材料、数据和相关方案可供读者和出版团队查阅。

### 三、影像学测量

通过膝关节CT确定胫骨平台骨折的类型,通过Image J测量膝关节X线的应力分散角。由于

Schatzker II型胫骨平台骨折患者的应力分散角会因骨折而改变,我们使用术后X线来测量应力分散角。

#### 四、观察指标及随访

制定统一的随访表格,包括:①患者因素:性别、年龄、体重指数、术前合并症(高血压、糖尿病和同时患这2种疾病);②致伤原因(高能量损伤:交通事故伤、高空坠落伤和重物砸伤;低能量损伤:平地摔伤);③影像学测量参数:应力分散角。将患者年龄进行分段:20~64岁为中青年,≥65岁为老年。

#### 五、统计学处理

应用SPSS 26.0(IBM,美国)统计学软件,对不同测量者及不同测量时间测量的应力分散角进行一致性检验,Schatzker II型、III型胫骨平台骨折间性别、致伤原因和术前合并症进行 $\chi^2$ 检验。两组间年龄、BMI、应力分散角差异采用独立样本 $t$ 检验。影响Schatzker II、III型胫骨平台骨折的因素,使用Logistic回归分析进行检验。 $P<0.05$ 认为差异有统计学意义。

### 结 果

#### 一、一般情况

40例Schatzker III型胫骨平台骨折的好发年龄为40~60岁,占有所有患者的27.59%(40/145),其中40~50岁年龄段患者构成比最高,占11.72%(17/145)。

#### 二、一致性检验和单因素分析结果

表1、表2为不同测量者及不同测量时间的一致性检验结果。本研究共纳入145例病例,其中Schatzker II型组105例,Schatzker III型组40例。两组的性别、年龄、BMI和术前合并症差异无统计学意义( $P>0.05$ )。Schatzker III型组的应力分散角为 $(47.85\pm 0.62)^\circ$ ,Schatzker II型组的应力分散角为 $(37.38\pm 0.38)^\circ$ ,Schatzker III型组的应力分散角明显大于Schatzker II型组(表3)(图2),差异有统计学意义( $P<0.05$ )。不同致伤原因患者的Schatzker II、III型骨折分型差异有统计学意义( $P<0.05$ )。

#### 三、Logistic回归分析结果

两组间在性别、年龄、BMI和术前合并症方面的差异均无统计学意义( $P>0.05$ ,表3)。Schatzker II型组有10例患者有术前合并症,其中3例为高血压,4例为糖尿病,3例同时患有这2种疾病;Schatzker II型组有6例患者有术前合并症,其中2例为高血压,3例为糖尿病,1例同时患有这2种疾病。Schatzker II型组有91例患者为高能量损伤,其中58例为交通事故伤,7例为高空坠落伤,23例为重物砸伤,3例为其他高能量损伤,有14例患者为低能量损伤,均为平地摔伤;Schatzker III型组有28例患者为高能量损伤,其中20例为交通事故伤,6例为高空坠落伤,2例为重物砸伤,3例为其他高能量损伤,有12例患者为低能量损伤,均为平地摔伤。Logistic回归分析证实应力分散角与

表1 Schatzker II型组不同时间不同测量者的一致性检验

测量者	2023/6/1	2023/6/15	2023/6/30	ICC值	P值
	Schatzker II型组	Schatzker II型组	Schatzker II型组		
测量者A	37.5±4.2	37.4±4.2	37.6±4.1	0.983	<0.001
测量者B	37.1±4.0	37.4±4.1	37.4±4.0	0.986	<0.001
测量者C	37.3±4.1	37.4±4.0	37.6±3.9	0.981	<0.001
ICC值	0.948	0.932	0.928		
P值	<0.001	<0.001	<0.001		

表2 Schatzker III型组不同时间不同测量者的一致性检验

测量者	2023/6/1	2023/6/15	2023/6/30	ICC值	P值
	Schatzker III型组	Schatzker III型组	Schatzker III型组		
测量者A	47.7±4.1	47.8±4.1	47.9±4.1	0.988	<0.001
测量者B	47.6±4.0	47.8±4.0	47.8±4.1	0.989	<0.001
测量者C	48.0±3.7	47.9±3.9	48.1±3.8	0.993	<0.001
ICC值	0.948	0.951	0.947		
P值	<0.001	<0.001	<0.001		

表3 Schatzker II型组和Schatzker III型组的相关影响因素比较

组别	例数	性别 (例,男/女)	年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$ )	BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ , $\bar{x}\pm s$ )	致伤原因 (例,高能量损伤/ 低能量损伤)	术前合并症 (例,有/无)	应力分散角 ( $^\circ$ , $\bar{x}\pm s$ )
Schatzker II型组	105	51/54	46.08 $\pm$ 1.53	27.98 $\pm$ 0.33	91/14	10/95	37.38 $\pm$ 0.38
Schatzker III型组	40	21/19	50.10 $\pm$ 2.09	27.22 $\pm$ 0.51	28/12	6/34	47.85 $\pm$ 0.62
统计值		0.179	1.592	0.175	5.468	0.885	0.012
P值		0.672	0.153	0.215	0.019	0.347	<0.001

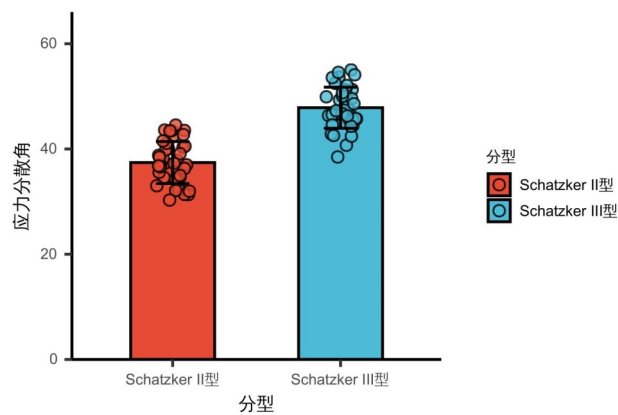


图2 两种胫骨平台骨折患者的应力分散角比较

Schatzker II、III型骨折分型存在相关性( $P<0.05$ ,表4)。Logistic 回归分析的结果证实应力分散角是对 Schatzker II、III型骨折产生影响的因素。而致伤原因并非 Schatzker II、III型骨折的独立影响因素( $P>0.05$ )。

讨 论

一、较轻微的单纯塌陷型胫骨平台骨折易漏诊的原因

胫骨平台骨折是一种常见的关节内骨折,该病通常伴有关节面的劈裂或塌陷<sup>[8-9]</sup>。临床上,胫骨平台骨折的第一诊断主要由膝关节X线阅片完成<sup>[10-12]</sup>。然而,由于摄片角度和正常骨的重叠,较轻微的单纯塌陷型骨折易被漏诊<sup>[13]</sup>(图3)。膝关节CT是诊断胫骨平台骨折1个很好的辅助检查,然而CT的辐射量是X线的将近300倍,价格是X线的4到5倍。CT

的辐射量和价格增加了单纯轻微塌陷的胫骨平台骨折的漏诊率,患者在骨折初期得不到合理的治疗,往往会影响最终的膝关节功能<sup>[14-15]</sup>。

二、应力分散角的概念及原理

我们发现了1个新的角度并命名为应力分散角,这个角度是胫骨中线和胫骨平台外侧缘切线之间的夹角,为我们在膝关节X线阅片时提供一个新的信息。在我们的研究中发现,膝关节正位X线参数应力分散角与Schatzker II、III型胫骨平台骨折存在相关性,应力分散角越大,越易发生Schatzker III型胫骨平台骨折( $P<0.05$ ),应力分散角可以作为我们膝关节阅片时的一个辅助信息,帮助我们更好的进行疾病的诊治。当暴力发生时,应力分散角越大,暴力产生的能量就越分散,能量是集中在“面”上,而应力分散角越小,暴力产生的能量就越集中,能量是集中在“点”或“线”上。因此,应力分散角越大,越易出现单纯塌陷型胫骨平台骨折,而应力分散角越小,越易出现劈裂塌陷型胫骨平台骨折。

在对存在膝关节创伤的患者(特别是高能量创伤)进行诊治时,如果通过X线阅片没有发现明显骨折但该患者的应力分散角较大,该患者不应直接被诊断为膝关节软组织损伤,而应该建议患者行膝关节CT进一步检查<sup>[16-17]</sup>。明确是否有骨折发生(图4~5)可以为患者提供最合理化的治疗方案<sup>[18]</sup>。这个研究是一个新的启示,为膝关节的X线阅片提供了新的信息。此外,我们还可以测量内侧的应力分散角和侧位上的相关角度,在未来探索更多的关系。

表4 各影响因素与Schatzker II、III型骨折的Logistic回归分析

入选变量	$\beta$ 值	Wald 值	P值	OR值	95% 置信区间
年龄	0.143	13.643	0.000	1.154	1.069, 1.245
致伤原因	0.591	0.354	0.552	1.806	0.258, 12.648
应力分散角	1.095	24.526	0.000	2.990	1.938, 4.613





图3 男性,42岁,诊断:左胫骨平台骨折(Schatzker III型),X线表现:外侧胫骨平台轻微塌陷  
图4~5 男性,42岁,诊断:左胫骨平台骨折(Schatzker III型),CT表现:可轻易发现后外侧胫骨平台塌陷

### 三、本研究的不足与展望

本研究存在一定的局限性,(1)该研究是一项回顾性研究,随访时间较短,患者数量较少;(2)缺乏生物力学实验和有限元分析进一步验证结论。以后可改进这些方面以进一步证实上述结果。

### 参 考 文 献

- 1 张英泽. 临床创伤骨科流行病学 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2009: 290-291.
- 2 Burdin G. Arthroscopic management of tibial plateau fractures: surgical technique [J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2013, 99(1 Suppl): S208-S218.
- 3 Thomas C, Athanasiov A, Wulschleger M, et al. Current concepts in tibial plateau fractures [J]. Acta Chir Orthop Traumatol Cech, 2009, 76(5): 363-373.
- 4 Chen W, Lv HZ, Liu S, et al. National incidence of traumatic fractures in China: a retrospective survey of 512 187 individuals [J]. LANCET GLOBAL HEALTH, 2017, 5(8): e807-e817.
- 5 Schatzker J, McBroom R, Bruce D. The tibial plateau fracture. The Toronto experience 1968--1975 [J]. Clin Orthop Relat Res, 1979 (138): 94-104.

- 6 Papagelopoulos PJ, Partsinevelos AA, Themistocleous GS, et al. Complications after tibia plateau fracture surgery [J]. Injury, 2006, 37 (6): 475-484.
- 7 Charalambous CP, Tryfonidis M, Alvi F, et al. Inter- and intra-observer variation of the Schatzker and AO/OTA classifications of tibial plateau fractures and a proposal of a new classification system [J]. Ann R Coll Surg Engl, 2007, 89(4): 400-404.
- 8 Greimel F, Weber M, Renkawitz T, et al. Minimally invasive treatment of tibial plateau depression fractures using balloon tibioplasty: Clinical outcome and absorption of bioabsorbable Calcium phosphate cement [J]. J Orthop Surg (Hong Kong), 2020, 28(1): 2309499020908721.
- 9 Fändriks A, Tranberg R, Karlsson J, et al. Gait biomechanics in patients with intra-articular tibial plateau fractures - gait analysis at three months compared with age- and gender-matched healthy subjects [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2021, 22(1): 702.
- 10 Honkonen SE. Indications for surgical treatment of tibial condyle fractures [J]. Clin Orthop Relat Res, 1994 (302): 199-205.
- 11 Duparc J, Cavagna R. [Results of the surgical treatment of fractures of the tibial plateau (apropos of 110 cases)] [J]. INT ORTHOP, 1987, 11(3): 205-213.
- 12 Weiner LS, Kelley M, Yang E, et al. The use of combination internal fixation and hybrid external fixation in severe proximal tibia fractures [J]. J Orthop Trauma, 1995, 9(3): 244-250.
- 13 Gibbons KJ, Soloniuk DS, Razack N. Neurological injury and patterns of sacral fractures [J]. J Neurosurg, 1990, 72(6): 889-893.
- 14 Wang YK, Luo CF, Zhu Y, et al. Updated Three-Column concept in surgical treatment for tibial plateau fractures - A prospective cohort study of 287 patients [J]. Injury, 2016, 47(7): 1488-1496.
- 15 Parkkinen M, Lindahl J, Mäkinen TJ, et al. Predictors of osteoarthritis following operative treatment of medial tibial plateau fractures [J]. Injury, 2018, 49(2): 370-375.
- 16 Vikgren J, Zachrisson S, Svåkvist A, et al. Comparison of chest tomosynthesis and chest radiography for detection of pulmonary nodules: human observer study of clinical cases [J]. Radiology, 2008, 249(3): 1034-1041.
- 17 Georgiev T, Ivanova M, Velikova T, et al. Serum levels of matrix metalloproteinase-3 as a prognostic marker for progression of cartilage injury in patients with knee osteoarthritis [J]. Acta Reumatol Port, 2020, 45(3): 207-213.
- 18 van Grinsven S, Nijenhuis TA, Konings PC, et al. Are radiologists superior to orthopaedic surgeons in diagnosing instability-related shoulder lesions on magnetic resonance arthrography? A multicenter reproducibility and accuracy study [J]. J Shoulder Elbow Surg, 2015, 24 (9): 1405-1412.

(收稿日期:2023-08-06)

(本文编辑:吕红芝)

刘家伦, 连晓东, 王博, 等. 应力分散角和Schatzker II、III型胫骨平台骨折的相关性研究 [J/CD]. 中华老年骨科与康复电子杂志, 2024, 10(1): 28-32.