

· 系统综述 ·

冠状面胫股关节半脱位研究现状

葛均成, 孙晓威, 张启栋, 郭万首*

(中日友好医院骨科关节外科, 北京 100029)

摘要: [目的] 评价冠状位胫股关节半脱位 (coronal tibiofemoral subluxation, CTFS) 的影像学测量方法、病理机制及临床意义。[方法] 检索 PubMed, Embase, Cochrane Library, Web of Science 等国际医学数据库中, 以 tibiofemoral, tibial and femoral, instability, subluxation, dislocation, CTFS 等作为关键词, 按纳入标准人工筛选相关文献。[结果] 最终共纳入文献 18 篇, 其中 16 篇报道了影像学测量方法, 6 篇为机制和危险因素研究, 10 篇报道了临床问题。CTFS 的 X 线测量方法目前尚无统一的标准。目前关于 CTFS 的发生机制研究并不多且仍存在争议, 较为认可的理论是由于膝关节外侧韧带结构较内侧松弛。CTFS 是一种常见的 KOA 影像学表现, 但其在 KOA 严重程度的判断上并无价值。而在临床症状方面, 目前研究仍存在争议。[结论] CTFS 主流观点认为其与 KOA 的严重程度并不相关。但在膝骨性关节炎阶梯化治疗中仍应重视此问题, 以避免由于韧带稳定性不良而产生的并发症。

关键词: 胫股关节半脱位, 影像学测量, 生物力学, 系统综述

中图分类号: R684.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2023) 03-0226-06

Current research of coronal tibiofemoral subluxation of the knee: a systematic review // GE Jun-cheng, SUN Xiao-wei, ZHANG Qi-dong, GUO Wan-shou. Department of Orthopaedics, China-Japan Friendship Hospital, Beijing 100029, China

Abstract: [Objective] To evaluate the imaging measurement, pathological mechanism and clinical significance of coronal tibiofemoral subluxation (CTFS). [Methods] As PubMed, Embase, Cochrane Library, Web of Science and other international medical databases were searched with "tibiofemoral", "tibial and femoral", "instability", "subluxation", "dislocation" and "CTFS" as the key words, the related literatures were selected manually according to the inclusion criteria. [Results] A total of 18 articles were included, of which 16 reported imaging measurement methods, 6 reported mechanism and risk factors, and 10 reported clinical issues. At present, there is no unified standard for X-ray measurement of CTFS, while there are few studies on the mechanism of CTFS still with controversies. Currently, the accepted theory is that the lateral ligament structure of the knee joint is relatively relaxed. CTFS is a common radiographic manifestation of KOA, but is not of value in determining the severity of KOA. In terms of clinical symptoms, current research is still controversial. [Conclusion] The mainstream view of CTFS is that it is not related to the severity of KOA. However, attention should be paid to this problem in the stepwise treatment of knee osteoarthritis to avoid complications due to poor ligament stability.

Key words: tibiofemoral subluxation, imaging measurement, biomechanics, systematic review

膝关节骨关节炎 (knee osteoarthritis, KOA) 是老年人最常见的运动系统退行性疾病, 随着社会人口的老齡化, KOA 发病率高, 严重影响老年人的生活质量^[1-3]。冠状位胫股关节半脱位 (coronal tibiofemoral subluxation, CTFS) 是膝关节炎常见的影像表现, 主要表现为胫骨相对于股骨在冠状面上的脱位^[4, 5], 可能与软骨的严重磨损和膝关节周围的韧带松弛有关^[6, 7], 是 KOA 治疗中常面临的问题^[8], 它能导致关节面应力集中, 从而导致关节退变加剧, 越来越多

的学者认为 CTFS 对指导 KOA 的治疗有重要意义。有研究表明, CTFS 与术前膝关节疼痛、活动障碍、关节不稳定等密切相关^[4, 6, 9]; 且与高位截骨术后的力线过度矫正^[10, 11], 单髁置换术后的不明原因膝关节痛等相关^[12]。CTFS 的测量方法多种, 目前主要是通过 X 线片来测量。而在 CTFS 的发病机制和危险因素方面, 尚无统一定论。本文总结了近 10 年来有关 CTFS 测量方法、病理机制及临床意义, 综述如下。

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2023.03.07

作者简介: 葛均成, 博士在读, 研究方向: 骨关节外科, (电话)19801230995, (电子信箱)gejuncheng@pku.edu.cn

* 通信作者: 郭万首, (电话)010-84206197, (电子信箱)wanshouguo@outlook.com

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准：(1) 报道了手术治疗膝关节炎合并 CTFS 的临床效果或影像学评价；(2) 描述了 CTFS 的测量方法；(3) CTFS 的机制研究；(4) 近 10 年内的英文文献。

排除标准：(1) 非冠状位膝关节不稳定的研究；(2) 外伤性脱位；(3) 术后假体不稳定、脱位或半脱位；(4) 非英文文献或综述类文献。

1.2 检索策略

依据 PRISMA 报道指南，2021 年 9 月 15 日前在 PubMed, Embase, Cochrane Library, Web of Science 等国际医学数据库中，以 tibiofemoral, tibial and femoral, instability, subluxation, dislocation, CTFS 等作为关键词进行文献搜索，查找相关文献纳入此研究中。

1.3 资料评估分析

文献审阅由两位作者（葛均成，孙晓威）独立完成，如遇到无法决定是否纳入的文献，请示高年资研究者（张启栋）做最终决定。纳入文献情况见图 1 及表 1。

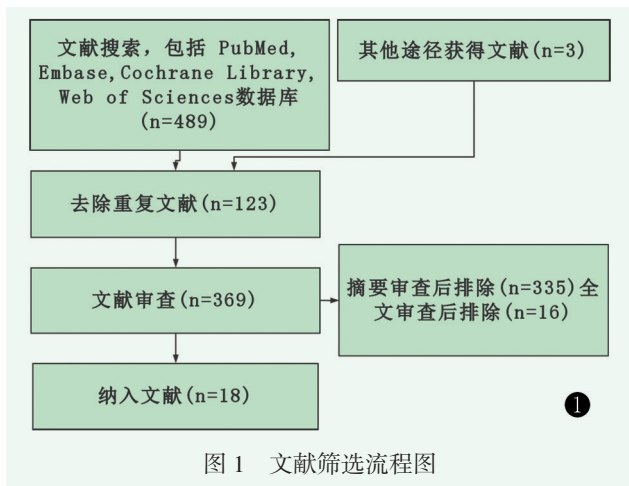


图 1 文献筛选流程图

2 结果

2.1 文献检索结果及基本特征

共搜索到学术论文 492 篇，排除重复文献后得到文献共 369 篇；经过阅读摘要，按照排除标准排除文献 348 篇；最终纳入文献 18 篇，其中 16 篇报道了影像学测量方法；6 篇为机制和危险因素研究；10 篇报道了临床效果。

2.2 CTFS 的测量

CTFS 的 X 线测量方法目前尚无统一的标准，目前研究中按照不同的解剖标志可分为 3 类：(1) 以股骨和胫骨外侧髁的切线为解剖标志；(2) 以股骨髁间窝顶点和胫骨髁间嵴为解剖标志；(3) 应用软件标记的股骨髁和胫骨平台关节面作为解剖标志。分述如下。

2.2.1 内外侧髁切线测量法

纳入文献中 8 篇应用了内外侧髁作为解剖标志^[4, 9-11, 13, 17, 20, 22]。早在 1981 年，Vainionpää 等^[25]提出了以外侧髁切线作为解剖标志的 CTFS 测量方法，一直作为经典的测量方法沿用至今。这种方法需要在负重位下肢全长 X 线片上，分别以胫骨外侧髁和股骨外侧髁做垂直于地面的切线，测量这 2 个切线之间的距离以衡量半脱位程度，见图 1a。而以内侧髁为标志的研究十分有限，仅在 Siriwanarangsun 等^[9]的报道中应用。为了避免骨赘及患者骨骼大小产生的影响，近年来研究者们对这种经典方法进行了一些改良。Kim 等^[10]和 Springer 等^[22]描记外侧髁切线时选择股骨髁和胫骨平台的关节面外侧缘作为解剖标志，以避免骨赘产生的影响。而 Ogawa 等^[11]将 CTFS 定义为： $(\text{半脱位距离}/\text{胫骨平台宽度}) \times 100\%$ ，并通过测量 30 例正常膝关节，认为 CTFS 的正常值应为 $-1.8\% \sim 5.6\%$ 。

2.2.2 解剖轴线测量法

纳入文献中 7 篇应用了解剖轴线作为 CTFS 测量的解剖标志^[12, 15, 17-19, 21, 24]。这种方法最早可追溯到 20 世纪 70 年代末，Coventry 等^[26]和 Keene 等^[27]分别于 1979 及 1983 年应用股骨髁间窝和胫骨髁间嵴顶点作为测量 CTFS 的解剖学标志。以股骨机械轴延长线与胫骨关节线交点与胫骨平台中心之间的距离判断 CTFS 的程度。Nam 等^[12]于 2013 年引入了下肢力线的概念，在下肢全长 X 线片上做胫骨中轴，并通过股骨髁间窝顶点作其平行线，这两条线间的距离认为是 CTFS 值，见图 1B。他们测量了 30 例正常成人的全长 X 线片，并认为 (2.2 ± 1.0) mm 为正常范围。之后的学者皆是沿用了 Nam 的这种测量方法^[15, 17-19, 24]。与 Ogawa 等^[11]的方法类似，Ishii 等^[19]在轴线测量半脱位程度时也引入了 CTFS% 的概念，以减少胫骨宽度对结果判断产生的误差。

2.2.3 关节面描记机器学习法

Khamaisy 等^[6, 14]于 2014 年通过尸体实验和开发计算机算法，提出了一种依据股骨髁与胫骨平台关节

面对应关系进行无监督机器学习的方法。他们通过人工描记股骨髁与胫骨平台形态，在多阵列坐标轴上将其记录为二维散点并形成数簇，并通过计算机算法进行迭代计算，得到股骨髁与平台间的平均距离，作为

CTFS 值。Khamaisy^[14]报道的这种方法的观察者间一致性为 0.93~0.99，提示可重复性极高，但由于描记关节面十分耗时耗力以及软件版权的原因，并未见到其他作者采用相同的方法测量。

表 1 纳入文献的内容和基本信息

作者	时间	文献类型	样本量	主要结论
Mullaji ^[13]	2013	临床及影像	1 500	CTFS 不是 TKA 术后假体对线不良的危险因素
Nam ^[12]	2013	临床影像学研究	235	CTFS 在 UKA 术后可以得到纠正。同时，标准化了 CTFS 中轴线测量法，通过测量正常人群提出了 CTFS 的正常值
Khamaisy ^[14]	2014	尸体实验	3	通过尸体实验，提出了一种软件机器学习寻找平均距离的 CTFS 测量方法
Khamaisy ^[15]	2015	影像学研究	120	发现膝关节骨密度高的患者更容易出现 CTFS，提出骨密度是导致 CTFS 的危险因素，并描述了其发生机制的
Khamaisy ^[6]	2016	影像学研究	113	CTFS 在 KOA 中发生率较正常膝关节高，但与 KOA 的严重程度不相关
Geiger ^[16]	2016	个案报道	1	报道了 1 例支具治疗创伤后慢性 CTFS 的病例，未进行软组织重建，而是予外固定支架式铰链支具固定，CTFS 得到纠正。随访 5 年，未出现冠状位对位不良
Akamatsu ^[17]	2017	临床研究	55	开放楔形 HTO 可改善术前 CTFS，其改善程度与 FTA 改善程度呈正相关。同时，中轴线测量法受下肢旋转影响，可能不及外侧髁测量法准确
Schadler ^[18]	2017	临床研究	215	相比 FTA，CTFS 并不增加 KOA 患者的 TKA 手术风险，同时，CTFS 与 WOMAC 及 KOOS 疼痛评分也无相关性
Ogawa ^[11]	2018	临床研究	103	HTO 可明显改善术前 CTFS 的程度，且这种改善与 MTPA 的改善有显著相关性。同时，标准化了外侧髁测量法，通过测量正常人群，提出了 CTFS 的正常值
Ishii ^[19]	2019	影像学研究	182	不同阶段的 KOA，内侧间室骨密度均大于外侧，且 M/L 比值与 FTA 呈正相关，但与 CTFS 无显著相关性
Kim ^[10]	2019	临床研究	67	5 mm 以上的 CTFS 在 HTO 术后出现过矫正的可能性更大，但临床效果无明显差别
Siriwanarangsun ^[9]	2019	影像学研究	145	CTFS 的 KOA 患者在 MR 影像中，外侧髁非负重关节面软骨磨损明显。且在内外侧关节软骨、半月板、内侧副韧带退变程度上均较同等级无 CTFS 的膝关节严重。内侧半月板挤出的发生率也较高
Boettner ^[20]	2020	影像学研究	84	CTFS 患者常出现髁间嵴与外侧髁内侧面的撞击，但 MR 提示这种撞击不会对外侧间室软骨造成损伤，因此这种情况不应作为 UKA 的禁忌证
Kamenaga ^[21]	2020	临床研究	66	术后 CTFS 的矫正与假体间接触点的位置有关，接触点位于胫骨假体内侧时 CTFS 矫正程度不良，术后疼痛增加、患者满意度降低
Buyukkusu ^[4]	2021	临床研究	224	CTFS 患者 TKA 术后在 WOMAC，KOOS 评分及翻修率上与对照组均无差异，但如果半脱位超过 10 mm，建议用后稳定型全膝假体，并适当增加垫片厚度以稳定膝关节
Springer ^[22]	2021	影像学研究	84	仍有功能的前交叉韧带退变会增加 KOA 患者的内翻畸形，同时也会显著增加 CTFS 的发生率
Wang ^[23]	2021	尸体实验	10	尸体实验中，4°的关节线倾斜会导致明显的 CTFS 发生。不同的关节线倾斜度并不会造成关节内压力的增加，而会造成压力分布的变化，因此在行 HTO 术前设计时，应充分考虑到对关节内压力分布的影响
Kamenaga ^[24]	2021	临床研究	201	UKA 术后残留 CTFS 则对侧间室骨关节炎进展可能性更大

2.3 CTFS 的发生机制与危险因素

本文纳入了 6 篇 CTFS 的发生机制与危险因素分析的文献^[6, 15, 19, 20, 22, 23]。总体而言，目前关于 CTFS 的发生机制研究并不多且仍存在争议，较为认可的理论是由于膝关节外侧韧带结构较内侧松弛^[17]，且在 KOA 发生时多伴内翻畸形，因下肢力线偏向内侧，导致股骨相对于胫骨向内侧倾斜，当胫骨平台内侧髁骨密度较高时，股骨髁难以磨损胫骨平台向远端深入，因而转变为向内侧的滑移，导致了 CTFS 的发

生^[12, 15]。同时，由于股骨相对胫骨向内侧滑移会出现 2 种继发性病理改变：(1) 内侧副韧带相对松弛，因而股骨内髁会出现骨赘，通过“帐篷效应”代偿而使膝关节保持相对稳定^[28]；(2) 胫骨髁间嵴可能与股骨外侧髁的内侧面撞击而产生软骨损伤^[12, 20]。

危险因素方面，骨密度增高和膝关节的内翻畸形目前是公认的影响 CTFS 的因素。多项研究均发现 CTFS 患者的骨密度较其他 KOA 患者更高^[6, 12, 15, 19]。Khamaisy 等^[15]评价了 120 例不同内翻和半脱位程度

的 KOA 患者的下肢全长 X 线片, 发现骨密度与半脱位程度密切相关, 内翻程度轻而半脱位程度高的患者的骨密度最高。Wang 等^[23]通过尸体标本实验发现, 当膝关节线向内侧倾斜(胫骨内翻畸形重, MP-TA 小), 股骨有相对胫骨向内侧滑动的趋势, 并使半月板的应力更集中于胫骨平台内侧。因而可以认为, 骨密度的增高加重了半脱位, 而半脱位导致应力集中, 使得骨密度继续代偿性增高, 这种恶性循环可能是导致 CTFS 的进展的原因之一。

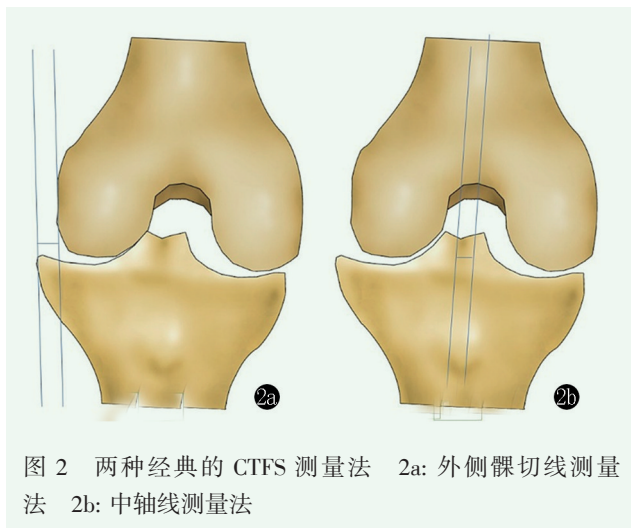


图 2 两种经典的 CTFS 测量法 2a: 外侧髁切线测量法 2b: 中轴线测量法

目前研究中, 前交叉韧带的退变是否会引起 CTFS 仍无定论。Springer 等^[22]发现仍有功能的前交叉韧带退变会增加 CTFS 的发生, 但目前研究尚不能明确这一现象的发生机制; 而 Siriwanarangsun^[9]的报告与之相反, 他研究了 145 例 KOA 的 MR 影像, 发现合并 CTFS 的膝关节的软骨及主要韧带等稳定结构的退变均较对照组重, 但前交叉韧带的退变并无差异, 因此, 前交叉韧带是否为 CTFS 的危险因素, 仍有待讨论。

值得注意的是, Ishii 等^[19]发现内外侧间室的骨密度比值(内侧间室骨密度/外侧间室骨密度)与膝关节内翻程度呈正相关, 但对 CTFS 程度并无影响, 这与其他研究者的结果不符。而笔者认为, 内外侧间室的骨密度比值虽然可以减少因患者年龄、性别等混杂因素造成的误差, 但同时也忽略了整体膝关节的骨密度, 因此其结论存在争议。

2.4 CTFS 的临床意义

2.4.1 CTFS 的保守治疗

本研究仅纳入了 1 篇个案报道, 为 1 例 55 岁女性, 外伤后继发创伤性关节炎, 同时合并慢性 CTFS, 未行软组织重建, 而是给予铰链式外固定架固定 6 周, 并通过康复, 使患者活动度由 40°增加至

110°。随访 5 年, 患者恢复良好, CTFS 无复发^[16]。虽然仅为个案, 且病例为创伤性关节不稳, 但这个特殊病例提示骨科医师, 对于合并 CTFS 但 K-L 分级不高的患者, 是否可以通过支具等外固定装置调整下肢力线, 并给予股四头肌肌力训练等康复治疗, 以达到“保膝”的治疗目的。

2.4.2 CTFS 在胫骨高位截骨术中的意义

由于 CTFS 的发生与关节线的倾斜关系密切, 在 MPTA 较小的 KOA 患者中更为常见, 因而截骨矫形术的发展一直伴随着对 CTFS 的研究。本文纳入的 3 篇文献中, Akamatsu 等^[17]和 Ogawa 等^[11]分别报道了 55 例和 103 例开放楔形 HTO 手术, 发现此术式可显著改善术前 CTFS, 其矫正程度与内翻矫正程度显著相关。但近年来, 随着研究者们对 HTO 的深入探讨, 过大的 CTFS 已被看作是手术禁忌。早在上世纪 80 年代, Keene 等^[27]报道了应用 HTO 治疗 KOA 的临床效果, 发现 CTFS 是否 >10 mm 并不会造成术后临床效果的差异。但其他研究大多认为大于 10~12 mm 的 CTFS 是 HTO 禁忌证^[25, 29], Kim^[10]报道了 67 例开放楔形 HTO 的临床效果, 虽然在并发症和术后评分上均无显著差别, 但术前超过 5 mm 的 CTFS 患者术后容易出现下肢力线的过度矫正, 他们认为 CTFS 超过 5 mm 时行 HTO 应谨慎。值得注意的是, Akamatsu^[17]发现 CTFS 的存在常与 HTO 术后力线矫正的丢失相关。而 Ogawa^[11]发现 CTFS 患者术后 MP-TA 较对照组明显增大, 而过度矫正的下肢力线可能会导致股骨相对于胫骨的外侧半脱位, 因此建议术后 MPTA 不应超过 93.5°以避免矫枉过正。

2.4.3 CTFS 在单髁置换术中的意义

单髁置换术在治疗膝关节内侧间室骨关节炎具有创伤小、出血量少、恢复快的优势^[30, 31], 对其适应证的把控, 是保证手术效果的关键^[32, 33]。由于 CTFS 常造成外侧髁与胫骨髁间嵴的撞击, 可能是髌前疼痛的原因, 因此伴随 CTFS 是否适合行单髁置换术(UKA)是近年来研究的热点之一^[34]。目前多数研究认为应力位 X 线片上可矫正的 CTFS 是适合行 UKA 手术的^[24, 35]。Nam 等^[12]于 2013 年报道了 235 例内侧 UKA 手术, 发现 UKA 可以将术前 CTFS 矫正到正常膝关节的程度, 且 CTFS 的矫正程度与内翻畸形矫正程度、术前影像学及人口学特征等均无关; 遗憾的是其并未报道临床效果。Kamenaga^[21]的一项固定平台 UKA 研究认为术后 CTFS 的矫正与假体间接触点的位置有关, 接触点位于胫骨假体内侧时 CTFS 矫正程度不良, 术后疼痛增加、患者满意度降低; 但

该研究未能证实 CTFS 的存在是否会对 UKA 的临床效果造成影响。Boettner 等^[20]观察了 84 例伴随 CTFS 的 MR 影像,认为髁间嵴与外侧髁的撞击并不会造成外侧间室负重区的软骨磨损,因而不会引发疼痛,也不能将其视作 UKA 的禁忌证。但术后残留 CTFS 对 UKA 手术效果的影响研究仍十分有限, Kamenaga 等^[24]报道了 201 例接受 UKA 患者的术后 5 年随访,发现术后残留 CTFS 的患者更容易出现术后对侧间室骨关节炎的进展,而术前外翻应力位 X 线片可作为这种危险因素的预测指标。

2.4.4 CTFS 在全膝置换术中的意义

CTFS 对于全膝关节置换术 (TKA) 的影响研究较为有限, Mullaji 等^[13]在对于 TKA 术后对线不良的危险因素分析中发现,术前严重的内翻畸形和股骨弯曲度是造成对线不良的重要原因,但术前 CTFS 无明显相关性。Schadler 等^[18]研究了 OAI 数据库中的 215 例 KOA 患者,认为术前合并 CTFS 对于膝关节疼痛及功能评分无影响,同时也并不增加患者的手术率。而 Buyukkuscu 等^[4]于 2020 年报道了唯一 1 篇 CTFS 患者的 TKA 疗效,认为是否合并 CTFS 对患者手术前后的膝关节评分 (WOMAC 和 KOOS) 及假体翻修率均无影响。但由于 CTFS 的发生常与韧带功能不良相关,因此不建议使用后交叉韧带保留型假体 (CR 假体),尤其是脱位 >10 mm 的患者,除了使用后稳定型假体外,建议适当增加垫片厚度以保证膝关节的稳定。

3 讨论

冠状位胫股关节半脱位 (Coronal tibiofemoral subluxation, CTFS) 是 KOA 治疗中常面临的问题,有研究表明,CTFS 与术前膝关节疼痛、活动障碍、关节不稳定等密切相关;且与高位截骨术后的力线过度矫正,单髁置换术后的不明原因膝关节痛等相关^[12]。CTFS 的 X 线测量方法目前尚无统一的标准,目前研究中常用的测量方法主要是外侧髁切线测量法和中轴线测量法, Akamatsu^[17]在其研究中分别应用了上述两种解剖标志进行 CTFS 的测量,发现在内侧开放楔形胫骨高位截骨术 (HTO) 前后,这两种测量方法得到的 CTFS 变化并不相同。认为以解剖轴线为标志进行测量的方法可能受轴线旋转的影响较大,难以标准化,在准确性和可重复性上略显不足。而 Khamaisy^[6]的软件测量法并未报道治疗前后 CTFS 的变化,其临床应用价值仍有待进一步验证。CTFS 在 KOA 严

重程度的判断上并无价值。而在临床症状方面,目前研究仍存在争议, Chang 等^[36]认为 CTFS 会造成 WOMAC 等临床评分的下降。但 Schadler^[18]应用公开数据库 Osteoarthritis Initiative (OAI) 研究了 215 例 KOA 患者,发现 CTFS 并不会降低 WOMAC 及 KOOS 临床评分。因而这一问题仍需多中心、大样本量的研究证实。在膝关节阶梯化治疗中仍应重视此问题,以避免由于韧带稳定性不良而产生的并发症。

综上所述,CTFS 是一种 KOA 患者常见的 X 线影像学表现,虽仍有争议,但主流观点认为其与 KOA 的严重程度并不相关。但在膝关节阶梯化治疗中仍应重视此问题,以避免由于韧带稳定性不良而产生的并发症。

参考文献

- [1] 刘华,李化光. 膝关节骨关节炎流行病学研究进展 [J]. 中国矫形外科杂志, 2013, 21 (5): 482-485.
- [2] Johnson VL, Hunter DJ. The epidemiology of osteoarthritis [J]. Best Pract Res Clin Rheumatol, 2014, 28 (1): 5-15.
- [3] Glyn-Jones S, Palmer AJR, Agricola R. Osteoarthritis [J]. Lancet (London, England), 2015, 386 (9991): 376-387.
- [4] Buyukkuscu MO, Misir A, Kirat A. Tibiofemoral subluxation in the coronal plane does not affect WOMAC and KOOS after total knee arthroplasty [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2021, 29 (3): 914-920.
- [5] Greif DN, Epstein AL, Hodgens BH. Current measurement strategies of coronal tibiofemoral subluxation: a systematic review of literature [J]. AJR Am J Roentgenol, 2021, 216 (5): 1183-1192.
- [6] Khamaisy S, Zuiderbaan HA, Thein R. Coronal tibiofemoral subluxation in knee osteoarthritis [J]. Skeletal Radiol, 2016, 45 (1): 57-61.
- [7] Tachibana Y, Mae T, Fujie H. Effect of radial meniscal tear on in situ forces of meniscus and tibiofemoral relationship [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthroscopy, 2017, 25 (2): 355-361.
- [8] 王浩浩,张民,席刚. 膝关节冠状位半脱位研究进展 [J/CD]. 中华关节外科杂志(电子版), 2020, 14 (6): 747-751.
- [9] Siriwanarangsun P, Chen KC, Finkenstaedt T. Patterns of cartilage degeneration in knees with medial tibiofemoral offset [J]. Skeletal Radiol, 2019, 48 (6): 931-937.
- [10] Kim YT, Choi JY, Lee JK. Coronal tibiofemoral subluxation is a risk factor for postoperative overcorrection in high tibial osteotomy [J]. Knee, 2019, 26 (4): 832-837.
- [11] Ogawa H, Matsumoto K, Akiyama H. Coronal tibiofemoral subluxation is correlated to correction angle in medial opening wedge high tibial osteotomy [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2018, 26 (11): 3482-3490.
- [12] Nam D, Khamaisy S, Gladnick BP. Is tibiofemoral subluxation correctable in unicompartmental knee arthroplasty [J]. J Arthroplasty,

- 2013, 28 (9) : 1575-1579.
- [13] Mullaji AB, Shetty GM, Lingaraju AP. Which factors increase risk of malalignment of the hip-knee-ankle axis in TKA [J]. *Clin Orthop*, 2013, 471 (1) : 134-141.
- [14] Khamaisy S, Zuiderbaan HA, Thein R. Coronal tibiofemoral subluxation: a new measurement method [J]. *Knee*, 2014, 21 (6) : 1069-1071.
- [15] Khamaisy S, Nam D, Thein R. Limb alignment, subluxation, and bone density relationship in the osteoarthritic varus knee [J]. *J Knee Surg*, 2015, 28 (3) : 207-212.
- [16] Geiger EJ, Arzeno AH, Medvecky MJ. Hinged-knee external fixator used to reduce and maintain subacute tibiofemoral coronal subluxation [J]. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*, 2016, 45 (7) : E497-e502.
- [17] Akamatsu Y, Ohno S, Kobayashi H. Coronal subluxation of the proximal tibia relative to the distal femur after opening wedge high tibial osteotomy [J]. *Knee*, 2017, 24 (1) : 70-75.
- [18] Schadler P, Kasperek M, Boettner F. Coronal tibiofemoral subluxation is not an independent risk factor for total knee arthroplasty in patients with moderate to severe varus-osteoarthritis: data from the "Osteoarthritis Initiative" [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2017, 137 (10) : 1423-1428.
- [19] Ishii Y, Noguchi H, Sato J. Association between bone mineral density distribution and various radiographic parameters in patients with advanced medial osteoarthritis of the knee [J]. *J Orthop Sci*, 2019, 24 (4) : 686-692.
- [20] Boettner F, Springer B, Windhager R. The tibial spine sign does not indicate cartilage damage in the central area of the distal lateral femoral condyle [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2020, 28 (8) : 2592-2597.
- [21] Kamenaga T, Takayama K, Ishida K. Central implantation of the femoral component relative to the tibial insert improves clinical outcomes in fixed-bearing unicompartmental knee arthroplasty [J]. *J Arthroplasty*, 2020, 35 (11) : 3108-3116.
- [22] Springer B, Waldstein W, Bechler U. The functional status of the ACL in varus OA of the knee: the association with varus deformity and coronal tibiofemoral subluxation [J]. *J Arthroplasty*, 2021, 36 (2) : 501-506.
- [23] Wang D, Willinger L, Athwal KK. Knee joint line obliquity causes tibiofemoral subluxation that alters contact areas and meniscal loading [J]. *Am J Sports Med*, 2021, 49 (9) : 2351-2360.
- [24] Kamenaga T, Hiranaka T, Hida Y. Lateral osteoarthritis progression is associated with a postoperative residual tibiofemoral subluxation in Oxford UKA [J/OL]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2021. Epub ahead of print. <https://doi.org/10.1007/s00167-021-06729-y>
- [25] Vainionpää S, Läike E, Kirves P. Tibial osteotomy for osteoarthritis of the knee. A five to ten-year follow-up study [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1981, 63 (6) : 938-946.
- [26] Coventry MB. Upper tibial osteotomy for gonarthrosis. The evolution of the operation in the last 18 years and long term results [J]. *Orthop Clin North Am*, 1979, 10 (1) : 191-210.
- [27] Keene JS, Dyreby JR Jr. High tibial osteotomy in the treatment of osteoarthritis of the knee. The role of preoperative arthroscopy [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1983, 65 (1) : 36-42.
- [28] Hunter DJ, Zhang Y, Niu J. Structural factors associated with malalignment in knee osteoarthritis: the Boston osteoarthritis knee study [J]. *J Rheumatol*, 2005, 32 (11) : 2192-2199.
- [29] Gomoll AH. High tibial osteotomy for the treatment of unicompartmental knee osteoarthritis: a review of the literature, indications, and technique [J]. *Phys Sports Med*, 2011, 39 (3) : 45-54.
- [30] 谢国庆, 任忠明, 金文孝. 单髁置换术治疗膝内侧间室骨关节炎近中期疗效 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2019, 27 (21) : 1998-2000.
- [31] Murray DW, Parkinson RW. Usage of unicompartmental knee arthroplasty [J]. *BoneJoint J*, 2018, 100-B (4) : 432-435.
- [32] Van Der List JP, Chawla H, Zuiderbaan HA. The role of preoperative patient characteristics on outcomes of unicompartmental knee arthroplasty: a meta-analysis critique [J]. *J Arthroplasty*, 2016, 31 (11) : 2617-2627.
- [33] Kozinn SC, Scott R. Unicompartmental knee arthroplasty [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1989, 71 (1) : 145-150.
- [34] Xi G, Wang HH, Li H. Short-term outcomes of Oxford unicompartmental knee arthroplasty with coronal subluxation of the knee: a retrospective case-control study [J]. *J Orthop Traumatol*, 2022. Epub ahead of print. <http://doi.10.1186/s10195-022-00626-x>.
- [35] Pearle AD, Kendoff D, Stueber V. Perioperative management of unicompartmental knee arthroplasty using the MAKO robotic arm system (MAKOplasty) [J]. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*, 2009, 38 (2 Suppl) : 16-19.
- [36] Chang CB, Koh JJ, Seo ES. The radiographic predictors of symptom severity in advanced knee osteoarthritis with varus deformity [J]. *Knee*, 2011, 18 (6) : 456-460.

(收稿:2021-10-22 修回:2022-06-09)

(同行评议专家: 臧建成 刘 沛 宋海明)

(本文编辑: 宁 桦)