DOI:10.16016/j.1000-5404.202102053

基于 CT 分析膝关节前外侧韧带损伤的股骨后髁形态特征

石 敏,邱蓝玉,李 佳,盛 波,肖智博,吕发金,吕富荣 400016 重庆,重庆医科大学附属第一医院放射科

[摘要] **目的** 基于 CT 图像定量测量并分析膝关节前外侧韧带(anterolateral ligament, ALL)损伤的股骨后髁形态特征。**方法** 回顾性筛选 2014 年 1 月至 2019 年 4 月本院 41 例急性 ALL 损伤的膝关节作为损伤组,并匹配 41 例膝关节作为对照组。受试者均有膝关节完整的影像资料,利用其 CT 图像定量测量两组的膝关节形态学参数,包括髁总宽度(medial-lateral width of epicondyle,MLW)、内侧后髁宽度(medial posterior condyle width,MPCW)、外侧后髁宽度(lateral posterior condyle width,LPCW)、外侧髁长度(lateral condyle length,LCL)、内侧髁长度(medial condyle length,MCL)、外侧后髁长度(lateral posterior condyle length,LPCL)、内侧后髁长度(medial posterior condyle length,MPCL)、内侧后髁高度(medial posterior condyle height,MPCH)、外侧后髁高度(lateral posterior condyle heigh,LPCH)。另计算后髁宽度(LPCW/MLW、MPCW/MLW)和长度(LPCL/LCL、MPCL/MCL)比值使得个体差异最小化。统计分析两组各参数之间的差异。**结果** 两组间后髁形态差异具有统计学意义($P<0.05$)。①宽度:ALL 损伤组 MLW 大于对照组($P=0.042$),LPCW/MLW 和 MPCW/MLW 低于对照组($P<0.05$);②长度:ALL 损伤组 MCL、MPCL 和 LCL 大于对照组($P<0.05$),LPCL/LCL 低于对照组($P<0.01$);③高度:两组间内、外侧后髁高度的差异均无统计学意义。**结论** ALL 损伤组的内侧股骨后髁更窄,外侧股骨后髁更窄更短,可能通过改变膝关节的内部运动而增加 ALL 损伤的风险。

[关键词] 前外侧韧带;创伤和损伤;股骨后髁;形态学;计算机体层成像
[中图法分类号] R322.72; R686.5; R814.42 [文献标志码] A

Morphological characteristics of posterior femoral condyle of knee anterolateral ligament injury based on CT findings

SHI Min, QIU Lanyu, LI Jia, SHENG Bo, XIAO Zhibo, LYU Fajin, LYU Furong Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing, 400016, China

[**Abstract**] **Objective** To quantitatively measure and analyze the morphological features of posterior femoral condyle of anterolateral ligament (ALL) injury based on CT images. **Methods** A total of 41 knees with acute ALL injuries admitted in our hospital from January 2014 to April 2019 were retrospectively selected as the injury group, and the other 41 matched knee joints served as the control group. Their complete imaging data of the knee joints were collected, and the CT images were used to quantitatively measure the morphological parameters of knee joints in the 2 groups, including medial-lateral width of epicondyle (MLW), medial posterior condyle width (MPCW), and lateral posterior condyle width (LPCW), lateral condyle length (LCL), medial condyle length (MCL), lateral posterior condyle length (LPCL), medial posterior condyle length (MPCL), medial posterior condyle height (MPCH), and lateral posterior condyle height (LPCH). In addition, the ratios of posterior condyle widths (LPCW/MLW, MPCW/MLW) and those of lengths (LPCL/LCL, MPCL/MCL) was calculated to minimize individual differences. Statistical analysis was carried out for the differences of parameters between the 2 groups. **Results** The differences in width and length of posterior

[基金项目] 重庆市科学技术委员会技术创新与应用示范(社会民生类重点)项目(cstc2018jscx-mszdX0042)
[通信作者] 吕富荣,E-mail:lfr918@sina.com

1000-5404/Copyright © 2021, 陆军军医大学(第三军医大学)。这篇开放获取文章遵循 CC BY 许可协议(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

condyle between the 2 groups were statistically significant ($P<0.05$). ① Width: MLW was greater ($P=0.042$), and the ratios of LPCW/MLW and MPCW/MLW were significantly lower in the ALL injury group than the control group ($P<0.05$); ② Length: MCL, MPCL and LCL were larger ($P<0.05$) and the ratio of LPCL/LCL was lower in ALL injury group than the control group ($P<0.01$); ③ Height: There was no statistical difference in the height of medial and lateral posterior condyles between the 2 groups ($P>0.05$). **Conclusion** The medial posterior femoral condyle is narrower, and the lateral posterior femoral condyle is narrower and shorter. And shorter lateral posterior condyle increases the risk of ALL injury by changing the internal movement of knee joints.

[**Key words**] anterolateral ligament; trauma and injuries; posterior femoral condyle; morphology; computerized tomography

Supported by the Technological Innovation and Application Demonstration Project (Key Social and People's Livelihood) of Chongqing Science and Technology Commission (cstc2018jscx-mszdX0042). Corresponding author: LYU Furong, E-mail: lfr918@sina.com

前外侧韧带(anterolateral ligament, ALL)自SEGOND[1]在1879年首次发现后,历经多年其解剖特征和功能才逐渐被认识。ALL股骨端附着外侧上髁的突出处(稍前于外侧副韧带),止于胫骨Gerdy结节与腓骨头之间[2-3]。研究报道前交叉韧带(anterior cruciate ligament, ACL)损伤后重建患者术后存在关节旋转不稳现象,而术中附加重建ALL能够有效控制术后的膝关节前外侧旋转松弛和增加关节稳定性[4-6],此后,ALL的损伤及其作用逐渐被认识。临床发现ALL损伤多合并ACL断裂,而生物力学研究也表明ALL作为一个次级旋转稳定器,其作用在ACL切除(缺损或断裂)后膝关节更为重要[5-6]。虽然目前ALL损伤机制尚不明确,但有研究报道ALL损伤与ACL撕裂和高度轴移上残留的前外侧旋转不稳定密切相关[7]。股骨后髁形态改变被发现能影响膝关节运动学特征[8-10],进而改变关节韧带的受力情况,影响膝关节的稳定性。股骨后髁长度、股骨髁间窝的形态和宽度改变也对关节内韧带造成压力改变,进而引起关节内部运动紊乱。此外,ALL是关节外侧的稳定结构,ALL损伤后重建能够有效提高术后关节稳定性,降低术后不稳的发生率和减少关节的前移和旋转[11]。对ALL损伤的探究能更好地了解ALL损伤以及对ALL和周围结构的手术方式。因此,本研究旨在利用CT图像分析膝关节前外侧韧带损伤的股骨后髁形态特征。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析2014年1月至2019年4月本院MRI诊断的急性ALL损伤患者资料。纳入标准:①由于非接触性机制(韧带发生损伤时仅仅受到地面的反作用力)导致的ALL损伤而进行就诊;②ALL损伤时间不超过1个月;③所有患膝行膝关节CT和MRI扫描。排除标准:①患膝关节既往肿瘤病史;②存在严重骨关节炎(≥KL 2级)或炎性关节炎。最终损伤组纳入41例受检患者[男性30例,女性11例;年龄(30.6±10.2)岁]共41个膝关节(左膝19例,右膝22例)。对照组与损伤组采用相同的排除标准,均于同一时期在我院行膝关节CT检查,并且膝关节韧带无损伤。最终匹配41例受检者[男性29例,女性12例;年龄(30.3±10.1)岁]共41个膝关节(左膝19例,右膝22例)。本研究获得本院伦理委员会批准(2016-94号)。

1.2 扫描参数

受试者均为常规膝关节扫描。MRI扫描采用德国西门子1.5T MAGNETOM ESSENZA成像设备,四肢矩阵膝线圈,扫描参数:T_1WI:TR 306 ms,TE 12 ms;T_2WI:TR 3 220 ms,TE 99 ms;脂肪饱和序列:TR 2 800 ms,TE 38 ms;FOV 16 cm,矩阵320×320,层厚4 mm。CT扫描均采用标准仰卧位的膝关节扫描方式,扫描范围至少包括膝关节以及相邻长骨。使用德国西门子SOMATOM Definition AS螺旋CT机进行扫描,扫描参数:层厚5 mm,管电压:130 kV;管电流:110~140 mA;螺距:1。

1.3 图像评估与测量

ALL损伤在MRI图像中的质子加权序列、T2序列与脂肪饱和序列中具有很高的检出率,通常表现为纤维不连续伴或不伴有水肿[12],如图1所示。采用PACS软件自带测量工具对CT图像进行多方位测量。从前后、左右和上下3个方位测量后髁的长宽高,以避免产生因膝关节体位改变而引起的测量误差。ALL损伤评估和后髁相关形态学参数的测量由两名经过专业培训的骨肌放射诊断医师独立进行,再由其中1名医师再次独立测量评估,2次测量时间间隔4周。测量方法参照VAN HAVER等[13]的方法(图2)。共测量9个股骨后髁形态学相关参数。横断面测量参数包括:髁宽度

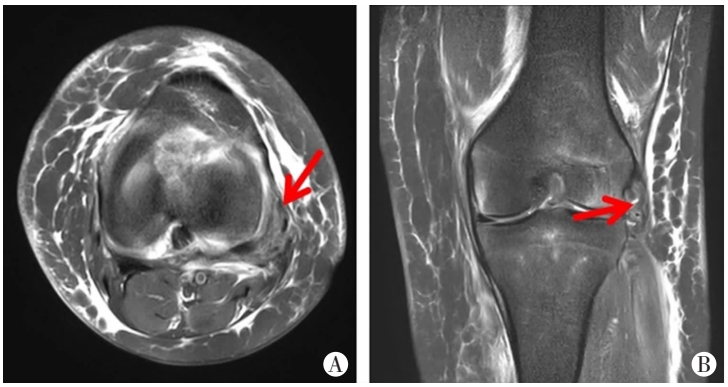
(medial-lateral width of epicondyle, MLW)、内侧后髁宽度(medial posterior condyle width, MPCW)、外侧后髁宽度(lateral posterior condyle width, LPCW);矢状面测量参数包括:外侧髁长度(lateral condyle length, LCL)、内侧髁长度(medial condyle length, MCL)、外侧后髁长度(lateral posterior condyle length, LPCL)、内侧后髁长度(medial posterior condyle length, MPCL)、内侧后髁高度(medial posterior condyle height, MPCH)、外侧后髁高度(lateral posterior condyle height, LPCH)。另外计算后髁宽度与髁宽度的比值(LPCW/MLW、MPCW/MLW)、后髁长度与髁长度的比值(LPCL/LCL、MPCL/MCL)。

1.4　统计学分析

采用 SPSS 24.0 进行统计描述与分析。两组间年龄、各 CT 测量数值进行 K-S 正态分布检验,符合正态分布的计量资料用 $\bar{x}\pm s$ 表示,采用两独立样本 t 检验,不符合正态分布的用中位数(上、下四分位数)表示,采用 Mann-whitney U 检验。两组间性别、检查部位的比较采用卡方检验。$P<0.05$ 表示差异有统计学意义。

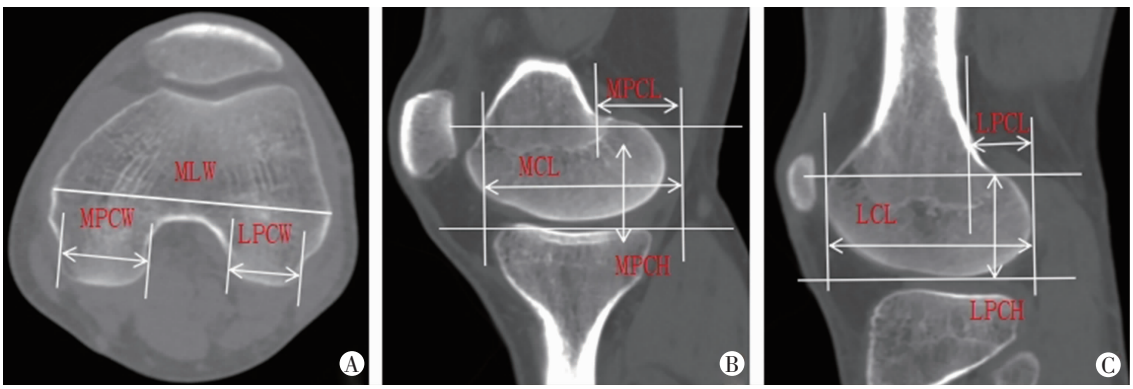
2　结果

ALL 损伤组($n=41$)与对照组($n=41$)在性别、年龄、检查部位进行匹配,其差异均无统计学意义,具有可比性。比较分析内、外侧髁和后髁的长度、宽度和高度在两组间的差异。①后髁宽度:损伤组的 MLW 大于对照组($P=0.042$);两组间 LPCW 和 MPCW 的差异不具有统计学意义;损伤组 MPCW/MLW 和 LPCW/MLW 均小于对照组($P=0.030$、0.001)。②后髁长度:损伤组的 MCL、MPCL 和 LCL 大于对照组($P=0.001$、0.020、0.001),而 LPCL/LCL 小于对照组($P=0.040$);MPCL/MCL 和 LPCL 差异无统计学意义。③后髁高度:两组间 MPCH 和 LPCH 差异无统计学意义,见表 1。



A:MR 质子加权序列轴位;B:冠状位　箭头示 ALL 明显增粗,信号增高,部分纤维束不连续

图 1　左膝关节 ACL 断裂伴有 ALL 损伤患者的 MRI 表现



A:髁宽度测量,在股骨内外侧髁横断面最大距离层面图像上测量 MLW、MPCW 和 LPCW;B、C:后髁长度和宽度测量,B 图选择内侧髁矢状面前后径最大层面图像测量 MCL、MPCL、MPCH;C 图选择外侧髁矢状面前后径最大层面图像测量 LCL、LPCL 和 LPCH; MLW:髁总宽度;MPCW:内侧后髁宽度;MCL:内侧髁长度;MPCL:内侧后髁长度;MPCH:内侧后髁高度;LPCW:外侧后髁宽度;LCL:外侧髁长度;LPCL:外侧后髁长度;LPCH:外侧后髁高度

图 2　髁宽度、后髁长度和宽度测量方法

表 1 两组各形态学测量参数分析结果（n=41）

测量项目	ALL 损伤组	对照组	t/Z 值	P 值
MLW/mm	81.04±6.90	78.29±5.02	2.066	0.042
MPCW/mm	26.16±2.51	26.16±2.26	−0.009	0.993
MPCW/MLW(%)	32.33±2.30	33.42±2.22	−2.207	0.030
MCL/mm	66.50(62.25,68.20)	62.20(59.20,65.55)	−3.386	0.001
MPCL/mm	30.56±4.29	28.56±3.22	2.380	0.020
MPCL/MCL(%)	47.07±6.62	46.03±3.70	0.874	0.385
MPCH/mm	38.08±3.78	38.54±2.76	0.608	0.545
LPCW/mm	23.00(21.95,25.10)	24.30(22.65,25.40)	−1.549	0.121
LPCW/MLW(%)	28.56±2.31	30.62±2.22	−3.520	0.001
LCL/mm	66.90(62.20,68.90)	62.30(59.50,65.60)	−3.218	0.001
LPCL/mm	25.14±3.97	25.08±2.83	0.083	0.934
LPCL/LCL(%)	38.40±6.62	41.00±4.42	−2.090	0.040
LPCH/mm	38.00±3.80	37.61±2.72	0.528	0.599

MLW:髁总宽度;MPCW:内侧后髁宽度;MCL:内侧髁长度;MPCL:内侧后髁长度;MPCH:内侧后髁高度;LPCW:外侧后髁宽度;LCL:外侧髁长度;LPCL:外侧后髁长度;LPCH:外侧后髁高度

3 讨论

目前关于 ALL 的解剖位置和附着点的观点尚存在争议,但是 ALL 对膝关节外侧的稳定性似乎是公认的。ALL 能够控制膝关节的旋转稳定;控制胫骨的前移和内旋运动以及在膝关节屈曲时控制前后方向的关节松弛[14]。单纯性的 ALL 断裂并不常见,研究发现 ALL 断裂常发生在因内外翻、旋转机制损伤的急性 ACL 断裂膝关节[15]。本研究损伤组发生 ALL 损伤的机制均为非接触性损伤机制,在发生损伤的瞬间并没有直接暴力作用于膝关节。因此,关节内部的紊乱和运动是造成本研究中 ALL 损伤的主要机制。

本研究发现损伤组和对照组之间股骨后髁长度和宽度存在差异,这表明股骨后髁的这种特定的形态差异可能使得 ALL 更容易发生损伤。本研究从前后,左右和上下 3 个方位定量测量了股骨后髁的长度、宽度和高度。采用股骨后髁宽度(和长度)与髁总宽度(和长度)比值来最小化个体差异,结果发现,ALL 损伤组 LPCW/MLW、MPCW/MLW 和 LPCL/LCL 低于对照组。ALL 损伤组内、外侧股骨后髁宽度比(LPCW/MLW、MPCW/MLW)和外侧股骨后髁长度比(LPCL/LCL)更小。这提示损伤组的内侧股骨后髁更窄,外侧股骨后髁更窄更短,更短的股骨后髁长度使得膝关节内部结构和运动方式发生相应的改变。PFEIFFER 等[8]发现股骨后髁的长度改变影响膝关节的旋转松弛度。他们认为这种关系是由于股骨后髁长度会影响股骨与胫骨的相对运动,从而改变步态和负载机制。VAN HAVER 等[13]则发现膝关节屈曲时较短的股骨外侧后髁导致膝关节处于外翻状态。膝关节外翻会造成关节外侧的压力较内侧更大,这使得 ALL 推移而变得紧绷。当 ALL 的紧绷程度进行性地增加超过最大负荷时,ALL 就会发生损伤。VAN HAVER 等[13]还发现股骨外侧髁后部的长度与膝关节旋转角正相关,表明更大的外侧后髁长度与更大的膝关节旋转角度有关。有较大外侧后髁长度的个体,股骨外髁与胫骨外侧平台之间的接触点后移。因此,股骨相对胫骨外旋转更多,导致了更大的膝关节旋转角[10]。这提示外侧后髁越短,关节旋转角度越小。这样可能使股骨相对胫骨外旋,产生更大的胫骨内旋力矩。

本研究损伤组的外侧后髁(LPCL/LCL)较对照组短,可能使股骨相对胫骨外旋,产生额外的胫骨内旋力矩。在屈膝过程中,股骨内侧和外侧髁的大小不同,导致股骨在胫骨上的外旋。股骨外侧髁后部发育不全的患者在屈曲时,可能使得关节过度旋转。ALL 是对抗胫骨内旋的重要稳定器,膝关节强迫性向内旋转时,ALL 总是表现出极端的张力[1]。在解剖过程中,CLAES 等[3]也发现膝关节屈曲在 30°~90°被迫内旋时,ALL 会变得紧绷。在向内旋转过程中,ALL 的长度随着内旋角度的增加而增加,而向外旋转则使 ALL 松弛[3,16]。这表明后髁长度的改变影响的膝关节内旋增加可能是 ALL 损伤的重要机制。此外,当外侧髁的后份相对内侧更短时,膝关节处于外翻状态[17],而外翻是导致 ALL 损伤的重要机制。本研究损伤组内侧髁宽度比值较小,这是因为髁总宽度的增大而导致的相对减小,ALL 作为膝关节外侧的固定装置,内侧髁宽度的改变对 ALL 损伤的影响可能是通过与外侧部分的相对改变来作用。两组间内、外侧后髁高度(MPCH、LPCH)的差异无统计学意义,提示后髁高度对旋转损

伤机制的影响较小。本研究尚且存在不足之处。首先,由于本研究为回顾性研究,部分患者的查体资料(如轴移试验)不全,导致文中无法完整提供患者的查体资料;同时,由于部分患者的影像资料不全,导致样本量比较小。其次,本研究仅探讨 ALL 损伤组与对照组之间的股骨后髁的形态差异,关于胫骨形态对 ALL 损伤的影响在本文中并未涉及,我们下一步将探讨胫骨形态对 ALL 损伤的作用。最后,由于 ALL 损伤常见于 ACL 断裂,本研究对象伴有 ACL 断裂,有关股骨后髁形态差异对 ALL 损伤的机制还需要进一步研究。

综上所述,本研究显示,ALL 损伤组患者的内侧股骨后髁更窄,外侧股骨后髁更窄更短,更短小的外侧后髁通过改变膝关节的内部运动而增加 ALL 损伤的风险。本结果为后续寻找 ALL 损伤的关节解剖因素和 ALL 及其周围结构的重建手术提供参考作用。

参考文献:

[1] SEGOND P. Recherches cliniques et expérimentales sur lesépanchements sanguins du genou par entorse [M]. Paris: Aux Bureaux du Progrès Médical, 1879: 297-299, 319-321, 340-341.

[2] GETGOOD A, BROWN C, LORDING T, *et al*. The anterolateral complex of the knee: results from the International ALC Consensus Group Meeting[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2019, 27(1): 166-176. DOI: 10.1007/s00167-018-5072-6.

[3] CLAES S, VEREECKE E, MAES M, *et al*. Anatomy of the anterolateral ligament of the knee[J]. J Anat, 2013, 223(4): 321-328. DOI: 10.1111/joa.12087.

[4] DELALOYE J R, HARTOG C, BLATTER S, *et al*. Anterolateral ligament reconstruction and modified lemaire lateral extra-articular tenodesis similarly improve knee stability after anterior cruciate ligament reconstruction: a biomechanical study[J]. Arthroscopy, 2020, 36(7): 1942-1950. DOI: 10.1016/j.arthro.2020.03.027.

[5] THEIN R, BOORMAN-PADGETT J, STONE K, *et al*. Biomechanical assessment of the anterolateral ligament of the knee[J]. Bone Joint Surg, 2016, 98(11): 937-943. DOI: 10.2106/jbjs.15.00344.

[6] PARK Y B, LEE H J, RO D H, *et al*. Anterolateral ligament injury has a synergic impact on the anterolateral rotatory laxity in acute anterior cruciate ligament-injured knees[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2019, 27(10): 3334-3344. DOI: 10.1007/s00167-019-05347-z.

[7] YASUMA S, NOZAKI M, MURASE A, *et al*. Anterolateral ligament reconstruction as an augmented procedure for double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction restores rotational stability: Quantitative evaluation of the pivot shift test using an inertial sensor[J]. Knee, 2020, 27(2): 397-405. DOI: 10.1016/j.knee.2020.02.015.

[8] PFEIFFER T R, BURNHAM J M, KANAKAMEDALA A C, *et al*. Distal femur morphology affects rotatory knee instability in patients with anterior cruciate ligament ruptures[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2019, 27(5): 1514-1519. DOI: 10.1007/s00167-018-5269-8.

[9] GRASSI A, SIGNORELLI C, URRIZOLA F, *et al*. Anatomical features of Tibia and femur: Influence on laxity in the anterior cruciate ligament deficient knee[J]. Knee, 2018, 25(4): 577-587. DOI: 10.1016/j.knee.2018.03.017.

[10] LANSDOWN D, MA C B. The influence of tibial and femoral bone morphology on knee kinematics in the anterior cruciate ligament injured knee[J]. Clin Sports Med, 2018, 37(1): 127-136. DOI: 10.1016/j.csm.2017.07.012.

[11] THAUNAT M, INGALE P S, DE GUISE J, *et al*. The effect of anterolateral ligament reconstruction on knee constraint: a computer model-based simulation study [J]. Knee, 2020, 27(4): 1228-1237. DOI: 10.1016/j.knee.2020.05.006.

[12] HELITO C P, HELITO P V P, COSTA H P, *et al*. Assessment of the anterolateral ligament of the knee by magnetic resonance imaging in acute injuries of the anterior cruciate ligament[J]. Arthroscopy, 2017, 33(1): 140-146. DOI: 10.1016/j.arthro.2016.05.009.

[13] VAN HAVER A, DE ROO K, DE BEULE M, *et al*. Semi-automated landmark-based 3D analysis reveals new morphometric characteristics in the trochlear dysplastic femur[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2014, 22(11): 2698-2708. DOI: 10.1007/s00167-013-2573-1.

[14] SONNERY-COTTET B, VIEIRA T D, OUANEZAR H. Anterolateral ligament of the knee: diagnosis, indications, technique, outcomes[J]. Arthroscopy, 2019, 35(2): 302-303. DOI: 10.1016/j.arthro.2018.08.019.

[15] ARIEL DE LIMA D, HELITO C P, LIMA F R A, *et al*. Surgical indications for anterior cruciate ligament reconstruction combined with extra-articular lateral tenodesis or anterolateral ligament reconstruction[J]. Rev Bras Ortop, 2018, 53(6): 661-667. DOI: 10.1016/j.rboe.2018.09.007.

[16] GILLESPIE D, MANDZIAK D, HOWIE C. Influence of posterior lateral femoral condyle geometry on patellar dislocation[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2015, 135(11): 1503-1509. DOI: 10.1007/s00402-015-2310-y.

[17] ROGER J, LUSTIG S, CERCIELLO S, *et al*. Short lateral posterior condyle is associated with trochlea dysplasia and patellar dislocation[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2019, 27(3): 731-739. DOI: 10.1007/s00167-018-5023-2.

(**收稿**:2021-02-08;**修回**:2021-04-28)

(编辑 汪勤俭)