

# 不同后交叉韧带指数测量方法对前交叉韧带损伤的诊断价值

杨俊<sup>1</sup>, 滕元君<sup>1,2</sup>, 王遵林<sup>1</sup>, 刘众成<sup>2</sup>, 陈思捷<sup>1</sup>, 伍雪平<sup>3</sup>, 牛永康<sup>2</sup>, 夏亚一<sup>1,2</sup>

(1. 兰州大学第二临床医学院, 甘肃 兰州 730030; 2. 兰州大学第二医院骨科, 甘肃 兰州 730030; 3. 哈尔滨医科大学, 黑龙江 哈尔滨 150000)

**【摘要】** 目的: 比较 6 种不同测量方法下的后交叉韧带 (posterior cruciate ligament, PCL) 指数 (Index), 分析验证其在前交叉韧带 (anterior cruciate ligament, ACL) 损伤中的临床诊断价值。方法: 回顾性分析 2018 年 5 月至 2022 年 3 月收治的 225 例患者的膝关节 MRI 资料, 年龄 18~60 岁, 中位数 32 岁。根据 ACL 是否损伤, 分为 ACL 正常组和 ACL 损伤组。在 114 例 ACL 损伤和 111 例 ACL 完整受试者的膝关节 MRI 矢状位图像上, 测量 MRI 矢状位 PCL 在股骨附着点和胫骨附着点之间的直线距离 (A) 和该直线到矢状位图像上 PCL 弧形标记点之间的最大垂直距离 (B), 计算 PCL Index 并评估其对 ACL 损伤的诊断价值。结果: ACL 正常组和 ACL 损伤组 PCL Index 1、2、3、6 比较差异无统计学意义 ( $P>0.05$ ); 两组 PCL Index 4、5 比较, 差异有统计学意义 ( $P<0.001$ )。ACL 正常组的 PCL Index 2、6 与患者年龄呈负相关性 (相关系数 = -0.213, -0.189;  $P<0.05$ ), ACL 损伤组的 PCL Index 5 与患者身体质量指数 (body mass index, BMI) 呈负相关性 (相关系数 = -0.277;  $P<0.05$ )。结论: PCL Index 的改变有助于 ACL 损伤的诊断, 临床中 PCL Index 4、5 可以作为诊断 ACL 损伤的有效参考指标。

**【关键词】** 前交叉韧带损伤; 后交叉韧带指数; 诊断价值; 敏感性

中图分类号: R686.5

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2023.10.004

开放科学 (资源服务) 标识码 (OSID):



## Study on the diagnostic value of different posterior cruciate ligament index measurement methods for anterior cruciate ligament injury

YANG Jun<sup>1</sup>, TENG Yuan-jun<sup>1,2</sup>, WANG Zun-lin<sup>1</sup>, LIU Zhong-cheng<sup>2</sup>, CHEN Si-jie<sup>1</sup>, WU Xue-ping<sup>3</sup>, NIU Yong-kang<sup>2</sup>, XIA Ya-yi<sup>1,2</sup> (1. The Second Clinical Medical College, Lanzhou University, Lanzhou 730030, Gansu, China; 2. Department of Orthopaedics, Lanzhou University Second Hospital, Lanzhou 730030, Gansu, China; 3. Harbin Medical University, Harbin 150000, Heilongjiang, China)

**ABSTRACT Objective** To compare the posterior cruciate ligament (PCL) index with six different measurement methods, and analyze and verify its clinical diagnostic value in anterior cruciate ligament (ACL) injury. **Methods** The Magnetic resonance imaging (MRI) data of 225 knee joints in our hospital from May 2018 to March 2022 were retrospectively analyzed, aged from 18 to 60 years old, with a median of 32 years old. On the sagittal MRI images of 114 patients with ACL injury and 111 patients with intact ACL, Measure the straight-line distance (A) between the femoral attachment point and the tibial attachment point of the PCL on the MRI sagittal image and the maximum vertical distance (B) between the straight line and the arcuate mark point of the PCL on the sagittal image, calculate the PCL index and evaluate the diagnostic value of the PCL index for ACL injury. **Results** The PCL index of the ACL normal group and the ACL injury group were statistically described. There was no significant difference in PCL index 1, 2, 3 and 6 between the two groups ( $P>0.05$ ). The difference of PCL index 4 and 5 between the two groups was statistically significant ( $P<0.001$ ). This study only found that the PCL index 2, 6 in the ACL normal group had a negative correlation with the patient's age (correlation coefficient = -0.213, -0.189;  $P<0.05$ ), and the PCL index 5 in the ACL injury group was significantly correlated with the patient's body mass index (BMI) had a negative correlation (correlation coefficient = -0.277,  $P<0.05$ ). **Conclusion** The change of PCL index is helpful for the diagnosis of ACL injury, PCL index

基金项目: 兰州市科技发展计划项目 (编号:2021-1-106); 兰州大学第二医院萃英学子科研培育计划项目 (编号:CYXZ2021-17/CYXZ2021-25); 兰州大学国家级大学生创新创业训练计划项目 (编号:202210730182); 兰州大学医学教育创新发展项目 (编号: lzugcx-2022-97/lzuglx-2022-173)

Fund program: Lanzhou Science and Technology Plan Project (No.2021-1-106)

通讯作者: 滕元君 E-mail: tengyj06@126.com

Corresponding author: TENG Yuan-jun E-mail: tengyj06@126.com

4 and 5 can be used as effective reference indexes for diagnosing ACL injury in clinic.

**KEYWORDS** Anterior cruciate ligament injury; Posterior cruciate ligament index; Diagnostic value; Sensitivity

前交叉韧带 (anterior cruciate ligament, ACL) 是膝关节内的重要韧带之一<sup>[1-2]</sup>。膝关节 MRI 检查具有较高的准确率,但是仍然会受到一些因素的影响,比如韧带损伤后变形、韧带位置改变、检查体位不当等,导致 ACL 损伤产生误诊或者漏诊<sup>[3]</sup>。目前,ACL 损伤在 MRI 图像上的间接征象逐渐引起关注。其中,有研究显示 ACL 断裂时后交叉韧带 (posterior cruciate ligament, PCL) 的 MRI 形状会发生显著改变<sup>[4]</sup>。基于上述发现,LIU 等<sup>[5]</sup>在 1994 年提出了一种新的 ACL 损伤诊断的 MRI 客观指标,称该指标为 PCL 指数 (Index),以此来帮助临床医生明确诊断 ACL 损伤。SIWINSKI 等<sup>[6]</sup>在 1998 年对 PCL Index 的测量进行了重新的定义,发现 ACL 损伤之后可明显改变 PCL Index,在一些诊断不明确的 MRI 中 PCL Index 的改变可协助 ACL 损伤的准确诊断。然而,目前对于 PCL Index 的标准测量方法仍存在较大争议。本研究使用 6 种不同方法测量了 ACL 损伤患者和 ACL 正常者的 PCL Index。主要目的:(1)确定对 ACL 损伤诊断敏感的 PCL Index。(2)比较 6 种 PCL Index 测量方法的差异。(3)进行相关性分析确定患者特征,如年龄、身高、体重、身体质量指数 (body mass index, BMI) 是否与 PCL 指数的结果相关,旨在分析及验证该指数在诊断 ACL 损伤中的价值。

## 1 资料与方法

### 1.1 病例选择

纳入标准:(1)年龄 18~60 岁。(2)膝关节关节炎 Kellgren-Lawrence 分级 < I 级<sup>[7]</sup>。(3)膝关节 MRI 图像可提供完整清晰的 PCL 胫骨及股骨足印区。(4)胫骨平台完整、无骨折。(5)ACL 损伤组纳入对象为经关节镜探查确定的 ACL 完全断裂者。排除标准:(1)患侧 PCL 损伤史。(2)膝关节先天发育不良或畸形。(3)以往有膝关节手术史或骨折史。(4)合并有膝关节肿瘤、结核、感染、痛风等。(5)膝关节关节炎 Kellgren-Lawrence 分级 > I 级。(6)MRI 图像不清晰而无法测量者。

### 1.2 临床资料

本研究共纳入 2018 年 5 月至 2022 年 3 月就诊的 225 例患者,根据 ACL 是否损伤分为 ACL 正常组和 ACL 损伤组。ACL 正常组 111 例,其中男 56 例,女 55 例;年龄 18~60 岁,中位数 35 岁。ACL 损伤组 114 例,其中男 59 例,女 55 例;年龄 18~58 岁,中位数 33 岁;韧带损伤至手术时间 1~2 个月。本研究通过兰州大学第二医院伦理委员会批准 (编号: 2022A-556)。ACL 损伤组根据术前患者的临床症

状、影像学检查、2 位专业临床医生评估以及术中关节镜探查结果证实为 ACL 完全断裂,需进行 ACL 重建治疗。

### 1.3 观察项目和方法

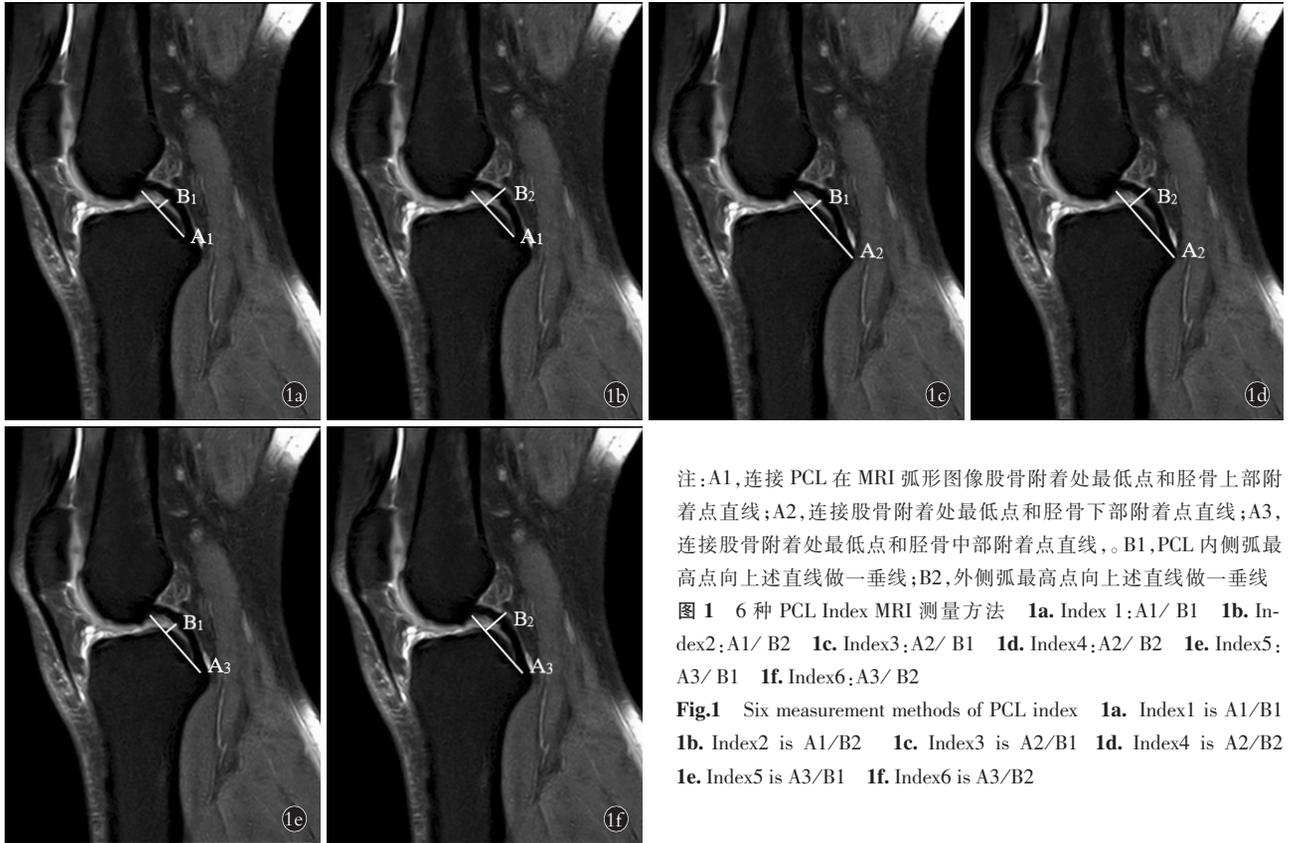
**1.3.1 膝关节 MRI 检查** 采用 Siemens 3.0 T MRI 扫描仪 (Siemens AG, Munich, Germany), 患者仰卧位,双膝关节完全伸直并固定,使患侧膝关节处于表面线圈之内,髌骨下极位置设置到表面线圈中心。扫描序列包括:(1)冠状位和矢状位自旋回波序列 T1 加权像,设置参数回波时间 (time of echo, TE) 为 10~30 ms,重复时间 (time of repetition, TR) 为 300~700 ms,视野 (field of view, FOV) 为 160 mm,层厚 3 mm。(2)T2 加权像,设置参数 TE > 60 ms, TR > 2 000 ms, FOV 为 160 mm,层厚 3 mm。(3)轴位质子压脂快速自旋回波序列,设置参数 TE 为 19~40 ms, TR 为 1 800~3 500 ms, FOV 为 160 mm,层厚为 3 mm。

**1.3.2 PCL Index 的测量** 由 1 位骨科医师使用 RadiAnt Dicom Viewer (Medixant 公司,波兰) 图像测量软件进行膝关节 MRI 图像参数测量,参考 SIWINSKI 等<sup>[6]</sup>和 KOHN 等<sup>[7]</sup>的 PCL Index 测量方法,准确判断出 PCL 在胫骨和股骨上的附着点,之后在膝关节 MRI 矢状序列 T1 加权像上选取显示 PCL 胫骨和股骨止点完整且清晰、PCL 宽度良好的层面作为拟测量层面。本研究将 PCL 在 MRI 矢状序列图像上的弧形轮廓定义为内侧弧和外侧弧,将 PCL 在胫骨的附着部位分为 3 部分,依次为胫骨上部、胫骨下部、胫骨中部。测量时,分别直线连接 PCL 在 MRI 弧形图像股骨附着处最低点和胫骨上部附着点,记为 A1;股骨附着处最低点和胫骨下部附着点,记为 A2;股骨附着处最低点和胫骨中部附着点,记为 A3。通过 PCL 内侧弧最高点向上述直线做一垂线,测量其长度,记为 B1;通过外侧弧最高点向上述直线做一垂线,测量其长度,记为 B2。

在本研究中,定义 PCL Index 是上述测量的直线距离与垂直距离的比值 (图 1),分别是 A1/ B1 (Index1)、A1/ B2 (Index2)、A2/ B1 (Index3)、A2/ B2 (Index4)、A3/ B1 (Index5)、A3/ B2 (Index6)。

### 1.4 统计学处理

采用 SPSS26.0 软件进行统计学分析。对于定量资料先使用 Kolmogorov-Smirnov 检验 (K-S 检验) 进行正态性检验,若服从正态分布,则使用均数 ± 标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示,采用独立样本 *t* 检验;不符合正态分布采用 *M* (P25, P75) 表示,采用非参数秩和检验 (Mann-Whitney *U* 检验),定性资料采用  $\chi^2$  检验。以



注:A1,连接PCL在MRI弧形图像股骨附着处最低点和胫骨上部附着点直线;A2,连接股骨附着处最低点和胫骨下部附着点直线;A3,连接股骨附着处最低点和胫骨中部附着点直线。B1,PCL内侧弧最高点向上述直线做一垂线;B2,外侧弧最高点向上述直线做一垂线  
**图 1** 6 种 PCL Index MRI 测量方法 **1a**. Index 1:A1/ B1 **1b**. Index2:A1/ B2 **1c**. Index3:A2/ B1 **1d**. Index4:A2/ B2 **1e**. Index5:A3/ B1 **1f**. Index6:A3/ B2  
**Fig.1** Six measurement methods of PCL index **1a**. Index1 is A1/B1 **1b**. Index2 is A1/B2 **1c**. Index3 is A2/B1 **1d**. Index4 is A2/B2 **1e**. Index5 is A3/B1 **1f**. Index6 is A3/B2

$P < 0.05$  为差异有统计学意义。分析 PCL Index 与患者特征(年龄、身高、体重和 BMI)之间的相关性。对所有双变量进行相关分析,若服从正态分布则进行 Pearson 相关性分析,若服从偏态分布则进行 Spearman 相关性分析。

## 2 结果

### 2.1 两组患者的一般情况比较

本研究共纳入患者 225 例,其中 ACL 正常组 111 例,身高 1.56~1.78 m,体重 49~82 kg;ACL 损伤组 114 例,身高 1.58~1.82 m,体重 56~85 kg。两组患者性别、年龄、身高、体重以及 BMI 比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),具有可比性,见表 1。

### 2.2 两组患者 A、B 测量值

两组 A1、A2、A3、B1、B2 比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ),见表 2。

### 2.3 两组患者 PCL Index 比较

两组 Index4、5 比较,差异有统计学意义( $P < 0.001$ ),其余测量方法的 PCL Index 比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ),见表 3。

### 2.4 患者特征对 PCL Index 的影响

相关分析显示,ACL 正常组的 Index1、3、4、5 与患者年龄、身高、体重、BMI 无相关性,患者年龄与 Index2、6 负相关( $r = -0.213, P < 0.05$ )。ACL 损伤组的 Index1、2、3、4、6 与患者年龄、身高、体重、BMI 无相关性,Index5 与 BMI 呈负相关( $r = -0.277, P < 0.05$ ),与其余患者特征均无相关性,见表 4、表 5。

## 3 讨论

本文研究了 6 种不同的 PCL Index,以求为 ACL 损伤提供更加准确的诊断,结果显示 ACL 正常者和损伤者的 PCL Index4、5 有统计学意义,因此当 ACL

表 1 两组前交叉韧带患者一般资料比较

Tab.1 Comparison of general data between two groups of patients with anterior cruciate ligament

组别	例数	年龄[M(P25, P75)]/岁	性别/例		身高[M(P25, P75)]/m	体重[M(P25, P75)]/kg	BMI( $\bar{x} \pm s$ )/(kg·m <sup>-2</sup> )
			男	女			
ACL 正常组	111	35(25, 46)	56	55	1.68(1.64, 1.73)	65(58, 70)	22.73±3.47
ACL 损伤组	114	33(25, 44)	59	55	1.76(1.64, 1.75)	69(61, 72)	23.08±3.72
检验值	$\chi^2=0.040$	Z=-0.961	$\chi^2=0.078$	$\chi^2=0.000$	Z=-1.745	Z=-1.694	t=-1.843
P 值	0.841	0.337	0.780	1.000	0.081	0.090	0.067

损伤者症状、体征和直接征象等不典型时,可以借助 PCL Index4、5 进行辅助诊断。

**3.1 ACL 损伤在 MRI 上的直接和间接征象**  
ACL 是保持膝关节稳定性的重要韧带之一,它

表 2 前交叉韧带损伤组和正常组 AB 测量值的比较

**Tab.2 Comparison of measured values of A and B between patients with anterior cruciate ligament injuries and case without anterior cruciate ligament injuries**

组别	例数	A1[M(P25, P75)]	A2( $\bar{x}\pm s$ )	A3[M(P25, P75)]	B1( $\bar{x}\pm s$ )	B2( $\bar{x}\pm s$ )
ACL 正常组	111	2.63(2.44, 2.86)	3.81±0.35	3.20(2.97, 3.43)	0.65±0.14	1.11±0.20
ACL 损伤组	114	2.60(2.35, 2.88)	3.74±0.47	3.15(2.86, 3.41)	0.63±0.18	1.09±0.21
检验值		Z=0.748	t=1.365	Z=-1.542	t=0.938	t=-0.909
P 值		0.455	0.174	0.123	0.349	0.364

注:A, 直线距离;B, 垂直距离

表 3 前交叉韧带损伤组和正常组 PCL 指数的比较

**Tab.3 Comparison of PCL index between two groups of patients with anterior cruciate ligament injuries and cases without anterior cruciate ligament injuries**

组别	例数	Index1 [M(P25, P75)]	Index 2([M(P25, P75)]	Index 3 [M(P25, P75)]	Index 4 [M(P25, P75)]	Index 5 [M(P25, P75)]	Index 6 [M(P25, P75)]
ACL 正常组	111	3.98(3.44, 5.03)	2.39(2.02, 2.81)	5.82(5.09, 7.01)	3.39(2.99, 4.00)	4.84(4.30, 6.06)	2.89(2.50, 3.43)
ACL 损伤组	114	4.28(3.28, 5.21)	2.45(2.04, 2.84)	6.09(4.94, 7.56)	3.90(3.30, 4.92)	4.01(2.90, 5.46)	2.90(2.56, 3.34)
Z 值		0.723	0.130	-0.485	-4.248	-4.410	-0.159
P 值		0.470	0.897	0.627	<0.001	<0.001	0.874

注:PCL, 后交叉韧带。下同

表 4 前交叉韧带正常组 111 例 PCL 指数结果相关性分析

**Tab.4 Correlation analysis of PCL index in 111 patients with normal anterior cruciate ligament**

PCL 指数	年龄		身高		体重		BMI	
	$\rho$ 值	P 值						
Index1	-0.136	0.156	-0.037	0.705	-0.142	0.145	-0.139	0.157
Index2	-0.213	0.025	-0.030	0.757	-0.173	0.075	-0.185	0.058
Index3	-0.055	0.565	0.022	0.820	-0.073	0.454	-0.091	0.352
Index4	-0.154	0.106	0.033	0.735	-0.105	0.282	-0.142	0.146
Index5	-0.101	0.291	0.008	0.934	-0.101	0.302	-0.116	0.236
Index6	-0.189	0.047	0.011	0.909	-0.130	0.180	-0.160	0.101

注: $\rho$  值为 Spearman 相关系数, 下同

表 5 前交叉韧带损伤组 114 例 PCL 指数结果相关性分析

**Tab.5 Correlation analysis of PCL index in 114 patients with anterior cruciate ligament injury**

PCL 指数	年龄		身高		体重		BMI	
	$\rho$ 值	P 值						
Index1	-0.072	0.448	0.047	0.625	-0.068	0.474	-0.136	0.154
Index2	-0.139	0.141	0.038	0.687	-0.064	0.504	-0.131	0.169
Index3	-0.061	0.522	0.032	0.735	-0.065	0.498	-0.126	0.185
Index4	-0.073	0.440	0.055	0.567	0.104	0.273	-0.083	0.382
Index5	-0.079	0.405	0.016	0.864	-0.185	0.051	-0.277	0.003
Index6	-0.140	0.139	0.053	0.579	-0.046	0.629	-0.131	0.169

起自于胫骨髁间隆起的前方,斜向后上外侧行至股骨外侧髁的内侧壁,由纵向走行的胶原纤维束组成,中部稍窄、骨两端附着部位较宽<sup>[8]</sup>。MRI 检查具有软组织分辨率高、非侵袭性、无辐射等优点,ZHAO 等<sup>[9]</sup>的一项 MRI 对于 ACL 损伤诊断的准确性研究中表明 MRI 在诊断中的敏感性、特异性和准确性分别为 95.45%、91.67%、94.87%,与关节镜诊断具有良好的一致性。正常 ACL 在 MRI 矢状序列上的直接征象表现为一个低信号带,靠近胫骨和股骨插入处可以看到韧带的完整纤维束,信号强度呈连续性的增强和减弱。部分撕裂的 ACL 表现为韧带增厚,病变边缘不清楚或者凸出,因周围存在血肿等使得信号局限性增强,但是仍然可观察到纤维束的连续性;完全撕裂的 ACL 表现为弥漫性信号增强,韧带的连续性出现明显中断或者纤维结构直接缺失,轮廓不规则<sup>[10]</sup>。

KLASS 等<sup>[11]</sup>描述了 ACL 损伤的间接征象,发现 MRI 矢状位图像有:胫骨相对于股骨前半脱位,外侧半月板相对后移,出现“未覆盖外侧半月板”迹象,PCL 后凹,髌骨肌腱屈曲,此外还有骨挫伤、PCL 线、PCL 角等发生变化。迟大明等<sup>[12]</sup>回顾分析 78 例膝关节 MRI 资料发现:阳性 PCL 线诊断 ACL 损伤的敏感性和特异性是 75.6%和 97.8%;PCL 角的敏感性和特异性是 66.7%和 96.6%,PCL 角越小,提示 ACL 损伤的可能性越大;PCL 角和阳性 PCL 线的高特异性说明可以用其提高 ACL 损伤的确诊率。MINK 等<sup>[13]</sup>发现当 ACL 损伤时,PCL 近端急性成角发生改变,引起 PCL 向后屈曲,该迹象可以用来评估 ACL 的损伤。BOEREE 等<sup>[14]</sup>在 1992 年最早提出 ACL 损伤时 MRI 图像上 PCL 可能出现卷曲或“S”形,并且报道“S”形的 PCL 诊断 ACL 损伤的敏感性为 88%~92%,特异性为 88%~96%,准确性为 88%~94%,因此,可以作为一种 ACL 损伤的辅助诊断,特别对于一些 ACL 损伤后 MRI 图像上韧带显示模棱两可的病例。ACL 损伤在 MRI 上的直接征象是韧带的本身形态和信号的改变,具有肯定的诊断价值;间接征象是 ACL 损伤引起的其他相关征象,通常不用来作为独立诊断依据,但是诊断时将具有高特异性的间接征象如 PCL 角、阳性 PCL 线、卷曲或者“S”形的 PCL 等与直接征象联合,可以大大提高术前 ACL 损伤的检出率<sup>[15]</sup>。

### 3.2 不同 PCL Index 的诊断敏感性

当 ACL 损伤时 MRI 图像上 PCL 的改变作为诊断标志已有多数学者报道,其中 PCL Index 的改变也可作为一种间接征象辅助诊断 ACL 损伤<sup>[16]</sup>。

TUNG 等<sup>[17]</sup>在一项 ACL 损伤 MRI 的征象研究

中描述了一种量化 PCL 弯曲的方法,通过测量胫骨插入点最前端和股骨插入点之间的距离(a)以及 PCL 的下表面最大曲率点到该直线的垂直距离(b),将 a/b 定义为 PCL 曲率值,结果表明 ACL 损伤者的 PCL 平均曲率值为  $0.40 \pm 0.12$ ,ACL 正常者的为  $0.27 \pm 0.06$ ,两者差异有统计学意义,但在其研究中 ACL 损伤者和 ACL 正常者的 PCL 平均曲率值范围存在重叠,因此提出在临床进行诊断时应该选择一个有用的鉴定值,以减少假阳性结论。LIU 等<sup>[5]</sup>在 67 例患者 MRI 图像上检测 PCL 形态并测量 PCL Index,该指数由比例数 B/A 组成,B 是 PCL 胫骨前上段和胫骨后下段两个附着点之间的最长直线距离,A 是该条直线到 PCL 胫骨前段的最大垂直距离,结果表明正常 ACL 的平均指数为  $5.40 \pm 0.63$ ,损伤 ACL 的平均指数为  $3.89 \pm 0.93$ ,截断值为 4.75,该值诊断的敏感性为 87%,特异性为 84%,在研究中所有的患者可被诊断,说明该指数可作为诊断 ACL 损伤的一种有效参考指标。SIWINSKI 等<sup>[6]</sup>对 170 例慢性膝关节疼痛患者的 MRI 图像测量 PCL Index,测量了 MRI 矢状面上 PCL 股骨与胫骨附着体之间的最短距离(X),该点与 LIU 等<sup>[5]</sup>的测量方法略微不同,以及测量了该条直线到 PCL 弧尖的垂直距离(Y),定义 X/Y 为 PCL Index。其中经关节镜检查 ACL 全部断裂者的 PCL Index 均值为  $2.88 \pm 0.74$ ,ACL 部分断裂者的 PCL Index 均值为  $3.09 \pm 0.23$ ,ACL 正常者的 PCL Index 均值为  $5.01 \pm 0.76$ 。当该指数为 4.00 时,检测敏感性为 92%、特异性为 80%,在一些诊断不明确的 MRI 图像上,若 PCL Index 出现恶化,可帮助诊断 ACL 损伤。陈连旭等<sup>[18]</sup>对国人的 PCL Index 测量发现:与 ACL 正常组相比,ACL 断裂者的 PCL Index 显著较低,并且发现 PCL Index 与韧带损伤后引起的胫骨前移程度相关,前移程度越大,PCL Index 越小。

本研究测量的 ACL 损伤组的 PCL Index5 比 ACL 正常组偏小,与 LIU 等<sup>[5]</sup>和 SIWINSKI 等<sup>[6]</sup>的测量结果相比偏小程度不如其明显,这可能与入种不同或者伴有其他并发症有关,但 PCL Index 的变化趋势是一致的,即 ACL 损伤时 PCL Index 减小。ACL 损伤组的 PCL Index4 比 ACL 正常组偏大,可能与该指数的定义方式有关,但与 ACL 正常组相比差异有统计学意义。本研究定义的 6 种 PCL Index 中有两个指数具有统计学意义,可以辅助诊断 ACL 损伤,并且与以往研究相比,当临床遇见不典型 ACL 损伤的 MRI 直接征象时,本研究将会给临床医生提供较多与 PCL Index 相关的间接征象,帮助提高 ACL 损伤的术前检出率。

### 3.3 本研究的患者特征影响及局限性

本研究未发现患者特征（年龄、身高、体重、BMI）与 PCL Index 之间存在显著相关性，其中只是 ACL 正常组的 PCL Index2、6 与年龄呈的负相关，ACL 损伤组的 PCL Index5 与 BMI 呈负相关性。

本研究不足之处：首先，本研究结果基于患者的 MRI 资料，只在理论水平上提出了 PCL Index4、5 可进行 ACL 断裂的辅助诊断，为证实该指标的敏感性还需进行临床验证。其次，本研究为一项单中心研究，纳入的人口为中国汉族，这可能不能代表其他民族人口或全球人口。

综上所述，本研究提出的 PCL Index4、5 可以作为诊断 ACL 损伤的参考指标。未来研究可以进一步验证该发现并比较 PCL Index4、5 的诊断准确性。

#### 参考文献

- [1] SMIGIELSKI R, ZDANOWICZ U, DRWIEGA M, et al. The anatomy of the anterior cruciate ligament and its relevance to the technique of reconstruction[J]. Bone Joint J, 2016, 98-B(8): 1020-1026.
- [2] SANDERS J O, BROWN G A, MURRAY J, et al. Treatment of anterior cruciate ligament injuries[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2016, 24(8): e81-e83.
- [3] GHASEM HANAFI M, MOMEN GHARIBVAND M, JAFFARI GHARIBVAND R, et al. Diagnostic value of oblique coronal and oblique sagittal magnetic resonance imaging (MRI) in diagnosis of anterior cruciate ligament (ACL) tears[J]. J Med Life, 2018, 11(4): 281-285.
- [4] GENTILI A, SEEGER L L, YAO L, et al. Anterior cruciate ligament tear: indirect signs at MR imaging[J]. Radiology, 1994, 193(3): 835-840.
- [5] LIU S H, OSTI L, DOREY F, et al. Anterior cruciate ligament tear. A new diagnostic index on magnetic resonance imaging[J]. Clin Orthop Relat Res, 1994, (302): 147-150.
- [6] SIWINSKI D, ZIEMIANSKI A. Value of posterior cruciate ligament index in the diagnosis of anterior cruciate ligament injuries[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 1998, 118(1/2): 116-118.
- [7] KOHN M D, SASSOON A A, FERNANDO N D. Classifications in brief: kelly-lawrence classification of osteoarthritis[J]. Clin Orthop Relat Res, 2016, 474(8): 1886-1893.
- [8] SIEGEL L, VANDENAKKER-ALBANESE C, SIEGEL D. Anterior cruciate ligament injuries: anatomy, physiology, biomechanics, and management[J]. Clin J Sport Med, 2012, 22(4): 349-355.
- [9] ZHAO M G, ZHOU Y, CHANG J R, et al. The accuracy of MRI in the diagnosis of anterior cruciate ligament injury[J]. Ann Transl Med, 2020, 8(24): 1657.
- [10] OTSUBO H, AKATSUKA Y, TAKASHIMA H, et al. MRI depiction and 3D visualization of three anterior cruciate ligament bundles[J]. Clin Anat, 2017, 30(2): 276-283.
- [11] KLASS D, TOMS A P, GREENWOOD R, et al. MR imaging of acute anterior cruciate ligament injuries[J]. Knee, 2007, 14(5): 339-347.
- [12] 迟大明, 白希壮, 范广宇. 后交叉韧带作为间接 MR 影像在前交叉韧带损伤中的诊断价值[J]. 中国医学影像技术, 2004, 20(11): 1745-1747.  
CHI D M, BAI X Z, FAN G Y. Anterior cruciate ligament tears; the significance of posterior cruciate ligament as an indirect MR sign [J]. Chin J Med Imag Technol, 2004, 20(11): 1745-1747. Chinese.
- [13] MINK J H, LEVY T, CRUES J V 3rd. Tears of the anterior cruciate ligament and menisci of the knee: MR imaging evaluation[J]. Radiology, 1988, 167(3): 769-774.
- [14] BOEREE N R, ACKROYD C E. Magnetic resonance imaging of anterior cruciate ligament rupture. A new diagnostic sign[J]. J Bone Joint Surg Br, 1992, 74(4): 614-616.
- [15] 王志斌, 马春忠, 于明珠, 等. 前交叉韧带损伤: MRI 征象相关性分析[J]. 临床放射学杂志, 2017, 36(10): 1472-1476.  
WANG Z B, MA C Z, YU M Z, et al. Anterior cruciate ligament injury: a correlation analysis of MRI signs[J]. J Clin Radiol, 2017, 36(10): 1472-1476. Chinese.
- [16] 郭吉敏, 刘春霖, 曹满瑞, 等. 前交叉韧带损伤的 MRI 相关征象分析[J]. 放射学实践, 2010, 25(11): 1268-1271.  
GUO J M, LIU C L, CAO M R, et al. Evaluation of MRI features of anterior cruciate ligament injury[J]. Radiol Pract, 2010, 25(11): 1268-1271. Chinese.
- [17] TUNG G A, DAVIS L M, WIGGINS M E, et al. Tears of the anterior cruciate ligament: primary and secondary signs at MR imaging[J]. Radiology, 1993, 188(3): 661-667.
- [18] 陈连旭, 余家阔, 于长隆, 等. 后交叉韧带指数在诊断前交叉韧带损伤中的临床价值研究[J]. 中国运动医学杂志, 2008, 27(4): 501-503.  
CHEN L X, YU J K, YU C L, et al. Clinical value of posterior cruciate ligament index in the diagnosis of anterior cruciate ligament injuries[J]. Chin J Phys Med, 2008, 27(4): 501-503. Chinese.

(收稿日期: 2022-12-07 本文编辑: 朱嘉)