DOI:10.16016/j.1000-5404.201606040

MRI 评估骨关节炎髁间窝狭窄与前交叉韧带损伤的相关性研究

陈 聪[1,2*],马惜花[3*],吴 萌[1,2*],耿 彬[1,2],张 波[1,2],谭小义[1,2],姜 金[1,2],夏亚一[1,2] (730030 兰州,兰州大学第二医院:骨科[1],血液科[3];730030 兰州,甘肃省骨关节疾病研究重点实验室[2])

[**摘要**] **目的** 探讨膝关节骨性关节炎(osteoarthritis, OA)患者并发前交叉韧带(anterior cruciate ligament, ACL)损伤与髁间窝狭窄之间的关系。**方法** 把 K-L 评分Ⅱ级以上的 75 例中重度 OA 患者依据是否并发 ACL 损伤分为两组,单纯 OA 组 40 例,OA 合并 ACL 损伤组 35 例,观察 MRI 图像轴位序列上髁间窝形状,分为 A、U、W 三型,并分别测量轴位、冠状位、ACL 股骨止点位 3 个平面的髁间窝宽度指数(notch width index, NWI)。分析两组患者的髁间窝分型、各平面 NWI 之间的差异,并依据 ROC 曲线算出不同平面 NWI 界值,确定髁间窝狭窄的指标,明确髁间窝狭窄与 OA 患者并发 ACL 损伤之间的关系。**结果** 单纯 OA 组、OA 合并 ACL 损伤组在轴位、冠状位、ACL 股骨止点位 NWI 分别为 NWI-1:0.270±0.010、0.257±0.011,NWI-2:0.252±0.012、0.237±0.017,NWI-A:0.262±0.016、0.240±0.018,差异有统计学意义($P<0.01$),后者 A 型所占比例比前者多($P<0.05$)。依据 ROC 曲线得出不同平面髁间窝狭窄的 NWI 界值分别为 NWI-1 < 0.263、NWI-2 < 0.248、NWI-A < 0.254。3 个平面中 NWI-1 的特异度最高,NWI-A 的灵敏度最高。**结论** 髁间窝狭窄及髁间窝 A 型可能是中重度 OA 患者并发 ACL 损伤的危险因素。

[**关键词**] 骨性关节炎;前交叉韧带损伤;髁间窝狭窄;核磁共振
[**中图法分类号**] R445.2; R684.3; R686.5 [**文献标志码**] A

Correlation of intercondylar notch stenosis with anterior cruciate ligament injury in osteoarthritis patients by MR imaging

Chen Cong[1,2], Ma Yinhua[3], Wu Meng[1,2], Geng Bin[1,2], Zhang Bo[1,2], Tan Xiaoyi[1,2], Jiang Jin[1,2], Xia Yayi[1,2] ([1]Department of Orthopedics, [3]Department of Hematology, Lanzhou University Second Hospital, Lanzhou, Gansu Province, 730030; [2]Gansu Provincial Key Laboratory of Joint Diseases, Lanzhou, Gansu Province, 730030, China)

[**Abstract**] **Objective** To investigate the correlation of anterior cruciate ligament (ACL) injury and intercondylar notch stenosis in osteoarthritis (OA) patients. **Methods** A total of 75 moderate-severe OA patients (≥45 years old) with K-L score of grade Ⅱ or above were selected from 1 107 in- and out-patients undergoing knee MR imaging in our hospital from 2011 to 2014. They were divided into 2 groups based on whether complicated with ACL injury, that is, simple OA group ($n=40$) and OA complicated with ACL injury group ($n=35$). According to the axial sequence in MR images, there were A, U and W shapes in the types of intercondylar notch. The notch width index (NWI) in the sequences of axial, coronal, and ACL attachment point at the femoral were measured respectively. The differences of intercondylar notch shape and 3 sequences of NWI were analyzed between the 2 groups. The cutoff values of NWI in different sequences were

[**基金项目**] 国家自然科学基金面上项目(81450042);甘肃省自然科学基金(1506RJZA240);甘肃省青年科技研究基金(1107RJYA027);兰州市科技发展计划(2014-2-27)

* 同等贡献者
[**通信作者**] 夏亚一,E-mail:xiayayi@126.com

[**优先出版**] http://www.cnki.net/kcms/detail/51.1095.R.20151230.1139.007.html

calculated according to receiver operating characteristic (ROC) curve to determine intercondylar notch narrowing. Then the correlation of ACL injury and intercondylar notch stenosis was analyzed. **Results** The NWI in the sequences of axial, coronal, ACL attachment point at the femoral were NWI-1 = 0.270 ± 0.010, NWI-2 = 0.252 ± 0.012 and NWI-A = 0.262 ± 0.016 in the simple OA group, and were NWI-1 = 0.257 ± 0.011, NWI-2 = 0.237 ± 0.017 and NWI-A = 0.240 ± 0.018 respectively in the OA complicated with ACL injury group, and significant differences were found between the 2 groups ($P < 0.01$). The proportion of type A was significantly larger in the latter than the former group ($P < 0.05$). ROC curve indicated that NWI-1 < 0.263, NWI-2 < 0.248 and NWI-A < 0.254 were the cutoff values for the intercondylar notch narrowing of the 3 sequences. Among them, NWI-1 was of the highest specificity, and NWI-A was of the highest sensitivity. **Conclusion** Intercondylar notch stenosis and type A shape may be the risk factors for moderate-severe OA patients complicated with ACL injury.

[**Key words**] osteoarthritis; anterior cruciate ligament injury; intercondylar notch stenosis; magnetic resonance imaging

Supported by the General Program of National Natural Science Foundation of China (81450042), the Natural Science Foundation of Gansu Province (1506RJZA240), the Science and Technology Research Foundation for Youth Scholars of Gansu Province (1107RJYA027), and the Project of Science and Technology Development Plan of Lanzhou City (2014-2-27). Chen Cong, Ma Yinhua and Wu Meng are co-first authors who contributed equally in the article.
Corresponding author: Xia Yayi, E-mail: xiayayi@126.com

膝关节骨性关节炎(osteoarthritis, OA)和前交叉韧带(anterior cruciate ligament, ACL)损伤是膝关节好发的两大疾病,研究显示 OA 患者由于骨赘增生会导致髁间窝狭窄[1-2],而髁间窝狭窄又是 ACL 损伤的危险因素[3]。为了评价髁间窝狭窄,Anderson 等[4]和 Souryal 等[5]先后提出髁间窝宽度指数(notch width index, NWI)的概念,NWI = 髁间窝宽度/股骨髁宽度,为相对指标,能降低测量误差,平衡个体差异,较准确的表示髁间窝大小。之后,很多学者对髁间窝不同位置、不同层面的 NWI 进行了测量,其中 Stein 等[6]研究 OA 患者的髁间窝 MRI 图像时选取了轴位和冠状位两个图层,Hoteya 等[7]研究 ACL 损伤患者的 MRI 图像时引入了 ACL 股骨止点的图层,Al-Saeed 等[8]提出了 MRI 图像下髁间窝形状分型的参考标准。但是,到目前为止,对 OA 患者的髁间窝狭窄与 ACL 损伤之间关系的研究较少,人们并没有制定出易导致 ACL 损伤的 OA 患者 MRI 图像下不同层面髁间窝狭窄的界值。因此,本研究以中重度 OA 患者为研究对象,依据是否发生 ACL 损伤分为两组,分别测量 MRI 图像下轴位、冠状位、ACL 股骨止点位 3 个层面的 NWI,确定 OA 患者的髁间窝狭窄与 ACL 损伤之间的关系。

1 资料与方法

1.1 研究对象

我们对 2011 – 2014 年在兰州大学第二医院拍摄膝关节 MRI 的 1 107 例门诊和住院患者进行回顾性病例对照研究。纳入标准:①年龄≥45 岁,性别不限;②有膝关节疼痛、晨僵、活动受限、弹响、摩擦感等明确的 OA 临床表现,符合 OA 诊断标准[9],X 线图像 K-L 评分[10-11]为Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级的中重度 OA 患者;③无明确的膝关节外伤或手术史;④MRI 图像清晰,序列完整。排除罹患 ACL 损伤早于 OA 的患者。所筛选出符合条件的患者的一般资料见表 1。对筛选出的中重度 OA 患者根据是否并发 ACL 损伤分为 2 组,ACL 损伤的诊断依据临床表现[12]和 MRI 征象[13]的相关指南。取得所有患者知情同意,并在医院伦理委员会的监督下进行试验。

表 1 两组患者的性别和年龄

组别	例数	年龄
单纯 OA 组	40	56.70 ± 9.14
男性	17	55.12 ± 8.71
女性	23	57.87 ± 9.46
OA + ACL 损伤组	35	58.03 ± 8.47
男性	8	60.13 ± 7.22
女性	27	57.41 ± 8.83

1.2 测量方法

采用 Phillips 3.0-T MRI 扫描仪,永磁型,配备 8 通道 SENSE 膝关节专用线圈。患者仰卧位,膝关节屈曲 10° ~ 15°,线圈中心位于髌骨下极水平。扫面序列:轴位质子压脂快速自旋回波(pd-tse-fs-tra)序列,

TR 2 886 ms、TE 25 ms,FOV 160 mm,层厚 3 mm;冠状位 SE 序列 T_1WI,TR 520 ms、TE 20 ms、FOV 160 mm,层厚 3 mm。选取序列中显示髁间窝清楚并符合测量位置的图层,用 RadiAnt DICOM Viewer 1.9 软件进行测量,分型参照 Al-Saeed 等[8]的标准,分为 A、U、W 三型(图 1A、B、C)。轴位 NWI-1 的测量参照 Stein 等[6]的标准(图 1D),冠状位 NWI-2 测量参照 Domzalski 等[3]的标准(图 1E),冠状位 NWI-A 的测量参照 Hoteya 等[7]的标准(图 1F)。由 3 人独立完成,数据取平均值,分型不一致时协商解决。

1.3　统计学分析

采用 SPSS 22.0 统计软件,结果以 $\bar{x} \pm s$ 的形式表示。不同层面、不同分组间 NWI 的比较采用单因素方差分析,率的比较采用 χ^2 检验,相关性检验采用 Spearman 非参数检验。

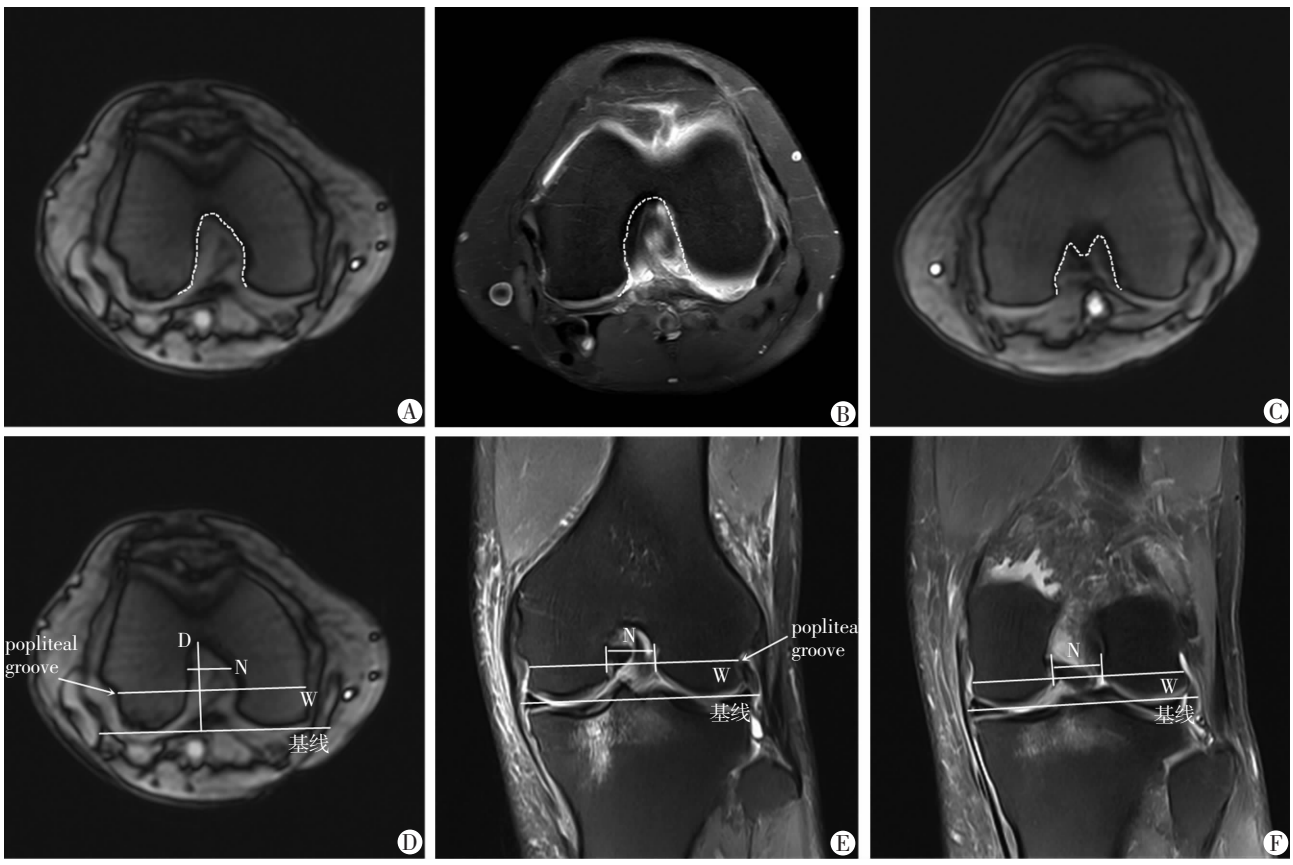
2　结果

2.1　各组患者一般资料

筛选出符合条件的单纯 OA 组 40 例,OA 合并 ACL 损伤组 35 例。并分别通过单因素方差分析及 χ^2 检验得出两组间年龄和性别差异均无统计学意义($P>0.05$,表 1),两组之间具有可比性。

2.2　各组患者间髁间窝分型

单纯 OA 组 W 型 1 例,OA 合并 ACL 损伤组无 W 型,因 W 型较少,且开口宽度与 U 型接近,所以把 W 型合并入 U 型。A 型在 OA 合并 ACL 损伤组中占 88.6%,明显高于单纯 OA 组(65.0%)。OA 合并 ACL 损伤组与单纯 OA 组相比分型差异有统计学意义($P<0.05$,表 2)。在中重度 OA 患者中,A 型髁间窝的患者发生 ACL 损伤的概率是 U 型的 4.173 倍($OR=4.173$)。



A:A 型,顶端较尖,开口较小,似字母“A”;B:U 型,顶端较钝,开口较大,似反向字母“U”;C:W 型,顶端双顶,开口较大,似反向字母“W”;D:轴位 NWI-1 的测量,图层在轴位显示髁间窝最清楚,基线为股骨内外髁软骨下缘的切线,髁间窝深度(D)为髁间窝顶至基线的距离,股骨髁宽度(W)为过股骨外侧髁腘窝沟(popliteal groove)与基线平行的线,髁间窝宽度(N)为 D 线中上 2/3 处与基线平行的线;E:冠状位 NWI-2 的测量,图层在冠状位能看到两条交叉韧带和髁间嵴,基线、W 线与图 D 一致,N 线为 W 线上的髁间窝宽度;F:冠状位 NWI-A 的测量,图层为冠状位 ACL 股骨附着点处的图像,W 线为过髁间窝出口与基线平行的线,N 线为 W 线上的髁间窝宽度

图 1　膝关节骨性关节炎患者髁间窝形状分型和不同层面 NWI 的测量

表 2 两组患者组间髁间窝分型的比较[例(%)]

组别	n	A 型	U 型
单纯 OA 组	40	26(65.0)	14(35.0)
OA + ACL 损伤组	35	31(88.6)[a]	4(11.4)[a]

a: $P<0.05$,与单纯 OA 组比较

2.3 两组患者间不同层面 NWI

与单纯 OA 组相比,OA 合并 ACL 损伤组不同层面 NWI-1、NWI-2、NWI-A 均较小($P<0.01$,表 3)。

表 3 两组患者间不同层面 NWI 的比较

层面	单纯 OA 组		OA + ACL 损伤组	
	$\bar{x}\pm s$	95% *CI*	$\bar{x}\pm s$	95% *CI*
NWI-1	0.270±0.010	(0.267~0.274)	0.257±0.011[a]	(0.254~0.261)
NWI-2	0.252±0.012	(0.248~0.256)	0.237±0.017[a]	(0.231~0.243)
NWI-A	0.262±0.016	(0.257~0.267)	0.240±0.018[a]	(0.234~0.246)

a:$P<0.01$,与单纯 OA 组比较

2.4 两组患者 ROC 曲线分析

由单纯 OA 组与 OA 合并 ACL 损伤组得到不同层面 NWI-1、NWI-2、NWI-A 的 ROC 曲线,曲线下面积分别为 0.805、0.754、0.808(P 均 <0.01),最佳界值为约登指数(灵敏度 + 特异度-1)最大点对应的值,得出最佳界值分别为 0.263、0.248、0.254。NWI-A 的 ROC 曲线下面积最大(图 2)。以上界值均小于等于单纯 OA 组对应平面 NWI 的 95% 可信区间下限,且 ROC 曲线下面积大于 0.5($P<0.01$),因此,以上界值是合理的。

2.5 各组患者不同层面 NWI 的灵敏度和特异度

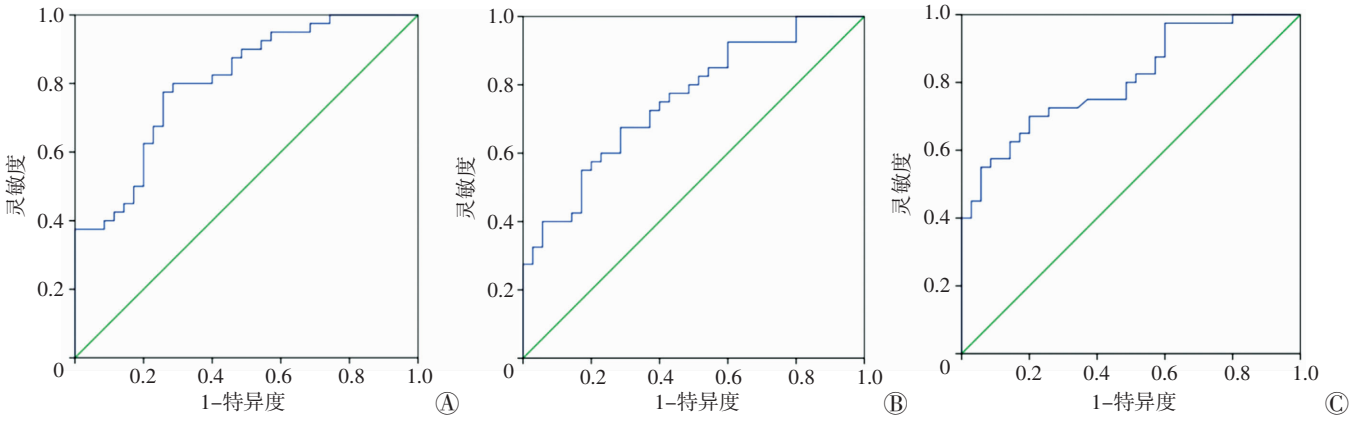
以小于 ROC 曲线最佳界值为中重度 OA 患者髁间窝严重狭窄的依据,即 NWI-1 <0.263、NWI-2 <0.248、NWI-A <0.254 为 OA 患者髁间窝严重狭窄,反之为非严重狭窄。得出:NWI-1 <0.263 在诊断 OA 患者合并 ACL 损伤的灵敏度是 71.4%,特异度是 80.0%;NWI-2 <0.248 在诊断 OA 患者合并 ACL 损伤的灵敏度是 71.4%,特异度是 67.5%;NWI-A <0.254 在诊断 OA 患者合并 ACL 损伤的灵敏度是 80.0%,特异度是 70.0%。NWI-A <0.254 在诊断 OA 患者合并 ACL 损伤的灵敏度最高,NWI-1 <0.263 的特异度最高(表 4)。

表 4 各组患者不同层面诊断标准下严重与非严重狭窄比较[例(%)]

组别	n	NWI-1	NWI-2	NWI-A
OA + ACL 损伤组	35			
严重狭窄		25(71.4)	25(71.4)	28(80.0)
非严重狭窄		10(28.6)	10(28.6)	7(20.0)
单纯 OA 组	40			
严重狭窄		8(20.0)	13(32.5)	12(30.0)
非严重狭窄		32(80.0)	27(67.5)	28(70.0)

3 讨论

膝关节 OA 是一种退行性疾病,由于关节软骨炎症、退化,软骨下骨的反应性增生,而形成骨赘。众多学者对 OA 患者的髁间窝进行了研究,Shepstone 等[14]发现,健康人髁间窝内侧壁向内凹陷,而 OA 患者内侧壁比较直甚至向外凸出,这种形态差异可能会减小髁间窝宽度。Wada 等[1]在 32 例全膝关节置换的患者和 54 具尸体标本上对髁间窝行解剖学研究,发现 OA 患者髁间窝内由于骨赘的增生可出现髁间窝狭窄,OA 越严重,骨赘越多,髁间窝狭窄程度越重,分级为Ⅲ、Ⅳ级的 OA 明显比Ⅰ级的患者 NWI 小很多。León 等[2]发现 OA 患者可出现各种类型的骨赘增生,OA 越严重增生越明显,这种增生必然会减小髁间窝宽度,形成髁间窝狭窄,导致 NWI 减小。



A、B、C 分别为 NWI-1、NWI-2、NWI-A 的 ROC 曲线

图 2 各组患者不同层面 NWI 的 ROC 曲线分析

关于髁间窝形状,多数学者把髁间窝分成了A、U、W三型。Anderson等[4]对CT图像研究发现U型的髁间窝不易发生狭窄,van-Eck等[15]在关节镜下发现A型的髁间窝宽度整体上比U型小。Sutton等[16]发现髁间窝分型与性别有关,女性的髁间窝宽度比男性小,且A型较多,说明A型髁间窝容易狭窄。Al-Saeed等[8]研究MRI图像时发现A型髁间窝较窄,且髁间窝形状是ACL损伤的一个危险因素,A型易发生ACL损伤。本研究发现OA合并ACL损伤患者A型所占比例明显高于单纯OA患者,说明在OA患者中,A型的髁间窝也容易出现ACL损伤。

近年来ACL损伤的发病率逐渐升高,在运动员及军人中尤为常见[17]。大量研究证实髁间窝狭窄是ACL损伤的独立危险因素,ACL损伤患者的NWI比健康人小[3,18-22],且左右双侧ACL损伤的患者NWI比单侧损伤的患者更小[5,7]。其中Hoteya等[7]选取了ACL股骨止点层面的NWI-A与其后层面的NWI-P进行测量,发现ACL损伤组的NWI-A、NWI-P均比健康人小,但我们认为NWI-P层面无ACL走形,因此对ACL损伤的指导意义不大,所以只选取了NWI-A层面。对于髁间窝狭窄导致ACL损伤的原因,可能与髁间窝狭窄患者的ACL横截面积较小、强度较弱,生物学性能较差,易发生损伤有关[23-24];也可能与在膝关节运动时ACL与狭窄的髁间窝发生碰撞,产生磨损,导致ACL损伤有关[25]。León等[2]发现OA患者可出现各种类型的骨赘增生,导致不同部位的髁间窝撞击,当髁间窝顶增生时可出现ACL前部撞击,当髁间窝出口处增生时可出现ACL中部撞击,当顶部和出口都增生时,ACL前部和中部都会出现撞击,而髁间窝严重狭窄的Ⅳ级OA,髁间窝内大部增生,会出现ACL大部的挤压变形,这种长时间的髁间窝撞击会造成ACL不可逆性损伤。X线片和CT图像研究发现,在OA合并ACL损伤患者的髁间窝宽度、角度和面积均比单纯OA患者小,OA合并ACL断裂缺失的患者的以上指标更小[26]。解剖学研究发现OA患者中可出现大量的ACL损伤,且ACL损伤程度越重,NWI越小[1]。分子生物学研究发现狭窄的髁间窝磨损ACL,可使磨损区域的金属基质蛋白酶活性增高,胶原及硫酸化糖胺聚糖降解增加,从而使ACL造成不可逆性破坏[27]。Stein等[6]对160例不同严重程度的OA患者行MRI评估发现,合并ACL损伤患者的轴位和冠状位NWI均明显小于单纯OA患者。也有大量研究发现年轻人ACL损伤,最终会导致OA的形成,主要原因是ACL损伤后关节不稳,进而改变局部生物力学,会破坏关节软骨,产生关节炎症,导致骨赘增生,骨赘增生后会进一步加重关节磨损,最终导致OA[28-29]。即使在ACL损伤后进行重建仍不能有效阻止OA的发生[30-31]。OA患者由于骨赘的增生,引起髁间窝狭窄,可以诱发ACL损伤,而ACL损伤后由于局部生物力学改变导致的软骨退变又可加重OA,鉴于ACL损伤与OA的这种相互关系,对髁间窝狭窄的OA患者提前采取预防、治疗措施,对防止ACL损伤并发症的出现及缓解OA病程的进展至关重要。

对不同层面NWI髁间窝狭窄界值的确定,Anderson等[4]提出以X线片NWI<0.20为依据,Hoteya等[7]提出以MRI图像冠状位ACL股骨止点处NWI-A<0.25为依据,但作者均未提出界值具体的制定标准,且关于OA患者髁间窝狭窄的研究较少,尚未提出明确界值。本研究以ROC曲线最佳界值为标准,确定了OA患者轴位NWI-1<0.263、冠状位NWI-2<0.248、ACL股骨止点位NWI-A<0.254的髁间窝狭窄界值,为OA患者髁间窝狭窄的确定提供了参考依据。对髁间窝狭窄的OA患者采取定时体检、及时提供防治建议、减轻体质量、减少关节负重、限制运动、应用软骨保护剂(如关节腔内注射玻璃酸钠或口服硫酸氨基葡萄糖)等措施有助于ACL损伤的预防。

综上所述,OA患者的ACL损伤与其髁间窝狭窄程度相关,合并ACL损伤的OA患者明显比单纯OA患者髁间窝狭窄,且A型较多。结合我们之前的研究可以得出结论:髁间窝狭窄可能是OA患者发生ACL损伤的危险因素[32-34]。对髁间窝不同层面NWI小于界值的髁间窝狭窄患者及时提供防治措施对OA患者ACL损伤的发生起到一定的预防作用。但由于本研究病例仅来自于一家医院,取材范围较窄,样本量不够大,因此,相关结论尤其是界值的确定,需要多中心、大样本研究进一步证实。

参考文献:

[1] Wada M, Tatsuo H, Baba H, *et al*. Femoral intercondylar notch measurements in osteoarthritic knees[J]. Rheumatology (Oxford), 1999, 38(6): 554-558.

[2] León H O, Blanco C E, Guthrie T B, *et al*. Intercondylar notch stenosis in degenerative arthritis of the knee[J].

Arthroscopy, 2005, 21(3): 294 - 302.

[3] Domzalski M, Grzelak P, Gabos P. Risk factors for Anterior Cruciate Ligament injury in skeletally immature patients: analysis of intercondylar notch width using Magnetic Resonance Imaging[J]. Int Orthop, 2010, 34(5): 703 - 707. DOI: 10.1007/s00264-010-0987-7

[4] Anderson A F, Lipscomb A B, Liudahl K J, *et al*. Analysis of the intercondylar notch by computed tomography[J]. Am J Sports Med, 1987, 15(6): 547 - 552.

[5] Souryal T O, Moore H A, Evans J P. Bilaterality in anterior cruciate ligament injuries: associated intercondylar notch stenosis[J]. Am J Sports Med, 1988, 16(5): 449 - 454.

[6] Stein V, Li L, Guermazi A, *et al*. The relation of femoral notch stenosis to ACL tears in persons with knee osteoarthritis [J]. Osteoarthritis Cartilage, 2010, 18(2): 192 - 199. DOI: 10.1016/j.joca.2009.09.006

[7] Hoteya K, Kato Y, Motojima S, *et al*. Association between intercondylar notch narrowing and bilateral anterior cruciate ligament injuries in athletes[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2011, 131(3): 371 - 376. DOI: 10.1007/s00402-010-1254-5

[8] Al-Saeed O, Brown M, Athyal R, *et al*. Association of femoral intercondylar notch morphology, width index and the risk of anterior cruciate ligament injury[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2013, 21(3): 678 - 682. DOI: 10.1007/s00167-012-2038-y

[9] 中华医学会风湿病学分会. 骨关节炎诊断及治疗指南[J]. 中华风湿病学杂志, 2010, 14(6): 416 - 419. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1007-7480.2010.06.024

[10] Kellgren J H, Lawrence J S. Radiological assessment of osteo-arthrosis[J]. Ann Rheum Dis, 1957 16(4): 494 - 502.

[11] Kim H J, Lee J Y, Kim T J, *et al*. Association between serum vitamin D status and health-related quality of life (HRQOL) in an older Korean population with radiographic knee osteoarthritis: data from the Korean national health and nutrition examination survey (2010 - 2011)[J]. Health Qual Life Outcomes, 2015, 13: 48. DOI: 10.1186/s12955-015-0245-1

[12] 中华中医药学会. 膝关节交叉韧带损伤[J]. 风湿病与关节炎, 2013, 2(5): 78 - 80.

[13] 廖云, 孙仁权, 廖国栋. MRI 多征象分析在膝关节前交叉韧带损伤诊断中的临床应用价值分析[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2015, 13(6): 101 - 103. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2015.06.032

[14] Shepstone L, Rogers J, Kirwan J R, *et al*. Shape of the intercondylar notch of the human femur: a comparison of osteoarthritic and non-osteoarthritic bones from a skeletal sample[J]. Ann Rheum Dis, 2001, 60(10): 968 - 973.

[15] van-Eck C F, Martins C A, Vyas S M, *et al*. Femoral intercondylar notch shape and dimensions in ACL-injured patients[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2010, 18(9): 1257 - 1262. DOI: 10.1007/s00167-010-1135-z

[16] Sutton K M, Bullock J M. Anterior cruciate ligament rupture: differences between males and females[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2013, 21(1): 41 - 50. DOI: 10.5435/JAAOS-21-01-41

[17] 谢峰, 吕慈, 黄昌林, 等. 陆地军训所致膝关节前交叉韧带损伤的伤情特点及诊疗效果分析[J]. 第三军医大学学报, 2015, 37(13): 1373 - 1376. DOI: 10.16016/j.1000-5404.201411031

[18] Keays S L, Keays R, Newcombe P A. Femoral intercondylar notch width size: a comparison between siblings with and without anterior cruciate ligament injuries[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2016, 24(3): 672 - 679. DOI: 10.1007/s00167-014-3491-6

[19] Sonnery-Cottet B, Archbold P, Cucurulo T, *et al*. The influence of the tibial slope and the size of the intercondylar notch on rupture of the anterior cruciate ligament[J]. J Bone Joint Surg Br, 2011, 93(11): 1475 - 1478. DOI: 10.1302/0301-620X.93B11.26905

[20] Park J S, Nam D C, Kim D H, *et al*. Measurement of Knee Morphometrics Using MRI: A Comparative Study between ACL-Injured and Non-Injured Knees[J]. Knee Surg Relat Res, 2012, 24(3): 180 - 185. DOI: 10.5792/ksrr.2012.24.3.180

[21] Ireland M L, Ballantyne B T, Little K, *et al*. A radiographic analysis of the relationship between the size and shape of the intercondylar notch and anterior cruciate ligament injury[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2001, 9(4): 200 - 205.

[22] Souryal T O, Freeman T R. Intercondylar notch size and anterior cruciate ligament injuries in athletes. A prospective study[J]. Am J Sports Med, 1993, 21(4): 535 - 539.

[23] Stijak L, Bumbasirevic M, Kadija M, *et al*. Morphometric parameters as risk factors for anterior cruciate ligament injuries-a MRI case-control study[J]. Vojnosanit Pregl, 2014, 71(3): 271 - 276.

[24] Dienst M, Schneider G, Altmeyer K, *et al*. Correlation of intercondylar notch cross sections to the ACL size: a high

resolution MR tomographic *in vivo* analysis[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2007, 127(4): 253 – 260. DOI: 10.1007/s00402-006-0177-7

[25] Everhart J S, Flanigan D C, Simon R A, *et al*. Association of noncontact anterior cruciate ligament injury with presence and thickness of a bony ridge on the anteromedial aspect of the femoral intercondylar notch[J]. Am J Sports Med, 2010, 38(8): 1667 – 1673. DOI: 10.1177/0363546510367424

[26] Hernigou P, Garabedian J M. Intercondylar notch width and the risk for anterior cruciate ligament rupture in the osteoarthritic knee: evaluation by plain radiography and CT scan[J]. Knee, 2002, 9(4): 313 – 316.

[27] Comerford E J, Tarlton J F, Avery N C, *et al*. Distal femoral intercondylar notch dimensions and their relationship to composition and metabolism of the canine anterior cruciate ligament[J]. Osteoarthritis Cartilage, 2006, 14(3): 273 – 278. DOI: 10.1016/j.joca.2005.09.001

[28] Simon D, Mascarenhas R, Saltzman B M, *et al*. The Relationship between Anterior Cruciate Ligament Injury and Osteoarthritis of the Knee[J]. Adv Orthop, 2015, 2015: 928301. DOI: 10.1155/2015/928301

[29] Svoboda S J. ACL injury and posttraumatic osteoarthritis[J]. Clin Sports Med, 2014, 33(4): 633 – 640. DOI: 10.1016/j.csm.2014.06.008

[30] Janssen R P, du-Mee A W, van-Valkenburg J V, *et al*. Anterior cruciate ligament reconstruction with 4-strand hamstring autograft and accelerated rehabilitation: a 10-year prospective study on clinical results, knee osteoarthritis and its predictors[J]. Knee Surgery Sports Traumatol Arthrosc, 2013, 21(9): 1977 – 1988. DOI: 10.1007/s00167-012-2234-9

[31] Barenius B, Ponzer S, Shalabi A, *et al*. Increased risk of osteoarthritis after anterior cruciate ligament reconstruction: a 14-year follow-up study of a randomized controlled trial[J]. Am J Sports Med, 2014, 42(5): 1049 – 1057. DOI: 10.1177/0363546514526139

[32] Chen C, Ma Y, Geng B, *et al*. Intercondylar Notch Stenosis of Knee Osteoarthritis and Relationship between Stenosis and Osteoarthritis Complicated with Anterior Cruciate Ligament Injury: A Study in MRI[J]. Medicine (Baltimore), 2016, 95(17): e3439. DOI: 10.1097/MD.0000000000003439

[33] 陈聪, 马愔花, 谭小义, 等. 骨性关节炎与髁间窝狭窄之间关系的研究[J]. 中国矫形外科杂志, 2016, 24(1): 73 – 78. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2016.01.15

[34] 陈聪, 马愔花, 谭小义, 等. 冠状位髁间窝宽度指数与骨关节炎的关系[J]. 南方医科大学学报, 2015, 35(10): 1384 – 1389. DOI: 10.3969/j.issn.1673-4254.2015.10.04

(**收稿**:2016-06-09;**修回**:2016-10-24)

(编辑 王 红)