论著

文章编号:1000-5404(2011)14-1514-04

人膝关节交叉韧带血供的显微解剖学研究

何 正,张祚勇,赵晓东,张 勇 (261021 山东 潍坊,解放军第89医院骨科研究所关节外科)

[摘要] **目的** 探讨人类膝关节交叉韧带血供系统的具体形态。**方法** 对12侧交叉韧带健康成人尸体膝关节进行肉眼和手术显微镜下解剖、组织学断层切片观察。**结果** 交叉韧带全段均可见血管纵行交错分布,血管口径呈节段性变化,血管口径(0.03±0.01)~(0.09±0.02)mm。交叉韧带间束中存在大量的血管及脂肪组织,其表面血管口径最大为(0.18±0.04)mm。**结论** 交叉韧带本身拥有足够充分的血供来源,存在自我修复的可能。

[关键词] 解剖学;交叉韧带间束;血供;交叉韧带
[中图法分类号] R322.12;R322.73;R323.72 [文献标志码] A

Microanatomy on blood supply system in human knee cruciate ligament

He Zheng, Zhang Zuoyong, Zhao Xiaodong, Zhang Yong (Departrment of Joint Surgery, Institute of Orthopaedics, No. 89 Hospital of PLA, Wei Fang, Shandong Province, 261021, China)

[**Abstract**] Objective To investigate the configuration of the blood supply system in human knee cruciate ligament. Methods Twelve cruciate ligaments derived from the knee joints of 6 healthy adult cadavers were observed under naked eyes, and then dissected and observed under a microscope. Three groups of anterior cruciate ligaments and posterior cruciate ligaments, randomly selected from the twelve cruciate ligaments, were observed through histotomy and HE staining. Results Blood vessels were found throughout the human knee cruciate ligaments, and the calibers of the blood vessels varied between 0.03±0.01 mm and 0.09±0.02 mm in different segments. Blood vessels and adipose tissues were abundantly found in the bands between the anterior cruciate ligaments and posterior cruciate ligaments, and the surface blood vessel calibers were not larger than 0.18±0.04 mm. Conclusion The human knee cruciate ligaments possess enough blood vessels to show promise in self repair.

[**Key words**] anatomy; intercruciate band; blood supply; cruciate ligament

Corresponding author: He Zheng, Tel: 86-536-8439408, E-mail: hezheng892@163.com

当前国内对于交叉韧带损伤治疗的临床工作重点集中在选择适当的移植材料和提高交叉韧带的稳定性、早期康复治疗上[1]。随着国内外学者对人及动物交叉韧带的功能解剖、生物力学特性及重建的交叉韧带血管再生情况、动物交叉韧带血供情况等进一步的研究,交叉韧带的自愈性进入了研究者们的视野。Lundborg等[2-3]在1978-1980年使用H示踪剂探讨狗和兔肌腱的营养机制,证实了屈肌腱本身有内在的愈合潜能。Robinson等[4]在兔模型上对前交叉韧带进行了剥除滑膜处理,证实了交叉韧带的血供至少部分来源于滑膜并认为滑液虽然有一定的营养作用,但仅依靠滑膜不能维持韧带的正常生理需要。Steinert等[5]通过对前交叉韧带(anterior cruciate ligament, ACL)祖细胞的免疫组化及分子生物学研究证实:ACL始终存在有限的再生能力。对于人类交叉韧带血供,目前国内外尚少见完整的阐述。本研究对6具人类新鲜尸体12侧膝关节进行了显微解剖观察,并针对交叉韧带进行分段组织学观察,试图通过对人类膝关节交叉韧带血供系统尤其是微小血供的观察,进行较为全面的描述,旨在为临床交叉韧带修复提供可靠有效的解剖学依据。

[通信作者] 何 正,电话:(0536)8439408,E-mail:hezheng892@163.com

1 材料与方法

1.1 新鲜成人下肢灌注标本

将经10%福尔马林固定的新鲜成人下肢标本7具(14侧膝关节,由解放军第89医院骨科研究所及潍坊医学院解剖教研室提供)从股动脉近侧插管,结扎股静脉及其他渗出点,灌注量以阻力较大不易注入为止,于2 d后再次灌注填充剂。

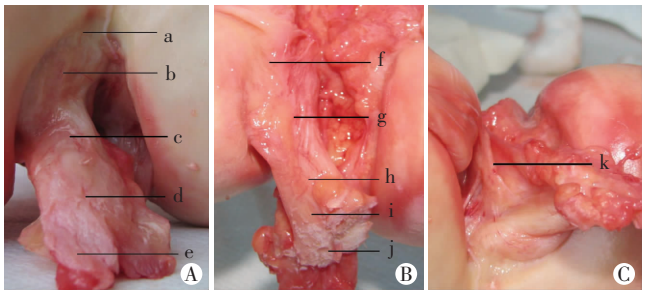
1.2 解剖学观测

在12侧成人下肢标本上,于直视及手术显微镜下(6~10

倍)解剖观测并记录 ACL 及后交叉韧带(posterior cruciate ligament, PCL)的形态特点和血供来源、血管口径。测量方法:用游标卡尺(0.02 mm)测量:①PCL 股骨骨-腱结合部血管口径,②PCL 表面中上部,③PCL 表面中下部,④PCL 股骨骨-腱结合部,⑤交叉韧带间束表面,⑥ACL 上止点骨腱结合部,⑦ACL 表面中下部,⑧ACL 胫骨骨-腱结合部,⑨髌下脂肪垫至 ACL 下止点表面。

1.3 组织学观察

分别对抽取的 3 侧膝关节的 3 组 ACL、PCL 各段取材(共计 10 段)分别行组织学切片 HE 染色观察。取材平面具体分段部位见图 1。



A:PCL 前面观(下止点已离断);B:ACL 后面观(下止点已离断);C:交叉韧带间束下面观

a:PCL 股骨上止点骨-腱结合部;b:PCL 中上段;c:PCL 中段交叉韧带交叉部分(交叉韧带间束覆盖部分中点);d:PCL 中下段;e:PCL 下止点骨-腱结合部;f:ACL 股骨上止点骨-腱结合部;g:ACL 中上段;h:ACL 中段交叉韧带交叉部分(交叉韧带间束覆盖部分中点);i:ACL 中下段;j:ACL 下止点骨-腱结合部;k:交叉韧带间束表面

图 1 成人下肢标本组织学取材部位

1.4 统计学分析

采用 SPSS 13.0 统计软件,数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较行配对 t 检验。

2 结果

2.1 肉眼下观察

交叉韧带外被滑膜,表面可见 3~5 支纵行血管走行,在交叉韧带间束平面,滑膜互相融合,血管分散并吻合;在交叉韧带骨-腱结合部存在由骨进入的大量血管。

2.2 光镜观察

①腘窝侧(后侧)腘动脉在后侧分出多支肌关节支与 5 支恒定关节支,其中关节支分别为膝上内侧动脉、膝上外侧动脉、膝下内侧动脉、膝下外侧动脉、膝中动脉。关节支在腘动脉分支中最粗大,数目也恒定,在膝关节后侧腘窝周围基本覆盖膝关节上、下 15 cm,互相融合,并与腘动脉发出的其他肌支与肌关节支在膝关节周围形成丰富的毛细血管网络,参与了膝关节周围全部血供。膝中动脉为唯一可见的腘窝区直接进入关节囊营养的血管,其他的关节支及肌支、肌关节支均为通过吻合间接参与膝关节内血供。

表 1 进入交叉韧带周围滑膜及交叉韧带内血管的口径测量 (mm, $\bar{x} \pm s$)

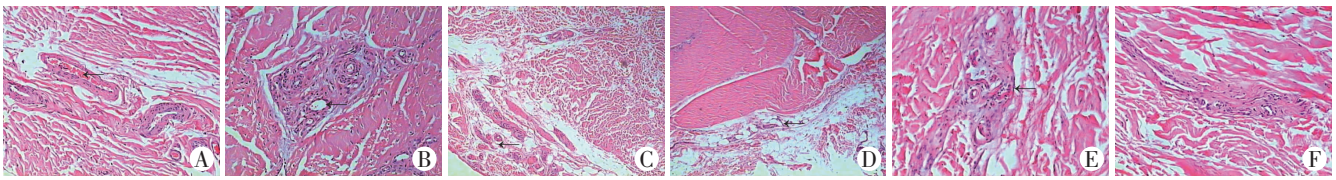
血管位置	口径
PCL 股骨骨-腱结合部血管口径	0.09 ± 0.02
PCL 表面中上部	0.05 ± 0.02
PCL 表面中下部	0.05 ± 0.02
PCL 胫骨骨-腱结合部	0.06 ± 0.01
交叉韧带间束表面	0.18 ± 0.04
ACL 上止点骨腱结合部	0.05 ± 0.01
ACL 表面中下部	0.03 ± 0.01
ACL 胫骨骨-腱结合部	0.08 ± 0.02
髌下脂肪垫至 ACL 下止点表面	0.06 ± 0.01

2.3 组织学观察

①交叉韧带各段均可见到明确的血管束走行,其间不乏互相交联,走行方式以纵行为主,在交叉韧带止点、起点两端血管束较为粗大并分布密集,自两端向中间渐行渐细,密度也相应降低,但在中段并未消失,在中段血管集中区口径与 b、d、g、i 段口径相若;韧带内血管束口径在同一平面并无特殊规律,在韧带中心部与外周血管口径无明显差异;②交叉韧带外被滑膜:各段均可见滑膜包绕,其间血管较韧带内部血管丰富密集,口径相应较大,在交叉韧带间束段,血管密度增加明显,周围可见大量脂肪组织包绕,血管束口径相应增大;滑膜组织与韧带本身未见到典型的"中间层",均为间质充填。见图 2。

2.4 交叉韧带血供系统的特点

从表 1,图 2 可以总结出交叉韧带血供系统的特点:①交叉韧带通过滑膜周围血管系统呈多支、多方向进入交叉韧带供血;②交叉韧带间束在交叉韧带血供系统中占重要地位,尤其对交叉韧带中部乏血管区起到了延续并加强血供的作用:韧带在中部通过交叉韧带间束滑膜对韧带的包绕及和韧带本身滑膜的相互融合、血管网之间的吻合进而获得了交叉韧带本身全段充足的血供;③韧带内血管、韧带周围包绕的滑膜血管与止点部位的松质骨之间存在大量的血管吻合,进而保证了韧带本身的血供来源;④交叉韧带本身拥有足够充分的血供来源,存在自我修复的可能。



A: a 段; B:f 段; C:c 段; D:h 段; E:d 段; F:i 段 ↑:典型血管

图 2 各段典型血管的前后交叉韧带的组织切片观察 (HE ×400)

2.5 临床观察

对于部分的临床未进行交叉韧带修复的病例,在关节镜的手术过程中可以发现ACL或PCL残端经常性直接愈合在保留完整的另一交叉韧带滑膜上(图3),其愈合不管是瘢痕还是纤维连接,强度是非常坚韧的,往往需要切除或者咬除才能将残端从愈合的位置分离,尽管临床往往考虑这一愈合是由于瘢痕或者交叉韧带间束的移行变化造成,但至少在某种角度直接证明了交叉韧带本身具有修复能力的事实。

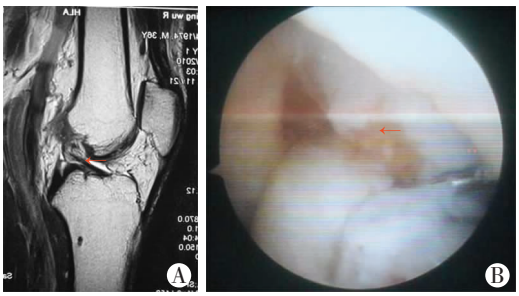


图3 ACL上止点陈旧损伤异常附着MRI(A)及关节镜(B)表现 (无临床症状,↑:交叉韧带间束)

3 讨论

3.1 交叉韧带损伤修复的现状

随着临床各类手术修复技巧、人工肌腱或肌腱替代物、组织工程产品的大量涌现,当前国内研究热点集中在重建的交叉韧带愈合机制、本体感受器是否能通过反复的训练和残存的感受器移行重新分化构成,目前尚无统一观点。但无论重建术对本体感觉恢复促进与否,考虑到重建术本体感觉恢复所需的较长时间,如能对交叉韧带直接进行修复,对其本体感觉的早期恢复,早期的功能活动及最大限度的远期疗效、最小的并发症、发病率必然有极为积极的意义。当代学者越来越意识到交叉韧带的本体感觉系统是重建物无法替代的,而交叉韧带的血供对其愈合有决定性作用,故而越来越多的人开始关注交叉韧带修复的影响因素,其中的焦点是交叉韧带的血供系统及再生能力。在组织工程学的近期研究中,Haddad-Weber等[6]于2010年用腺病毒标记的骨形态发生蛋白12和13追踪未分化的间质细胞和前交叉韧带纤维原细胞,发现这两类细胞均存在分化为韧带的能力。Steinert等[5]于2011年报道通过对ACL祖细胞的免疫组化及分子生物学研究证实:ACL始终存在有限的再生能力。这为交叉韧带进行修复提供了分子生物学的理论基础。但目前国内外尚少见针对交叉韧带进行修复成功的典型文献报道。本研究旨在为交叉韧带的修复提供宏观的解剖学依据。

3.2 交叉韧带自身愈合的可能方式

交叉韧带的营养来源为多源性、多方式、多途径的[7-10]。正常情况下,以来自腘动脉的膝上动脉、膝中动脉、膝下动脉及膝降动脉通过穿越关节囊的各属支血液供应,其中以膝中动脉的血管供应最为直接;同时大部分滑膜本身存在大量的血管与交叉韧带本身交通。滑液本身也同样存在渗透与交换。ACL与PCL之间有类似脂肪样的组织相连,新鲜标本上呈黄色。Morgan等[11]1999年报道了这一结构,由胶原纤维构成,称之为交叉韧带间束(intercruciate band,依据其位置和形态,国内有学者称之为交叉韧带憩室,本研究按发现者Morgan定义直译称之为交叉韧带间束),并认为交叉韧带间束的存在可进一步避免或缓冲ACL与PCL相互撞击,且两者相互供血,有利于改善循环。本实验结果显示,认为交叉韧带间束在联系ACL、PCL之间的血供营养系统以及早期的交叉韧带损伤中起到移行并修复、加强交叉韧带的重要作用。

3.3 交叉韧带愈合的研究现状

虽然目前国内外学者针对交叉韧带的修复机制进行了大量的实验室研究,但对其血供模式在修复中所起的作用仍不清楚[12-14]。目前公认韧带具有强大的再生能力:主要依靠包绕在韧带外面以及伸入到韧带内各级疏松结缔组织中的成纤维细胞,它们再生并分泌胶原形成胶原束,同时,成纤维细胞顺着增生的胶原纤维排列,在韧带断裂面处同样经过而使断端联接[15]。对于腱细胞本身是否参与修复过程,尚有争议[16-17]。交叉韧带属于一种特殊的韧带,除了本身的感受器和特定的功能外,其所处的周围滑液环境也使得其修复存在多种因素影响。损伤后可以在韧带组织中检测出明显的起始于软组织的血管反应,而韧带周围包裹的滑膜组织也可以在关节镜或者肉眼直视下观察到周围血肿,如果这些组织或者血肿在治疗中被清除,韧带内血管反应将减少或延迟,这表明软组织以及韧带血管反应是非常重要的。对于交叉韧带的修复来说,尽管它与一般肌腱相比较在组织学上无显著差异,但由于处于关节内滑液包绕,使得交叉韧带在损伤后的修复受到多方面的因素影响:一方面,由于损伤后滑液稀释血肿,阻止了纤维血块的形成和阻断了修复机制的进行;另一方面,滑液本身存在的吞噬和消化功能,使得交叉韧带修复机制所必需的多个环节被阻断[8]。同时。交叉韧带的滑膜皱襞在运动中的动力学性质阻止了这些纤维的自发结合,当然,交叉韧带本

身撕脱后局部滑膜及韧带本身外伤后炎性渗出导致的炎性细胞大量进入关节内,使得断端局部的愈合与消化进程同时增速,在一定程度上也影响了交叉韧带本身的愈合。

本研究发现交叉韧带自身的血供是经由"骨-韧带-滑膜"途径获得。韧带两端充足的血运,并通过关节内交叉韧带间束滑膜对韧带的包绕及韧带本身滑膜的相互融合,使交叉韧带中段乏血管区血供得到了延续和加强。

3.4 交叉韧带自身修复在临床上的特例

在临床上存在部分患者在膝关节交叉韧带非器质性损伤或部分器质性损伤后未行手术或单纯保守治疗后,膝关节功能恢复满意,这在某些方面甚至比手术重建交叉韧带的患者功能恢复满意。这部分病例往往是早期的受伤史导致了ACL或者PCL的陈旧损伤,但始终没有不适主诉,一般都是膝关节新的创伤使得他们进入了医师的视野,在临床的检查及MRI或者手术中发现交叉韧带的陈旧性损伤。2009年Grote等[18]报道了1例陈旧性前交叉韧带损伤(伤后21周)而不愿接受手术重建病例。该患者利用增生疗法,由髌旁入路进行关节内注射增生液治疗并配合院外康复训练,经MRI在治疗前后对比检查,证实其ACL获得了完全的愈合、患者得到完整的膝关节功能恢复。在某种程度上可以如此认为:陈旧性的愈合于健康交叉韧带滑膜上的ACL或PCL,其本体感觉尚存,因而膝关节其余的本体感觉装置仍然通过代偿获得了膝关节的满意功能。ACL先天性缺失的病患无任何症状的情况,原因与之类似。这或许可以让大家的视野更多地投向交叉韧带本身的修复方面。由于取材的限制,目前文献尚缺乏对于陈旧性交叉韧带直接愈合于残端的组织学检查及相关数据。

参考文献:

[1] 徐琦, 杨柳, 郭林, 等. 关节镜下同种异体骨-髌腱-骨重建前交叉韧带的临床疗效[J]. 第三军医大学学报,2009, 31(5): 441-443.

[2] Lundborg G, Rank F. Experimental studies on cellular mechanisms involved in healing of animal and human flexor tendon in synovial environment[J]. Hand, 1980, 12(1): 3-11.

[3] Lundborg G, Rank F. Experimental intrinsic healing of flexor tendons based upon synovial fluid nutrition[J]. J Hand Surg Am, 1978, 3(1): 21-31.

[4] Robinson D, Halperin N, Nevo Z. Devascularization of the anterior cruciate ligament by synovial stripping in rabbits. An experimental model[J]. Acta Orthop Scand, 1992, 63(5): 502-506.

[5] Steinert A F, Kunz M, Prager P, *et al*. Mesenchymal stem cell characteristics of human anterior cruciate ligament outgrowth cells[J]. Tissue Eng Part A, 2011, 17(9/10): 1375-1388.

[6] Haddad-Weber M, Prager P, Kunz M, *et al*. BMP12 and BMP13 gene transfer induce ligamentogenic differentiation in mesenchymal progenitor and anterior cruciate ligament cells[J]. Cytotherapy, 2010, 12(4): 505-513.

[7] Csizy M, Friederich N F. Bone canal site in surgical reconstruction of the anterior cruciate ligament. Position--placement errors--anatomic measurement[J]. Orthopade, 2002, 31(8): 741-750.

[8] Murray M M, Spector M. The migration of cells from the ruptured human anterior cruciate ligament into collagen-glycosaminoglycan regeneration templates *in vitro*[J]. Biomaterials, 2001, 22(17): 2393-2402.

[9] Good L, Gillquist J. The value of intraoperative isometry measurements in anterior cruciate ligament reconstruction: an *in vivo* correlation between substitute tension and length change[J]. Arthroscopy, 1993, 9(5): 525-532.

[10] Kanamori A, Zeminski J, Rudy T W, *et al*. The effect of axial tibial torque on the function of the anterior cruciate ligament: a biomechanical study of a simulated pivot shift test[J]. Arthroscopy, 2002. 18(4): 394-398.

[11] Morgan-Jones R I, Cross M J. The intercruciate band of the human knee. An anatomical and histological study[J]. J Bone Joint Surg Br, 1999, 81(6): 991-994.

[12] Lawhorn K W, Maj A F, Howell S M. Correct placement of tibial and femoral tunnels for anterior cruciate ligament reconstruction using the transtibial technique[J]. Tech Knee Surg, 2003, 2(1): 43-52.

[13] Howell S M, Barad S J. Knee extension and its relationship to the slope of the intercondylar roof. Implications for positioning the tibial tunnel in anterior cruciate ligament reconstructions[J]. Am J Sports Med, l995, 23(3): 288-294.

[14] Markolf K L, Feeley B T, Tejwani S G, *et al*. Changes in knee laxity and ligament force after sectioning the posteromedial bundle of the posterior cruciate ligament[J]. Arthroscopy, 2006, 22(10): 1100-1106.

[15] Aglietti P, Giron F, Buzzi R, *et al*. Anterior cruciate ligament reconstruction: bone-patellar tendon-bone compared with double semitendinosus and gracilis tendon grafts. A prospective, randomized clinical trial[J]. J Bone Joint Surg Am, 2004, 86-A(10): 2143-2155.

[16] Nau T, Lavoie P, Duval N. A new generation of artificial ligaments in reconstruction of the anterior cruciate ligament. Two-year follow-up of a randomised trial[J]. J Bone Joint Surg Br, 2002, 84(3): 356-360.

[17] Ge Z, Goh J C, Wang L, *et al*. Characterization of knitted polymeric scaffolds for potential use in ligament tissue engineering[J]. J Biomater Sci Polym Ed, 2005, 16(9): 1179-1192.

[18] Grote W, Delucia R, Waxman R, *et al*. Repair of a complete anterior cruciate tear using prolotherapy: a case report[J]. Int Musculoskelet Med, 2009, 31(4): 159-165.

(收稿:2011-01-17;修回:2011-03-08)

(编辑 龙 亮)