



MRI 评估前交叉韧带重建术后腱骨愈合情况的研究

李宏云, 李宏, 陈疾忤*, 陈世益

摘要: 目的: 采用自体四股腘绳肌重建前交叉韧带 (Anterior Cruciate Ligament, ACL) 术后腱骨愈合程度与临床疗效的相关性研究目前报导较少。本研究的目的是明确自体四股腘绳肌重建 ACL 术后腱骨愈合程度与临床膝关节功能评分之间是否存在相关性。方法: 前瞻性研究我院在 2013 年 4 月至 2014 年 4 月, 30 例采用自体四股腘绳肌重建 ACL 术后腱骨愈合程度及临床功能评分情况。所有患者在术后 3、6、12 个月分别进行 Tegner、Lysholm、国际膝关节功能委员会评分 (International Knee Documentation Committee, IKDC) 主观评分以及 KT-1000 检查, 同时进行 MRI 检查, 评估腱骨愈合情况。根据 MRI 表现将腱骨愈合程度由高向低分为 5 级, 对不同时间点的腱骨愈合程度进行评分。结果: 所有患者术后 Tegner、Lysholm、IKDC 评分随着时间推移逐渐改善, 腱骨愈合程度也逐渐增高; 腱骨愈合程度的高低与患者临床功能评分有明显相关性。结论: 随着时间的推移, 自体四股腘绳肌重建 ACL 术后腱骨愈合程度逐渐提高, 临床功能评分逐渐改善, 腱骨愈合水平与临床膝关节功能评分之间存在明显相关性。

关键词: 前交叉韧带; 损伤; 重建; 腱骨愈合; 功能评分

中图分类号: G804.5 文献标志码: A 文章编号: 1006-1207(2017)01-0063-05

Evaluating the Tendon Bone Healing by MRI after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

LI Hongyun, LI Hong, CHEN Jiwu*, CHEN Shiyi

(Sports Medicine center of Fudan University, Department of Sports Medicine and Arthroscopy Surgery, Huashan Hospital Affli Fudan University, Shanghai, 200040, China)

Abstract: The correlation between tendon bone healing and the clinical functional scores after anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction using four stranded hamstring has rarely been reported. The purpose of this study is to determine the correlation between tendon bone healing and clinical functional scores after ACL reconstruction using four stranded hamstring. Method: Thirty patients with ACL reconstruction using four strands hamstring were included in this prospective study in our hospital from April 2013 to April 2014. All the patients were evaluated by Tegner, Lysholm, International Knee Documentation Committee (IKDC) objective score and KT-1000 and received MRI examination in the 3rd, 6th and 12th month after the operation respectively. According to MRI, the healing degree of tendon bone was divided into 5 grades, and the healing degree of the tendon at different time points was also evaluated. Result: The Tegner, Lysholm, IKDC scores of all the patients indicate gradual improvement. The degree of tendon bone healing is gradually increased. And the level of tendon bone healing is significantly correlated with the clinical functional scores. Conclusion: The tendon bone healing degree and clinical functional scores are gradually improved over time after ACL reconstruction. There is a significant correlation between the level of tendon bone healing and clinical functional scores of knee joint after the operation.

Key Words: anterior cruciate ligament; injury; reconstruction; tendon bone healing; functional score

膝关节前交叉韧带 (Anterior Cruciate Ligament, ACL) 损伤是临床常见的严重运动损伤。ACL 具有限制胫骨向前过度移动的重要功能, 其损伤后可发生膝关节前向不稳定, 从而造成患者运动能力显著下降, 影响其日常生活, 并可继发软骨损伤和骨关节炎。ACL 损伤患者绝大多数为年轻人, 其中大部分患者在 ACL 损伤后 10~20 年即发生严重的膝关节骨关节炎。ACL 损伤后无法自愈, 往往需要

手术重建。有研究显示, 目前 90% 的 ACL 损伤患者接受了手术治疗, 并获得了良好的手术效果^[1]。术后随访观察是全面评价 ACL 重建效果的一个重要组成部分, 同时, 也能指导患者康复进程, 判断患者功能恢复情况以及恢复运动的时间。过早恢复运动和不恰当的康复训练可导致移植物松弛、再断裂, 直接导致手术失败。因此, 术后动态观察移植物愈合情况以及关节内其他重要组织结构的变化情况,

收稿日期: 2016-09-15

基金项目: 上海市体育局 2015 年科技综合计划项目 (Z006)。

第一作者简介: 李宏云, 男, 主治医师。主要研究方向: 运动创伤与治疗。E-mail: lieaon@126.com。

* 通讯作者简介: 陈疾忤, 男, 副主任医师。主要研究方向: 运动创伤与治疗。E-mail: jeevechen@gmail.com。

作者单位: 复旦大学运动医学中心 附属华山医院运动医学与关节镜外科, 上海 200040



是手术最终获得成功、患者重返体育运动的重要保证。

目前大部分临床医师评估 ACL 重建术的手术疗效,一般从两方面进行:一是病人主观感觉,二是膝关节稳定性测试。这些检查及评分方法缺乏客观、统一的标准,同时灵敏度、特异度均不高,不能及时反映 ACL 重建术后关节内的变化情况,不利于指导患者的康复及运动恢复。

最近的研究认为,采取合适的扫描序列时,MRI 可以很好地评价移植物的完整性、腓骨愈合的情况、移植物韧带化情况以及是否出现了部分受损、断裂以及其他并发症(如:纤维化、腱鞘瘤等),能够为 ACL 重建术后随访及恢复运动提供重要依据^[2-7]。

我们认为,术后连续的 MRI 随访,除了能观察移植物的病理变化进程,还可为临床提供移植物的完整性的客观依据,预测关节稳定性以及可能的并发症。采用适当的序列,结合多种扫描技术,可以提高 MRI 诊断 ACL 移植物腓骨愈合情况的准确性。

本研究拟通过 ACL 重建术后患者临床体检及 MRI 检查,总结出 ACL 重建术后膝关节 MRI 中腓骨愈合的变化规律,为 ACL 重建术后随访及恢复运动提供重要依据及理论指导。

1 材料与方法

1.1 对象选择和资料收集

前瞻性研究 2013 年 4 月—2014 年 4 月在我院行膝关节前交叉韧带重建手术的患者,入选标准:(1)年龄在 16~60 岁之间的患者;(2)临床体检及 MRI 检查确诊为单侧膝关节前交叉韧带损伤,拟行前交叉韧带重建术;(3)手术中同时进行半月板缝合和成形术可纳入研究;(4)无 III 度以上骨软骨损伤;(5)初次发生前交叉韧带损伤患者;(6)采用自体四股腓绳肌重建前交叉韧带的患者。

排除标准:(1)膝关节其他手术史;(2)伴随膝关节骨折;(3)伴随后交叉韧带损伤及内外侧副韧带损伤。

评价方法:术后 3、6、12 个月时分别对入选患者行 MRI 检查,并采用 KT-1000 检查患者膝关节胫骨前移度,并采用 Lysholm、国际膝关节功能委员会评分(International Knee Documentation Committee, IKDC)、Tegner 评分对入选患者进行膝关节功能评分。

1.2 手术方法与术后康复

患者入选前签署知情同意书。由同一名高年资医生完成所有手术,所有患者取同侧自体半腱肌与股薄肌作为移植物,对折编织成长度为 10 cm,直径 7~8 mm 的移植物备用。采用解剖点定位法分别制作股骨和胫骨隧道,自胫骨侧骨隧道外口引入移植物,股骨侧采用 Endobutton (Smith-Nephew 公司,美国)固定,胫骨侧采用 Bio-Intrafix (Mitek 公司,美国)固定。如果发现伴随有半月板损伤,同时行半月板成形或缝合术。记录手术情况及术中发现。

术后 2 周内扶拐不负重行走,6 周内部分负重,6 周后弃拐行走,6 月后逐步恢复骑车、慢跑等活动,12 月后逐步恢复正常体育活动。

1.3 MRI 检测

采用 3.0-T MR 扫描仪 (MAGNETOM Verio, A Tim system, Siemens, 德国)进行扫描。受试者处于仰卧位,接受检测的膝关节处于放松伸直位。分别扫描膝关节的轴位、冠状位以及矢状位图像。扫描系列:快速自选回波,扫描参数:TR/TE 5730/24 ms,矩阵:256×230;视野 15×15 cm,层厚 3.0 mm;三维双回波稳态 (Three-Dimensional Dual-echo Steady-state, 3D-DESS),扫描参数:TR/TE 14.1/5 ms,矩阵:256×230;视野 15×15 cm,层厚 0.6 mm。在 3D-DESS 图像上分析腓骨愈合程度。由于腓骨结合界面为一细长条状区域,较难采用定量的方法进行信号度的测量,因此采用分级方法进行测量(图 1),按照信号强度分为 5 个等级:(1)与髌腱相同;(2)大于髌腱小于肌肉;(3)与肌肉相同;(4)大于肌肉小于积液;(5)与积液相同^[3]。信号强度越低、等级越低、腓骨愈合程度越高^[3]。由同一位医生(第一作者)对每个数值重复测量 3 次,每次测量间隔最少 1 周,以消除记忆因素导致的测量倚倚。取 3 次测量结果的平均值进行统计分析,并根据 3 次测量结果来计算观察者内部的可信度。另一位医生(第二作者)随机选取任一时间点的 30 名患者 MRI 数据进行测量,根据 2 位医生的测量结果来计算观察者之间的可信度。



注:白色箭头指向腓骨结合部位

图 1 MRI 评估胫骨与股骨侧骨髓道腓骨愈合情况
Figure 1 Using MRI to Evaluate the Healing of Shin Bone and Lateral Femoral Bone Marrow Tendon Bone

1.4 统计分析

采用重复测量数据的方差分析对手术后 3、6、12 月的各项功能评分以及 KT1000 测量结果进行统计分析,采用多相关样本的非参数检验 (Friedman 检验)对腓骨愈合程度进行统计分析。以 Spearman 相关分析对腓骨愈合程度和不同因素 (IKDC, Lysholm, Tegner 评分以及 KT1000 测量结果)之间的相关性。观察者内部和观察者之间的可信度采用组内相关系数 (Intraclass Correlation Coefficient, ICC)进行表示,ICC < 0.4 表示可信度较低,ICC 在 0.4~0.7 之间表示可信度中等,ICC > 0.7 表示可信度较高。以 SPSS 19.0 统计软件统计各检查结果数据,以 P < 0.05 为有统计学意义,分析并得出结论。



2 结果

共 30 例患者入选,其中男性 26 例,女性 4 例,左侧 14 名,右侧 16 名,年龄(23.5±3.42)岁,范围为 18~48 岁,身高(173.8±8.30) cm,范围为 158~182 cm,体重(74.4±9.79) kg,范围为 51~85 kg,术后随访时间(12.2±0.91)月,范围为 12~13 月。

MRI 客观评价方法的观察者内部 ICC 为 0.842,观察者间 ICC 为 0.856,表明采用 MRI 来评价腱骨结合部位的愈合程度具有较高的可信度,可以进行推广。

在术后 3、6、12 个月,各项膝关节功能评分逐渐提高,差异具有统计学意义(表 1),KT1000 测试在术后各时间点未见明显差异(表 1)。另外,在术后 3、6、12 个月,隧道内腱骨结合部界面的 MRI 评分逐渐下降,差异具有统计学意义(表 2),表明腱骨愈合情况逐渐改善。同时我们也发现,在相同的时间点,胫骨侧的腱骨界面评分显著低于股骨侧,表明胫骨侧的腱骨愈合情况要优于股骨侧(表 2)。

表 1 术后各时间点各项功能评分

Table I Evaluation Scores at the Different Time Points after the Operation

	术后 3 月	术后 6 月	术后 12 月
Tegner	2.7±1.2	3.3±1.2 [#]	5.4±1.8 ^{&}
Lysholm	34.4±9.3	36.2±10.7 [*]	48.1±10.6 ^{&}
IKDC	47.7±8.7	55.0±9.0 [*]	67.6±8.8 ^{&}
KT1000 (mm, 双侧差值)	1.0±0.8	1.2±0.7	0.9±0.7

注: #: P<0.05,与术后 3 月比较; *: P<0.01,与术后 3 月比较; &: P<0.01,与术后 6 月比较。

表 2 术后各时间点腱骨愈合评分

Table II Tendon Bone Healing Scores at the Different Time Points after the Operation

	术后 3 月	术后 6 月	术后 12 月
胫骨侧	3.0±0.5	2.5±0.5 [*]	2.1±0.3 ^{&}
股骨侧	3.5±0.4 [#]	3.0±0.5 ^{*#}	2.5±0.4 ^{&#}

注: *: P<0.01,与术后 3 月比较; &: P<0.01,与术后 6 月比较; #: P<0.01,与胫骨侧比较。

相关分析发现,术后 Tegner、Lysholm、IKDC 各项功能评分与腱骨结合部界面的 MRI 评分具有显著的负相关性(表 3)。表明腱骨结合部界面的 MRI 评分越低、腱骨愈合程度越高,各项功能评分越高,我们可以通过腱骨愈合界面的信号度来间接判断术后膝关节功能恢复情况。而术后 KT1000 检测与腱骨结合部界面的 MRI 评分无明显相关(表 3)。

表 3 术后各项评分与腱骨结合部界面的 MRI 评分的相关性分析

Table III Analysis of the Correlation between the Different Scores and the MRI Examination Scores of the Integration of Tendon Bone Surface

	胫骨侧 MRI 评分		股骨侧 MRI 评分	
	相关系数	P 值	相关系数	P 值
Tegner	-0.401	0.000	-0.334	0.000
Lysholm	-0.345	0.000	-0.376	0.000
IKDC	-0.502	0.000	-0.535	0.000
KT1000 (mm, 双侧差值)	0.046	0.626	0.043	0.647

3 讨论

由于取材方便、取材区并发症低、手术效果好,目前越来越多的医生选择自体四股半腱肌及股薄肌腱做为移植物重建前交叉韧带。但是,与骨-髌腱-骨相比,肌腱在骨隧道内的愈合能力较低,这也成为四股腓绳肌腱移植物的主要缺点之一。如果腱骨结合部位愈合不佳,将会影响移植物的稳定性,最终有可能导致重建手术失败^[8]。据统计,前交叉韧带重建术后,有 10% 的患者需要接受翻修手术^[9-11],在这些翻修病例中,很大一部分是由移植物的腱骨不愈合引起的^[12,13]。因此在 ACL 重建手术中,腱骨愈合程度越来越受到临床医生的重视^[8],如何精确判断腱骨愈合程度,是影响手术成功的重要因素之一。腱骨愈合发生在骨隧道内肌腱与骨质结合的部位,包括肌腱内骨质长入以及移植物重塑型两个部分^[14],整个愈合过程非常复杂,并受到多种因素影响。一般来说,腱骨愈合的过程分为炎症期、增生期、基质合成期以及基质重塑期^[14]。

采用体外组织学检测的方法可以精确、直观地了解腱骨愈合情况以及移植物成熟度。但是,对于 ACL 重建手术的患者,反复多次在人体体内取材做组织学检测显然并不现实。在以往的研究中,有学者采用 X 平片^[15,16]或 CT 扫描^[17]来评估 ACL 重建术后骨隧道扩大情况,从而间接了解腱骨愈合的情况。这些方法精确度不高,无法进行定量分析。作为一种无创的检查方式,MRI 具有精确度高、分辨率高、可以三维成像等优势。在 2000 年,Weiler A 等首次在动物实验中证实 MRI 可以用来评估移植物在隧道内的腱骨愈合情况^[6]。之后越来越多的学者开始采用 MRI 来定量分析前交叉韧带重建患者术后的腱骨愈合情况^[3, 8, 18]。但是,以往的研究往往将 MRI 应用于比较不同移植物的腱骨愈合情况^[8],或比较不同的手术方式对 ACL 重建术后腱骨愈合的影响^[18]。Biercevicz 等的研究发现,可通过 MRI 测量移植物大小和成熟度来间接评估患者 ACL 术后临床功能评分和运动水平^[19]。但是,目前仍无评估移植物的腱骨愈合情况与患者临床功能评分相关性的研究。

近年来,有临床医师强调 ACL 重建术后早期恢复活动及负重训练,可使患者尽快回到术前运动水平。但是,术后的康复训练应该与移植物愈合的情况相吻合,过早和不恰当的康复及恢复运动可能使移植物与股骨隧道的生物学愈合延迟并导致关节不稳,甚至导致手术失败。据报道,ACL 术后重返体育运动后仍然有 4%~23% 的失败率^[20,21]。因此,如何让患者在 ACL 重建术后安全地重返体育运动、ACL 重建术后何时重返体育运动、影响重返体育运动的因素一直是临床医生关注的问题。最近的一项 meta 分析研究发现,ACL 重建术后仅有 63% 的患者能够恢复术前的运动水平^[22],影响恢复运动的因素包括腱骨愈合程度、肌肉力量、关节稳定性、肢体协调性、神经肌肉控制以及心理因素等^[22]。目前用来评价重返体育运动的指标包括手术后的时间、膝关节客观测试以及患者主观评分等。但是,这些指标往往是一些间接评估手段,评估方法并不精确,敏感性不高,因此目前仍然缺乏足够精确、客观的评价手段来评价腱骨愈合程度及重返体育运动情况。



在我们的研究中,首次将腓骨愈合程度与患者临床功能评分相结合,了解腓骨愈合程度与临床功能评分之间的相关性。研究发现,在术后 3、6、12 月,随着时间的推移,腓骨愈合水平逐渐升高,而临床功能评分也逐渐改善,腓骨愈合度与临床功能评分之间具有明显相关性。由此,认为可以在术后通过定期监测 MRI 来了解 ACL 重建患者术后腓骨愈合的情况,并进一步判断患者膝关节功能恢复情况,为重返运动提供客观、精确、高灵敏度的依据。

以前的动物实验研究发现,ACL 重建后股骨侧的腓骨愈合情况要优于胫骨侧,这可能与胫骨和股骨两侧的骨质不同有关^[14,23]。但是,最近一篇临床研究却发现,在 ACL 重建术后的患者中,胫骨侧的腓骨愈合程度要优于股骨侧,这可能与胫骨侧有一定残端覆盖、膝关节屈伸时股骨侧活动大于胫骨侧有关^[3];而在动物实验中,大部分时候动物的膝关节均处于屈曲位,与人体实验有显著不同,因此有可能得出截然相反的结论^[3]。我们的研究中也发现,在相同的时间点,胫骨侧腓骨愈合情况要优于股骨侧,这与之前的临床研究结论相一致。在我们这一组随访病例中,胫骨侧均采用挤压螺钉固定,股骨侧均采用带褥钢板固定,移植物在胫骨侧骨隧道的微动要大于股骨侧,这可能是在本研究中股骨侧腓骨愈合程度要低于胫骨侧的原因之一。

通过以上研究,我们认为,ACL 重建术后的 MRI 评估不但有利于了解腓骨愈合情况,还有助于评估患者功能恢复情况,对患者重返运动具有较强的指导意义。

5 结论

随着时间的推移,自体四股腓绳肌重建 ACL 术后腓骨愈合程度逐渐提高,临床功能评分逐渐改善,腓骨愈合水平与临床膝关节功能评分之间存在明显相关性。

参考文献:

[1] Linko E., Harilainen A., Malmivaara A., et al. Surgical versus conservative interventions for anterior cruciate ligament ruptures in adults[J]. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2005, (2): CD001356.

[2] Yang X., Li M., Chen D., et al. Diffusion Tensor Imaging for Anatomical and Quantitative Evaluation of the Anterior Cruciate Ligament and ACL Grafts: A Preliminary Study[J]. *Journal of Computer Assisted Tomography*, 2014, 38(4): 489-494.

[3] Nakase J., Kitaoka K., Toratani T., et al. Grafted tendon healing in femoral and tibial tunnels after anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *Journal of Orthopaedic Surgery*, 2014, 22(1): 65-69.

[4] Ruprecht M., Jevtić V., Serša I., et al. Evaluation of the tibial tunnel after intraoperatively administered platelet-rich plasma gel during anterior cruciate ligament reconstruction using diffusion weighted and dynamic contrast-enhanced MRI[J]. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 2013, 37(4): 928-935.

[5] Li H., Tao H., Cho S., et al. Difference in graft maturity of the reconstructed anterior cruciate ligament 2 years postoperatively:

a comparison between autografts and allografts in young men using clinical and 3.0-T magnetic resonance imaging evaluation [J]. *American Journal of Sports Medicine*, 2012, 40(7): 1519-1526.

- [6] Weiler A., Peters G., Mquere J., et al. Biomechanical properties and vascularity of an anterior cruciate ligament graft can be predicted by contrast-enhanced magnetic resonance imaging[J]. *American Journal of Sports Medicine*, 2001, 29(6): 751-761.
- [7] Biercevicz A. M., Murray M. M., Walsh E. G., et al. T2 * MR relaxometry and ligament volume are associated with the structural properties of the healing ACL[J]. *Journal of Orthopaedic Research*, 2014, 32(4): 492-299.
- [8] Ge Y., Li H., Tao H., et al. Comparison of tendon-bone healing between autografts and allografts after anterior cruciate ligament reconstruction using magnetic resonance imaging [J]. *Knee Surg. Sports Traumatol Arthrosc*, 2015, 23(4):954-960.
- [9] Anderson A. F., Snyder R. B., Lipscomb A. B. Anterior cruciate ligament reconstruction. A prospective randomized study of three surgical methods[J]. *American Journal of Sports Medicine*, 2001, 29(3): 272-279.
- [10] Aune A. K., Holm I., Risberg M. A., et al. Fourstrand hamstring tendon autograft compared with patellar tendon-bone autograft for anterior cruciate ligament reconstruction. A randomized study with two-year follow-up[J]. *American Journal of Sports Medicine*, 2001, 29 (6): 722-728.
- [11] Herrington L., Wrapson C., Matthews M., et al. Anterior cruciate ligament reconstruction, hamstring versus bone-patella tendon-bone grafts: A systematic literature review of outcome from surgery[J]. *Knee*, 2005, 12 2(1): 41-50.
- [12] Steiner M. E., Murray M. M., Rodeo S. A. Strategies to improve anterior cruciate ligament healing and graft placement[J]. *American Journal of Sports Medicine*, 2008, 36 (1): 176-189.
- [13] Deehan D. J., Cawston T. E. The biology of integration of the anterior cruciate ligament[J]. *Bone & Joint Journal*, 2005, 87 (7): 889-895.
- [14] Wen C. Y., Qin L., Lee K. M., et al. Grafted tendon healing in tibial tunnel is inferior to healing in femoral tunnel after anterior cruciate ligament reconstruction: a histomorphometric study in rabbits[J]. *Arthroscopy*, 2010, 26 (1):58-66.
- [15] Kobayashi M., Nakagawa Y., Suzuki T., et al. A retrospective review of bone tunnel enlargement after anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring tendons fixed with a metal round cannulated interference screw in the femur[J]. *Arthroscopy*, 2006, 22(10): 1093 - 1099.
- [16] Stener S., Ejerhed L., Sernert N., et al. A long-term, prospective, randomized study comparing biodegradable and metal interference screws in anterior cruciate ligament reconstruction surgery: radiographic results and clinical outcome[J]. *American Journal of Sports Medicine*, 2010, 38(8): 1598 - 1605.
- [17] Iorio R., Vadalà A., Argento G., et al. Bone tunnel enlargement after ACL reconstruction using autologous hamstring tendons: a CT study[J]. *International Orthopaedics*, 2007, 31(1): 49-55.
- [18] Silva A., Sampaio R. Anatomic ACL reconstruction: does the platelet-rich plasma accelerate tendon healing[J]. *Knee Surg. Sports Traumatol Arthrosc*, 2009, 17(6): 676-682.



- [19] Biercevicz A. M., Akelman M. R., Fadale P. D., et al. MRI volume and signal intensity of ACL graft predict clinical, functional, and patient-oriented outcome measures after ACL reconstruction[J]. American Journal of Sports Medicine, 2015, 43(3): 693-699.
- [20] Paterno M. V., Schmitt L. C., Ford K. R., et al. Biomechanical measures during landing and postural stability predict second anterior cruciate ligament injury after anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport[J]. American Journal of Sports Medicine, 2010, 38(10): 1968-1978.
- [21] Suomalainen P., Moisala A. S., Paakkala A., et al. Double-bundle versus single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: randomized clinical and magnetic resonance imaging study with 2-year follow-up[J]. American Journal of Sports Medicine, 2011, 39(8): 1615-1622.
- [22] Ardern C. L., Webster K. E., Taylor N. F., et al. Return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: a systematic review and meta-analysis of the state of play [J]. British Journal of Sports Medicine, 2011, 45(7): 596-606.
- [23] Lui P. P., Ho G., Shum W. T., et al. Inferior tendon graft to bone tunnel healing at the tibia compared to that at the femur after anterior cruciate ligament reconstruction[J]. Journal of Orthopaedic Science, 2010, 15(3): 389-401.

(责任编辑:何聪)

(上接第37页)

- [42] 王安翔,许明荣.试论乒乓球训练创新[J].体育文化导刊, 2009,(6):54-55.
- [43] 张辉,刘炜,户进菊.对抗性项目技术效益研究[J].体育科学, 2015, 35(9):44-49.
- [44] 陈小华.我国少儿乒乓球直拍进攻型打法训练中应处理好三种关系[J].武汉体育学院学报, 2015, 49(9):76-79.
- [45] 腾守刚,许立南.多球训练法中多人供球方式在乒乓球教学训练中的应用[J].武汉体育学院学报, 2012, 46(11):82-86.
- [46] 牟春蕾,肖丹丹,吴飞,杨华.我国竞技乒乓球后备人才梯队建设与培养路径的优势分析[J].武汉体育学院学报, 2014, 37(12):133-139.
- [47] 李海,徐琳.我国“乒超”联赛职业化发展存在的问题及路径研究[J].武汉体育学院学报, 2015, 49(5):56-63.
- [48] 施之皓,章建成,任杰,黄睿,候爽.比赛重要性及比赛进程与顶级乒乓球运动员心理状态的关系[J].体育科学, 2015, 35(6):41-44.
- [49] 吴漂生,胡蓉.2006年《情报科学》载文、作者与引文统计分析[J].情报科学, 2007,(10):1491-1494.
- [50] 党亚茹.基于 SSCI 的中国社会科学论文基金资助项目分析[J].重庆大学学报(社会科学版), 2010,(5):55-61.
- [51] 董声.乒乓球规则、器材改革的怪圈——写在塑料球改革之后[J].山东体育学院学报, 2015,(31):62-64.
- [52] 梁立启,邓星华,栗霞.话语权:全球化时代中国体育的诉求[J].北京体育大学学报, 2014, 37(11):32-36.
- [53] Steven Jackson. Reflections On Communication and Sport: On Advertising and Promotional and Promotional Culture[J]. Communication and Sport, 2013,(1):100-112.
- [54] 张轶,谢英,张林, Brenda G. PITTS, James J. ZHANG.重新定位中国乒乓球俱乐部超级联赛——基于一种定性研究方法的探讨[J].西安体育学院学报, 2016, 33(2):193-199.
- [55] James Santomier. New Media, Branding and Global Sports Sponsorship[J]. International Journal of Sports Marketing and Sponsorship, 2008,(10):9-22.
- [56] Mark Wysocki. The Role of Social Media in Sports Communication: An Analysis of NBA Teams Strategy[D], 2012.
- [57] Jimmy Sanderson. It Is a Whole New Ball-Game: How Social Media Is Changing Sport[J]. Journal of Sport Management, 2013, 2:261-262.

(责任编辑:陈建萍)