

Preliminary Clinical Study of PRBT in the Treatment of Acute Achilles Tendon Rupture

Yuan Mu, Yahong Wu, Zhuoqun Wang, Wenke Liu, Haimin Wan, Yulei Diao, Xiaorui Zong, Liangjun Yin*

Department of Orthopedics, Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing
Email: *albertyin.21@163.com

Received: Feb. 26th, 2019; accepted: Mar. 12th, 2019; published: Mar. 19th, 2019

Abstract

Objective: Panda rope bridge technique (PRBT) is set up to decrease complications and enhance recovery in the treatment of the Achilles tendon ruptures. This case series is to evaluate the effectiveness of PRBT. **Methods:** From Jan 2012 through Dec 2015, PRBT was performed in treatments of 16 consecutive patients. There were 15 males and 1 female, the age was 30.31 ± 5.32 years, BMI 24.16 ± 2.74 . All were unilateral Achilles tendon rupture, 6 cases on the left side, 10 cases on the right side. The injury was sports injury (68.75%) and cut injury (31.25%). Time for returning to weight bearing walk, work and pre-injury activities were recorded. Functional evaluation was performed 9 months after surgery, and the AOFAS and ATRS scores were recorded. **Results:** Patients have been followed up from 2 to 4 years; mean follow up was 2.4 years. No serious complication has been found. Four patients reported skin adhesions in effected tendons and but no patient had limitation of ankle's rang of motion. Nine months after the surgery, sixteen patients reported 100 AOFAS ankle-hindfoot score points, the mean Achilles Tendon Total Rupture Score was 97.00, and all the patients were satisfied with the novel surgery. The average time to begin weight-bearing walking was 8.69 days. The average time which patients returned back to work was 48 days. In the average time of 139 days, patients returned to their previous sport activity at the same or higher level. **Conclusion:** PRBT is reliable, adjustable, and safe for the early rehabilitation after Achilles tendon repair.

Keywords

Achilles Tendon Rupture, Panda Rope Bridge Technique, Enhanced Recovery after Surgery, Minimally Invasive Surgery, Complication

PRBT治疗急性跟腱断裂的初步临床研究

牟 嫻, 吴亚鸿, 王卓群, 刘文科, 万海民, 刁玉磊, 宗小锐, 尹良军*

*通讯作者。

重庆医科大学附属第二医院骨科, 重庆
Email: albertyin.21@163.com

收稿日期: 2019年2月26日; 录用日期: 2019年3月12日; 发布日期: 2019年3月19日

摘要

目的: 探讨PRBT (Panda rope bridge technique)治疗急性跟腱断裂的初步临床效果。**方法:** 从2012年1月到2015年12月使用PRBT治疗16例急性跟腱患者。男15例, 女1例; 年龄 30.31 ± 5.32 岁; BMI 24.16 ± 2.74 ; 均为单侧跟腱断裂, 左侧6例, 右侧10例; 伤因是运动损伤(68.75%)和切割伤(31.25%)。记录术后负重行走、恢复工作和恢复运动的时间。术后9月进行功能评估, 记录AOFAS踝-后足评分、ATRS评分。随访周期为两年, 记录主观满意度和并发症。**结果:** 随访2~4年, 平均2.4年, 没有发现严重并发症。4名患者报告受伤跟腱处有软组织粘连, 但是踝关节活动范围未受明显限制。手术后9月, 16名患者AOFAS踝-后足评分均为100分, ATRS评分为 97.00 ± 1.86 分。术后开始负重行走的平均时间为8.69天, 重返工作的平均时间为48天, 恢复伤前相同水平体育活动的平均时间为139天。**结论:** PRBT减少跟腱断裂手术治疗时软组织并发症风险, 为组织愈合创造更佳的环境, 并使术后快速康复更加安全可靠。

关键词

跟腱断裂, 熊猫索桥技术, 快速康复, 微创手术, 并发症

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

跟腱是人体最粗和最强壮的肌腱, 跟腱断裂是最常见的肌腱断裂, 常发生在年龄 37.0 至 43.5 岁的青壮年人群中。近十年来, 跟腱断裂的发病率呈上升趋势[1] [2]。

急性跟腱断裂的治疗分为手术和非手术治疗, 两者各有利弊。非手术治疗(石膏固定或功能性支具)常用于伤情较轻、平时活动较少的患者, 以及具有相对手术禁忌症的患者。手术治疗则具有较低的再断裂风险, 但皮肤和软组织问题增加[3]。

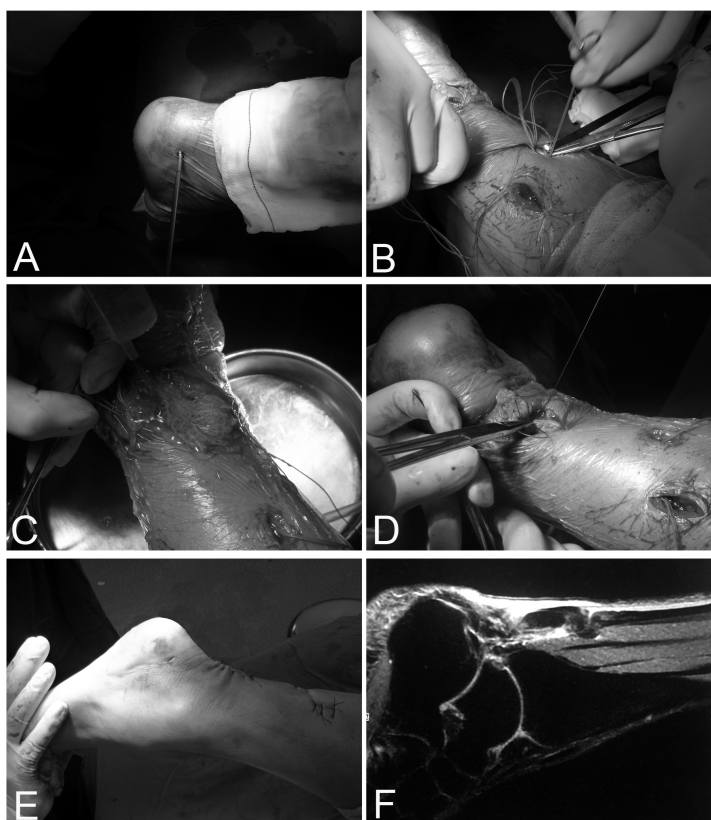
微创手术能够显著减少常规手术的并发症, 如果和快速康复结合, 可以获得最低的严重并发症风险, 获得更好的结果并更快地恢复活动[4] [5] [6] [7]。然而, 许多微创手术修复强度不够, 术后快速康复时进行早期活动和负重将有跟腱延长和再断裂的风险。Panda rope bridge technique (PRBT)是一种新的跟腱断裂治疗方法, 可以减少软组织并发症, 提供强大的生物力学固定, 促进早期愈合并缩短从受伤到正常活动的时间。本文报道了近年来应用 PRBT 治疗急性跟腱断裂的初步临床结果。

2. 方法

本研究的目的是评估 PRBT 治疗跟腱断裂的临床效果。该研究遵从世界医学协会赫尔辛基宣言, 于 2012 年 1 月经重庆医科大学附属第二医院伦理委员会批准开始进行, 所有患者均签署知情同意书。

从 2012 年 1 月到 2015 年 12 月, 由同一位运动医学高年资医生主刀, 连续在 16 位急性跟腱断裂患者中使用 PRBT 进行治疗。纳入标准是跟腱完全断裂, 其基于可触及的跟腱缺损, Thompson 试验阳性,

并辅助术前 MRI 或超声检查来确诊(图 1(F))。排除标准是拒绝接受 PRBT 手术, 受伤跟腱曾有过手术史和伴有严重并发症的损伤。



(A) 使用锚钉将多根缝线远端分别固定在跟骨的内外侧。(B) 使用 Krackow 缝合法将多根缝线近端分别固定到腱腹交界区的内外侧肌腱组织上。(C) 对毁损严重的跟腱残端进行清创。(D) 平行排列并保持接触跟腱断端组织, 使用细可吸收线闭合腱膜。(E) 手术结束后不需要外固定。(F) 术前 MRI 显示跟腱马尾状断裂。

Figure 1. Treatment of acute Achilles tendon rupture with PRBT

图 1. PRBT 治疗急性跟腱断裂的操作

记录患者的详细信息, 包括患者年龄、性别、BMI、受伤原因、受伤时间和手术时间。记录术后负重行走、恢复工作和恢复运动的时间。在术后 9 月进行临床功能评估, 记录美国矫形足踝协会(AOFAS)踝-后足评分, ATRS 评分[8]。随访周期为两年, 记录主观满意度和并发症。所有数据使用 SPSS 24.0 进行描述性统计分析。

3. 手术步骤

所有手术均由同一位足踝外科医生进行。患者均接受腰麻, 并使用止血带, 俯卧位手术。PRBT 是将受伤跟腱的两端结构通过多根强力的缝线连接, 立即恢复小腿三头肌对跟骨的部分牵拉作用, 从而满足术后快速康复的需要。PRBT 包括 4 个主要特征:

1) 远端缝线锚定在跟骨上

可选的缝线锚定方法包括使用缝线锚钉、界面螺钉、快速锚钉(speed screw)等。在年轻患者中, 我们习惯于在跟骨中应用缝线锚钉来锚定远端缝线(图 1(A))。在跟骨内外侧跟腱止点远侧和前方各 1 cm 处做小的皮肤切口。然后将两枚锚钉分别插入跟骨内外侧骨质内, 将缝线锚钉所带的强力缝线通过深筋膜隧

道引入到近端切口部位, 组成成对的 Krackow 缝合线。在一些老年骨质疏松患者中, 缝线锚钉在疏松骨质中的固定力较低, 存在较大的锚钉拔出风险, 这时我们制作冠状位跟骨内外侧隧道, 将强力缝线引入跟骨隧道内固定。

2) 近端缝线锚定在腱腹交界区

在跟腱止点近端约 10~14 cm 处, 在腱腹交界区表面做小切口, 显露并保护腓肠皮神经。将缝线近端坚强缝合在腱腹交界区的未受损肌腱组织(图 1(B))。在跟腱断端复位情况下将远近端缝线打结固定。Krackow 缝合法和 Tsuge 套圈缝合法是我们在 PRBT 中常使用的两种坚强缝合方法(图 1(B))。

3) 避免过度干扰跟腱断端

对于闭合损伤且跟腱断端分离较小, 不需要在断端处切开并进行断端缝合。对于开放损伤, 或者组织损伤重、血肿巨大, 在肌腱缺损处做一个短的纵向切口。然后纵向切开腱周组织和腱周膜以暴露断裂肌腱的残端(图 1(C))。常规清创, 清除坏死组织、巨大血肿和异物, 将断裂的跟腱纤维平行排列并相互接触。另一种方法是使用关节镜检查 and 清除巨大的血肿和坏死组织, 但是这种技术需要良好的关节镜技能并且消耗更多的手术时间。清创完毕, 将肌腱残端用 USP 3-0 可吸收缝线做两处 8 字缝合, 使用相同的缝线完整闭合腱周膜和腱周组织(图 1(D))。

4) 术后进行快速康复

术后不使用石膏、夹板或功能性支具来固定踝关节(图 1(E))。术后立即允许患肢进行无负重的主动活动。术后 5 天, 开始全负重步行锻炼, 同时使用 20~30 mm 高度的足跟垫, 手术后 6~10 周踝关节逐渐恢复到背伸 0 度。

4. 结果

有 16 名急性跟腱断裂患者(15 名男性和 1 名女性)接受了 PRBT 手术治疗。平均年龄为 30.31 岁, 平均 BMI 为 24.16。所有患者均为单侧跟腱断裂, 左侧跟腱断裂 6 例(37.50%), 右侧跟腱断裂 10 例(62.50%)。伤因是运动损伤(68.75%)和切割伤(31.25%)。手术和受伤之间的平均时间为 12.89 天。患者详细信息见表 1。

Table 1. Characteristics of patients with acute Achilles tendon rupture

表 1. 急性跟腱断裂患者的临床资料

患者	N = 16
年龄* (年)	30.31 ± 5.32
性别#	
男	15 (93.75%)
女	1 (6.25%)
伤侧#	
右#	10 (62.50%)
左#	6 (37.50%)
BMI*	24.16 ± 2.74
伤因	
运动损伤#	11 (68.75%)
切割伤#	5 (31.25%)
伤后开始手术时间# (天)	
0~3	6 (37.50%)
4~7	6 (37.50%)
8~21	4 (25.00%)

#值以患者数(百分比)表示。*值以平均值 ± 标准差表示。

随访 2~4 年, 平均随访 2.4 年。未发现伤口感染、窦道形成、皮肤坏死、腓肠神经损伤、深静脉血栓形成和再断裂病例。4 名患者(25.00%)报告受伤跟腱处感觉到软组织粘连, 但是踝关节活动范围未受到明显限制。手术后 9 月, 16 名患者均对 PRBT 手术效果感到满意, AOFAS 踝-后足评分均为 100 分, ATRS 评分为 97.00 ± 1.86 分。

手术与全负重行走之间的平均时间为 8.69 天。所有患者在负重行走后即恢复基本的生活自理。患者重返工作岗位的平均时间为 48 天。在平均 139 天内, 患者恢复了受伤前相同或更高水平的体育活动。其中一名患者术后 90 天内恢复了伤前的体育活动, 并在跟腱 PRBT 手术后两年内完成了第一次全程马拉松比赛。详细信息见表 2。

Table 2. Clinical efficacy of PRBT
表 2. PRBT 的临床疗效

患者	N = 16
AOFAS*	100.00 \pm 0.00
ATRS*	97.00 \pm 1.86
并发症 [#]	0
开始负重行走时间(天)*	8.69 \pm 3.79
重返工作时间(天)*	47.63 \pm 24.05
重返运动时间(天)*	138.75 \pm 26.55
术后运动水平 [#]	
篮球	5 (31.25%)
足球	5 (31.25%)
网球	1 (6.25%)
跑步	4 (25.00%)
马拉松	1 (6.25%)

[#]值以患者数(百分比)表示。*值以平均值 \pm 标准差表示。

5. 讨论

相对于保守治疗和开放手术, 微创手术在减少再破裂和局部伤口问题等并发症方面取得了很大进展 [9] [10] [11]。Gigant 等[9]比较急性跟腱断裂患者行开放与经皮缝合手术, 发现两者功能恢复和并发症都无明显差异。Aktas 等[10]比较了开放和微创手术, 发现微创手术在局部压痛、皮肤粘连、瘢痕、跟腱厚度和并发症方面结果更好。但是经皮缝合中的腓肠神经损伤受到关注。在 Sucherland 等[7]的一项研究中, 31 例接受改良经皮穿刺缝合术患者中出现 5 例腓肠皮神经损伤(16%)。尽管治疗方案存在分歧, 大多数跟腱断裂患者在早期都进行了患肢固定。Li 等[12]在一篇选择性高质量荟萃分析中, 比较急性跟腱断裂患者术后早期功能锻炼和固定的区别。在患者满意度和恢复伤前运动水平的时间方面早期功能锻炼明显优于石膏固定。

PRBT 是为了消除软组织问题, 保护肌腱组织的愈合, 改善临床效果。到目前为止, 我们在临床实践中尚未发现严重并发症, 所有患者在 ATRS 和 AOFAS 评分中均获得高分。

PRBT 模仿索桥的工程学原理, 在小腿三头肌和跟骨之间建立起一个牢固的索桥结构。它具有四个关键特征:

第一是跟骨作为索桥的远端锚点, 比跟腱远端残端能够提供更加坚强的缝线固定。而且还保护了跟腱远端残端的剩余血液供应。

第二种是选择腱腹交界区作为索桥的近端锚点。大多数断裂发生在跟腱中段缺血区, 这里仅由腓动

脉提供血供[14]。而腱腹交界区通过肌腹的血管接受额外的血液供应[15]。Krachow 缝合等各种坚强缝合方法能够为术后早期康复训练提供保障[13]，但是会显著减少组织的血液供应。因此，在腱腹交界区进行坚强缝合对跟腱近断端的血液供应影响小。这非常有利于跟腱断端的愈合，并可能有助于减少再断裂的发生。

第三是尽量减少对跟腱断裂残端的医源性损害。如果必须进行断端清创，减少断端缝合数量，仔细关闭腱膜。尽量减少受伤区域的干扰会降低伤口感染的风险，这可能是本研究中 4 名患者伤口被粪便严重污染，但是一期愈合的重要因素之一。

第四是术后快速康复。熊猫索桥技术提供了足够强度的固定(相关生物力学数据在发表阶段)，保证了术后快速康复的安全性，不再需要固定踝关节和腿部。研究表明，功能性负重活动增强断裂跟腱组织的早期愈合反应[4]。快速康复可以提高患者的满意度，缩短恢复正常活动时间，并且不增加再断裂率[16]。

6. 结论

综上所述，PRBT 减少伤口感染的机会，为组织愈合创造更良好的血供和生物力学微环境，并使术后快速康复更加安全可靠。同时，PRBT 中缝线近端和远端锚定的具体方法可以根据手术医生经验有多种选择，以便满足患者的成本预期并获得更为确切的临床效果。

参考文献

- [1] Uquillas, C.A., Guss, M.S., Ryan, D.J., Jazrawi, L.M. and Strauss, E.J. (2015) Everything Achilles: Knowledge Update and Current Concepts in Management: AAOS Exhibit Selection. *Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume*, **97**, 1187-1195. <https://doi.org/10.2106/JBJS.O.00002>
- [2] Ganestam, A., Kalleose, T., Troelsen, A. and Barfod, K.W. (2016) Increasing Incidence of Acute Achilles Tendon Rupture and a Noticeable Decline in Surgical Treatment from 1994 to 2013. A Nationwide Registry Study of 33,160 Patients. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, **24**, 3730-3737. <https://doi.org/10.1007/s00167-015-3544-5>
- [3] Khan, R.J., Fick, D., Keogh, A., Crawford, J., Brammar, T. and Parker, M. (2005) Treatment of Acute Achilles Tendon Ruptures. A Meta-Analysis of Randomized, Controlled Trials. *Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume*, **87**, 2202-2210.
- [4] Kim, U., Choi, Y.S., Jang, G.C. and Choi, Y.R. (2017) Early Rehabilitation after Open Repair for Patients with a Rupture of the Achilles Tendon. *Injury*. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2017.04.050>
- [5] Jielile, J., Asilehan, B., Wupuer, A., et al. (2016) Early Ankle Mobilization Promotes Healing in a Rabbit Model of Achilles Tendon Rupture. *Orthopedics*, **39**, e117-e126. <https://doi.org/10.3928/01477447-20160106-01>
- [6] Valkering, K.P., Aufwerber, S., Ranuccio, F., Lunini, E., Edman, G. and Ackermann, P.W. (2017) Functional Weight-Bearing Mobilization after Achilles Tendon Rupture Enhances Early Healing Response: A Single-Blinded Randomized Controlled Trial. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, **25**, 1807-1816. <https://doi.org/10.1007/s00167-016-4270-3>
- [7] Sutherland, A. and Maffulli, N. (1999) A Modified Technique of Percutaneous Repair of Ruptured Achilles Tendon. *Orthop & Trauma*, **7**, 288-295.
- [8] Avina Valencia, J.A. and Guillen Alcalá, M.A. (2009) [Repair of Acute Achilles Tendon Rupture. Comparative Study of Two Surgical Techniques]. *Acta Ortopédica Mexicana*, **23**, 125-129.
- [9] Metz, R., Verleisdonk, E.J., van der Heijden, G.J., Clevers, G.J., Hammacher, E.R., Verhofstad, M.H. and van der Werken, C. (2008) Acute Achilles Tendon Rupture: Minimally Invasive Surgery versus Nonoperative Treatment with Immediate Full Weightbearing—A Randomized Controlled Trial. *The American Journal of Sports Medicine*, **36**, 1688-1694. <https://doi.org/10.1177/0363546508319312>
- [10] Aktas, S. and Kocaoglu, B. (2009) Open versus Minimal Invasive Repair with Achillon Device. *Foot & Ankle International*, **30**, 391-397. <https://doi.org/10.3113/FAI-2009-0391>
- [11] Kolodziej, L., Bohatyrewicz, A., Kromuszczyńska, J., Jezierski, J. and Biedron, M. (2013) Efficacy and Complications of Open and Minimally Invasive Surgery in Acute Achilles Tendon Rupture: A Prospective Randomised Clinical Study—Preliminary Report. *International Orthopaedics*, **37**, 625-629. <https://doi.org/10.1007/s00264-012-1737-9>
- [12] Bhattacharyya, M. and Gerber, B. (2009) Mini-Invasive Surgical Repair of the Achilles Tendon—Does It Reduce

Post-Operative Morbidity? *International Orthopaedics*, **33**, 151-156. <https://doi.org/10.1007/s00264-008-0564-5>

- [13] Maffulli, N., Longo, U.G., Oliva, F., Ronga, M. and Denaro, V. (2009) Minimally Invasive Surgery of the Achilles Tendon. *Orthopedic Clinics of North America*, **40**, 491-498. <https://doi.org/10.1016/j.ocl.2009.05.006>
- [14] Chen, T.M., Rozen, W.M., Pan, W.R., Ashton, M.W., Richardson, M.D. and Taylor, G.I. (2009) The Arterial Anatomy of the Achilles Tendon: Anatomical Study and Clinical Implications. *Clinical Anatomy*, **22**, 377-385. <https://doi.org/10.1002/ca.20758>
- [15] Theobald, P., Benjamin, M., Nokes, L. and Pugh, N. (2005) Review of the Vascularisation of the Human Achilles Tendon. *Injury*, **36**, 1267-1272. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2005.02.012>
- [16] Zhao, J.G., Meng, X.H., Liu, L., Zeng, X.T. and Kan, S.L. (2017) Early Functional Rehabilitation versus Traditional Immobilization for Surgical Achilles Tendon Repair after Acute Rupture: A Systematic Review of Overlapping Meta-Analyses. *Scientific Reports*, **7**, Article No. 39871. <https://doi.org/10.1038/srep39871>

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2168-5584, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjs@hanspub.org