

半月板后根损伤研究进展

刘昊¹, 逸弘^{2*}

1. 南京医科大学儿科学院, 南京 211166

2. 南通市第一人民医院, 南通 226001

摘要 从解剖、生物力学、分型、治疗方法等方面, 综述了半月板后根损伤的研究进展。生物力学表明, 半月板后根损伤使半月板周向纤维的连续性中断, 其无法将轴向应力转换为环向应力, 从而导致功能失效。临床上根据撕裂的形态将其分为5种类型。治疗方法包括非手术治疗、半月板部分切除和后根修复术, 其中修复术的临床疗效较好, 是近年研究的热点。目前的修复技术包括锚钉缝合法、经胫骨隧道拉出法和以自体股薄肌重建为代表的新型技术, 半月板后根修复结合高位胫骨截骨术也是治疗内翻型膝关节炎的新方法。

关键词 外侧半月板; 内侧半月板; 后根损伤; 修复

半月板后根损伤是一种特殊类型的半月板损伤, 近年来逐渐引起了研究者的关注。其定义为半月板根部附着点1 cm以内的骨性/软组织撕脱伤或放射状撕裂^[1], 约占所有半月板损伤的10%, 包括内侧半月板后根损伤(medial meniscus posterior root tears, MPRT)和外侧半月板后根损伤(lateral meniscus posterior root tears, LPRT)。MPRT较多见, 主要是中年女性半月板变性疾病的结果, 半月板在负重时被挤出, 失去了半月板的负重承重能力, 从而导致骨关节炎^[2]。LPRT的发生和前交叉韧带(anterior cruciate ligament, ACL)损伤有关, 研究显示, ACL损伤后, LPRT的发生率要高于MPRT^[3]。外侧半月板活动度较高, 其稳定性需要前后角根部附着

点的支持, 一旦失去, 胫股关节应力将显著增加^[4], 从而导致关节软骨变性、软骨下骨挫伤, 进行性骨关节炎的出现^[5]。既往关于半月板后根损伤的研究和临床治疗中, 一般进行半月板全切或者次全切除术。然而, 最近的解剖学、生物力学和临床研究等的结果更支持对其进行修复术而非切除术。

1 解剖与生物力学功能

正常内侧半月板后根部位于髁间隆起与后交叉韧带之间, 走行时从内侧半月板后角向胫骨髁间隆起后方延伸, 位于髁间隆起后方9.6 mm, 偏外0.7 mm, 中心地点位于内侧软骨边缘外侧3.5 mm

收稿日期: 2020-01-07; 修回日期: 2020-03-08

作者简介: 刘昊, 医师, 研究方向为儿科外伤与小儿骨科, 电子信箱: leuhao123@163.com; 逸弘(通信作者), 副主任医师, 研究方向为关节外科与运动医学, 电子信箱: yihong1000@163.com

引用格式: 刘昊, 逸弘. 半月板后根损伤研究进展[J]. 科技导报, 2020, 38(6): 72-77; doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2020.06.010

处,距离后交叉韧带胫骨止点前8.2 mm^[6]。正常外侧半月板后根部位于内侧半月板后角与髁间隆起之间,从外侧半月板后角向胫骨髁间隆起后方延伸,位于外侧胫骨髁间隆起后1.5 mm、内侧4.5 mm处,止于前交叉韧带胫骨止点后方与内侧半月板后角的前方^[7]。

半月板根部对将半月板的轴向应力转化为环向应力具有重要作用。半月板根部损伤中断了周向纤维的连续性,从而导致正常的半月板功能无法将轴向载荷转化为横向环向应力^[8-9]。这将导致膝关节负荷分布不均和异常,胫股接触面积减小和峰值接触压力增加,最终加重了软骨损伤和骨关节炎(osteoarthritis, OA)的进展^[10]。多项生物力学实验表明,MPTR时相当于进行了半月板切除^[2],减少了20%的接触面积,增加约25%胫股关节应力^[8]。对于LPTR,由于大多数存在ACL断裂,导致限制胫骨前移和抗选择功能的明显减弱,因此重建外侧半月板后根的稳定性和对前交叉韧带移植物的应力增加,增加前交叉韧带重建失败的风险^[11]。研究发现,半月板后根修复后,能够有效地增加胫股关节的接触面积,减少胫股关节应力,从而减少继发性骨关节炎的发生^[12-13]。

半月板的愈合过程也受生物力学因素的影响,半月板缝合结构强度不足,可能导致半月板根部修复失败。因此,修复后的半月板根如果达到足够的初始稳定,在愈合后可能获得足够的固定强度^[14-15]。

2 损伤分型与核磁诊断

最新研究将半月板后根损伤分为5种类型(图1)^[16]。1型:附着中心9 mm范围内稳定的部分损伤(图1(a)),该型约占所有根性损伤的7.0%。2型:附着点9 mm以内放射性完全损伤(图1(b)),该型约占所有根性损伤的67.6%,2型损伤进一步分为2A型,定义为完全放射状半月板撕裂,距根部附着中心0~3 mm的损伤,约占所有根性损伤的38.0%;

2B型,定义为完全放射性半月板撕裂3 mm至距根部附着中心6 mm的损伤,约占所有根性损伤的16.9%;2C型,定义为完全放射性半月板撕裂6 mm至距根部9 mm的损伤,约占所有根性损伤的12.7%。3型:半月板根部附着中心9 mm范围内的桶柄样损伤,后根完全分离(图1(c)),约占所有根性损伤的5.6%。4型:混合型的长纵裂或者斜裂,后根完全分离(图1(d)),约占所有根性损伤的9.9%。5型:后根附着点的撕脱性骨折(图1(e)),约占所有根性损伤的9.9%。

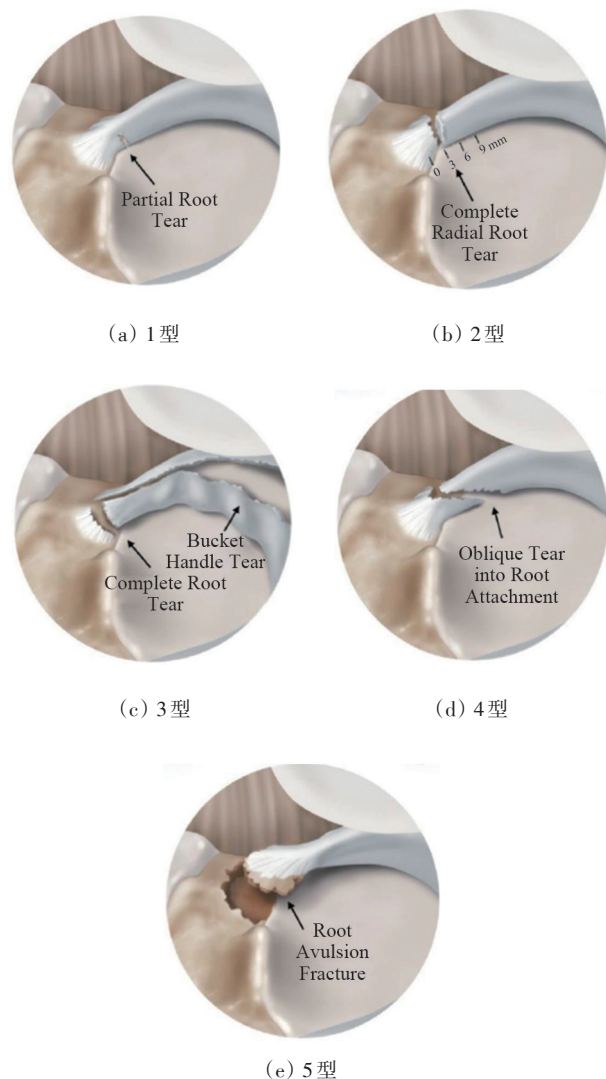


图1 半月板根性损伤的分型

核磁诊断(magnetic resonance imaging, MRI)是诊断半月板根部撕裂及其伴随病变的首选成像

方式。半月板后根撕裂的MRI诊断标准为,半月板后根形态信号异常,伴有根部部分或完全撕裂。包括:横轴位观察到线样高信号垂直或斜行于半月板长轴;冠状位观察到根部线样或片状缺损;矢状位观察到半月板根部“鬼影征”,表现为根部撕裂区信号增高等。半月板脱出的MRI诊断标准为,冠状位半月板脱出最外缘超出胫骨平台关节软骨最外缘大于3 mm,并测量半月板脱出最外缘超出胫骨平台关节软骨缘的距离^[17]。

3 治疗方法

半月板在荷载分布和节点稳定性方面起着重要作用。为了保持关节软骨的健康,维持半月板的环向应变机制和环向完整性至关重要。因此,早期发现并处理根部撕裂是至关重要的,膝关节负荷可以恢复到接近自然的状态,OA的进展可以明显放缓^[18]。半月板后根部撕裂的治疗方法包括非手术治疗、部分半月板切除或修复。很多研究认为,半月板后根损伤后的非手术治疗^[19-20]和半月板切除术后的临床疗效较差^[21],进一步进展为OA行关节置换的概率明显增加。目前的趋势是对符合适应症的患者行后根修复术,从而恢复半月板的功能。

3.1 锚钉缝合法

该技术是最常用的修复技术之一,其目的在于恢复半月板根部与骨骼的解剖连接,使其能够将轴向负重转化为环向应力。Engelsohn^[22]最早描述了关节镜下半月板根部修复的缝合锚钉技术,通过后内侧入路完成锚钉放置,稳定地将半月板根部固定在足印区。术后康复:缝合锚钉修复半月板后根损伤的术后6周内负重应限制在20 kg以内,6周后允许完全负重和充分活动,术后3个月限制膝关节深度屈曲负荷。优点:无潜在缝合线伸长以及干扰胫骨隧道的操作,如果锚钉因为某些原因失效,也可再行胫骨隧道法进行拉出修复。缺点:缝合锚钉技术具有一定的挑战性,需要制作后入路和特制的缝合导引装置,其操作有神经血管损伤的风险和锚钉松动的风险。

3.2 经胫骨隧道拉出法

该技术使用标准的膝关节镜入路,缝合后将半月板根部缝合后拉入骨槽,形成大的半月板-骨界面。该技术适用的缝合技术包括两针单线法、水平床垫缝合法、改良Mason-Allen缝合法和两针改良环针法。术后康复:6周内不负重,6周内限制关节活动度在0°~90°,6周后在屈曲角大于90°时不负重。优点:该技术可释放骨髓中的祖细胞和生长因子等生物活性成分到半月板-骨界面,有利于后根和骨性结构的愈合^[23]。Lee的二次镜检表明,69.7%的患者经胫骨隧道拉出缝合半月板后根后得到稳定的愈合,其临床和影像学结果均优于未愈合组,且关节退变明显较未愈合组减慢^[24]。缺点:经胫骨隧道拉出法并非解剖修复,操作过程中的缝合线张力不足或骨隧道位置不当可导致半月板的异常,此外缝合线不可避免的会被骨隧道磨损^[25]。

3.3 自体股薄肌重建修复术

在没有重建组织的情况下直接修复半月板-骨会导致修复失败,因此,可将半月板根部固定在骨上的韧带样结构对于生物力学功能的恢复至关重要。因此,出现一些新的术式,如自体股薄肌重建修复术。该技术取自体股薄肌,编织成长8 mm、直径3 mm的移植物,之后使用ACL定位器制作直径6 mm的胫骨隧道,最后将移植物穿过骨隧道和半月板边缘旁的软组织隧道进行解剖重建^[26]。优点:该技术是关节镜下解剖重建,且强化了半月板后根-骨连接,有望提高愈合率和临床疗效^[26]。缺点:此技术的临床研究较少,因此尚不能得出可靠的结论。

3.4 缝合技术

缝合技术可与上述修复技术结合使用。半月板缝合的强度不足,可能导致半月板根部修复失败。修复后的半月板根部需要初始的稳定性,才能在愈合过程中获得足够的固定强度^[14-15]。Feucht比较了半月板后根修复术中的4种不同缝合技术的生物力学特征,结果显示,与双单面缝合或水平褥式缝合相比,改良Mason-Allen缝合技术具有更好的生物力学性能^[27]。Okimura等利用动物模型,测

试了单纯缝合、双束缝合、全内半月板缝合合法缝合半月板后根的生物力学特征,结果显示,全内半月板缝合+经胫骨隧道拉出修复具有更好的稳定性^[28]。

3.5 后根修复结合高位胫骨截骨术

MPTR 伴随膝内翻。高位胫骨截骨术 (high tibial osteotomy, HTO) 是治疗内翻型 OA 的重要手段,通过改善下肢机械轴有助于内侧半月板后根损伤的进展。对于内翻膝,内侧胫骨高位开放楔形截骨可使机械轴外移,减轻内侧间室负荷^[29],有利于内侧间室负重区的软骨一定程度的愈合^[30]。研究发现,HTO 结合 MPTR 修复有利于半月板接触压力的恢复^[31]。HTO 对半月板中心化也有一定的优势,有利于后根-骨的附着连接^[32]。有些学者认为对存在膝内翻的 MPTR 修复术需要结合 HTO,HTO 纠正力线不良是先决条件,在此基础上进一步行后根修复术可取得更好的疗效^[33]。但是,对于是否需行 MPTR 仍存在着争议。Nha 的研究对比了 HTO 手术结合或者不结合半月板后根修复术的治疗效果,结果显示两组半月板的愈合率并无统计学差异^[34]。Lee 发现 HTO 结合 Fast-Fix 缝合修复内侧半月板后根,与未修复治疗相比,愈合率明显提高^[35]。因此,HTO 是否需结合半月板后根修复术仍需进一步的研究和观察。但尽管愈合率不同,HTO+后根修复患者的影像学 and 临床疗效较好。

因此,在南通市第一人民医院关节外科临床的工作中,既遇到了前交叉韧带断裂合并外侧半月板后根损伤的患者,使用了 Fast-Fix 全内缝合的方法,也有行胫骨隧道拉出法治疗,内侧后根损伤合并膝关节内翻畸形,如患者外侧间室保留有全层软骨,我们进行了后根的 Fast-Fix 全内缝合结合 HTO 纠正力线的手术,均获得了良好的临床疗效,但病例数较少,需进一步随访。

4 结论

半月板后根部损伤是目前运动医学领域研究的热点之一。半月板修复术与半月板切除术相比,尽可能恢复半月板后根损伤后半月板的功能,具有

较高的满意率和较好的治疗效果。最常用的是经胫骨隧道拉出法和缝合法。锚钉法因为操作难度问题,需配置特制的工具以及需要辅助入路,普及率不高。后根修复结合高位胫骨截骨术将随着临床运用的广泛开展、病例数的积累,或将是很有前景的一项手术。虽然目前的研究已取得了阶段性的成果,但回顾文献时仍发现存在不足之处,主要表现在对 LPTR 的研究相对不足,包括其治疗方式、生物力学等的临床随访和基础研究。随着对半月板后根与 OA 和韧带损伤关联性认识的深入,未来关于 LPTR 的研究将受到越来越多的关注。

参考文献 (References)

- [1] Laprade C M, Jansson S, Dornan G, et al. Altered tibio-femoral contact mechanics due to lateral meniscus posterior horn root avulsions and radial tears can be restored with in situ pull-out suture repairs[J]. *Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume*, 2014, 96(6): 471-479.
- [2] Kwak Y H, Lee S, Lee M C, et al. Large meniscus extrusion ratio is a poor prognostic factor of conservative treatment for medial meniscus posterior root tear[J]. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*, 2018(26): 781-786.
- [3] Brody J M, Lin H M, Hulstyn M J, et al. Lateral meniscus root tear and meniscus extrusion with anterior cruciate ligament tear[J]. *Radiology*, 2006, 239(3): 805-810.
- [4] Schillhammer C K, Werner F W, Seuderer M G, et al. Repair of lateral meniscus posterior horn detachment lesions: A biomechanical evaluation[J]. *The American Journal of Sports Medicine*, 2012, 40(11): 2604-2609.
- [5] Papalia R, Vasta S, Franceschi F, et al. Meniscal root tears: From basic science to ultimate surgery[J]. *British Medical Bulletin*, 2013, 106(2): 91-115.
- [6] Johannsen A M, Civitarese D M, Padalecki J R, et al. Qualitative and quantitative anatomic analysis of the posterior root attachments of the medial and lateral menisci [J]. *The American Journal of Sports Medicine*, 2012, 40(10): 2342-2347.
- [7] Bhatia S, LaPrade C M, Ellman M B, et al. Meniscal root tears: Significance, diagnosis, and treatment[J]. *The American Journal of Sports Medicine*, 2014, 42(12): 3016-

- 3030.
- [8] Marzo J M, Gurske-DePerio J. Effects of medial meniscus posterior horn avulsion and repair on tibiofemoral contact area and peak contact pressure with clinical implications[J]. *The American Journal of Sports Medicine*, 2009, 37(1): 124-129.
- [9] Schillhammer C K, Werner F W, Scuderi M G, et al. Repair of lateral meniscus posterior horn detachment lesions: A biomechanical evaluation[J]. *The American Journal of Sports Medicine*, 2012, 40(11): 2604-2609.
- [10] Allaire R, Muriuki M, Gilbertson L, et al. Biomechanical consequences of a tear of the posterior root of the medial meniscus[J]. *Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume*, 2008, 90(9): 1922-1931.
- [11] Frank J M, Moatshe G, Brady A W, et al. Lateral meniscus posterior root and meniscofemoral ligaments as stabilizing structures in the ACL-deficient knee: A biomechanical study[J]. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 2017, 5(6): 232596711769575.
- [12] Padalecki J R, Jansson K S, Smith S D, et al. Biomechanical consequences of a complete radial tear adjacent to the medial meniscus posterior root attachment site: In situ pull-out repair restores derangement of joint mechanics[J]. *The American Journal of Sports Medicine*, 2014, 42(3): 699-707.
- [13] Kodama Y, Furumatsu T, Fujii M, et al. Pullout repair of a medial meniscus posterior root tear using a Fast-Fix (R) all-inside suture technique[J]. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 2016, 102(7): 951-954.
- [14] Ellman M B, LaPrade C M, Smith S D, et al. Structural properties of the meniscal roots[J]. *The American Journal of Sports Medicine*, 2014, 42(8): 1881-1887.
- [15] Mitchell R, Pitts R, Kim Y M, et al. Medial meniscal root avulsion: A biomechanical comparison of 4 different repair constructs[J]. *Arthroscopy*, 2016, 32(1): 111-119.
- [16] LaPrade C M, James E W, Cram T R, et al. Meniscal root tears: A classification system based on tear morphology[J]. *The American Journal of Sports Medicine*, 2014, 42(3): 363-369.
- [17] Harper K W, Helms C A, Lambert H S, et al. Radial meniscal tears: Significance, incidence, and MR appearance[J]. *American Journal of Roentgenology*, 2005, 185(6): 1429-1434.
- [18] Feucht M J, Grande E, Brunhuber J, et al. Biomechanical evaluation of different suture materials for arthroscopic transtibial pullout repair of posterior meniscus root tears[J]. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*, 2015, 23(1): 132-139.
- [19] Krych A J, Reardon P J, Johnson N R, et al. Non-operative management of medial meniscus posterior horn root tears is associated with worsening arthritis and poor clinical outcome at 5-year follow-up[J]. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*, 2017, 25(2): 383-389.
- [20] Kaplan D J, Alaia E F, Dold A P, et al. Increased extrusion and ICRS grades at 2-year follow-up following transtibial medial meniscal root repair evaluated by MRI[J]. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*, 2018, 26(9): 2826-2834.
- [21] Chung K S, Ha J K, Yeom C H, et al. Comparison of clinical and radiologic results between partial meniscectomy and refixation of medial meniscus posterior root tears: A minimum 5-year follow-up[J]. *Arthroscopy*, 2015, 31(10): 1941-1950.
- [22] Engelsohn E, Umans H, Difelice G S, et al. Marginal fractures of the medial tibial plateau: Possible association with medial meniscal root tear[J]. *Skeletal Radiol*, 2007, 36(1): 73-76.
- [23] Petersen W, Forkel P, Feucht M J, et al. Posterior root tear of the medial and lateral meniscus[J]. *Archives of Orthopaedic and Traumatic Surgery*, 2014, 134(2): 237-255.
- [24] Lee S S, Ahn J H, Kim J H, et al. Evaluation of healing after medial meniscal root repair using second-look arthroscopy, clinical, and Radiological Criteria[J]. *The American Journal of Sports Medicine*, 2018, 46(11): 2661-2668.
- [25] LaPrade C M, Foad A, Smith S D, et al. Biomechanical consequences of a nonanatomic posteriormedialmeniscal root repair[J]. *The American Journal of Sports Medicine*, 2015, 43(4): 912-920.
- [26] Holmes S W Jr, Huff L W, Barnes A J, et al. Anatomic reinforced medial meniscal root reconstruction with gracilis autograft[J]. *Arthroscopy Techniques*, 2019, 8(3): 209-213.
- [27] Feucht M J, Grande E, Brunhuber J, et al. Biomechanical evaluation of different suture techniques for arthroscopic transtibial pull-out repair of posterior medial meniscus root tears[J]. *The American Journal of Sports Medicine*, 2013, 41(12): 2784-2790.
- [28] Okimura S, Mae T, Tachibana Y, et al. Biomechanical

- comparison of meniscus suture constructs for pullout repair of medial meniscus posterior root tears[J]. *Journal of Experimental Orthopaedics*, 2019, 6(1): 17.
- [29] Hwang B Y, Kim S J, Lee S W, et al. Risk factors for medial meniscus posterior root tear[J]. *The American Journal of Sports Medicine*, 2012, 40(7): 1606–1610.
- [30] Harner C D, Mauro C S, Lesniak B P, et al. Biomechanical consequences of a tear of the posterior root of the medial meniscus: Surgical technique[J]. *Journal of Bone and Joint Surgery–American Volume*, 2009, 91(2): 257–270.
- [31] Koenig J H, Ranawat A S, Umans H R, et al. Meniscal root tears: Diagnosis and treatment[J]. *Arthroscopy*, 2009, 25(9): 1025–1032.
- [32] Nakamura R, Takahashi M, Kuroda K, et al. Suture anchor repair for a medial meniscus posterior root tear combined with arthroscopic meniscal centralization and open wedge high tibial osteotomy[J]. *Arthroscopy Techniques*, 2018, 7(7): 755–761.
- [33] Gomoll A H, Farr J, Gillogly S D, et al. Surgical management of articular cartilage defects of the knee[J]. *Journal of Bone and Joint Surgery–American Volume*, 2011, 92(14): 2470–2490.
- [34] Nha K W, Lee Y S, Hwang D H, et al. Second-look arthroscopic findings after open-wedge high tibia osteotomy focusing on the posterior root tears of the medial meniscus[J]. *Arthroscopy*, 2013, 29(2): 226–231.
- [35] Lee O S, Lee S H, Lee Y S, et al. Comparison of the radiologic, arthroscopic, and clinical outcomes between repaired versus unrepaired medial meniscus posterior horn root tear during open wedge high tibial osteotomy [J]. *Journal of Knee Surgery*, 2019, doi:10.1055/s-0039-1692992.

Advances in studies of meniscus posterior root tear

LIU Hao¹, YI Hong^{2*}

1. School of Pediatrics, Nanjing Medical University, Nanjing 211166, China

2. The First People's Hospital of Nantong City, Nantong 226001, China

Abstract The meniscus root tears are a specific type of the meniscal injury, and recently, received more and more attention of researchers. The meniscal root tears either are defined as an avulsion of the insertion of the meniscus attachment or the complete radial tears, located within 1 cm of the meniscus insertion. Biomechanical studies show that the meniscal root injuries interrupt the continuity of the circumferential fibers, and hence lead to failure of the normal meniscal function of converting the axial loads into the transverse hoop stresses. The meniscal root tears can be classified into 5 groups based on the tear morphology. The treatments of the meniscal root tears include the nonoperative therapy, the partial meniscectomy, and the meniscal root repair. The repair techniques have better clinic outcomes and become a research focus recently, including the transtibial pullout technique, the suture anchor repair and the anatomic reinforced medial meniscal root reconstruction with gracilis autograft. As a new technique for treatment of the osteoarthritis of Knee varus, the meniscus posterior root tear repair is combined with a high tibial osteotomy. In this review, we focus on the advances of the anatomy, the biomechanics, the classification system, and the treatment methods for the treatment of posterior meniscal root tears.

Keywords lateral meniscus; medial meniscus; meniscus root tear; root repair ●



(责任编辑 傅雪)