

综述

内窥镜技术在腰椎间盘突出症治疗中的应用进展

王洪伟, 李长青, 周 跃

(第三军医大学附属新桥医院骨科 400037 重庆市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2011.03.17

中图分类号: R681.5 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2011)-03-0248-04

近几年来,随着脊柱基础理论、生物力学研究、脊柱外科技术与器械的发展和进步,脊柱微创手术适应证逐渐扩大,内窥镜技术大大促进了微创脊柱外科的发展。目前用于治疗腰椎间盘突出症的内窥镜技术包括:腹腔镜下腰椎间盘突出术、后路显微内窥镜下腰椎间盘突出术(microendoscopic discectomy, MED)、可扩张管道内窥镜下腰椎间盘突出术、经皮内窥镜椎间盘切除术(percutaneous endoscopic lumbar discectomy, PELD)及全内窥镜下腰椎间盘突出术(full-endoscopic lumbar discectomy, FLD)等。笔者针对上述微创内窥镜技术的进展综述如下。

1 腹腔镜下腰椎间盘突出术

1991 年 Obenchain 首次报道了腹腔镜下经腹腔入路行腰椎前路 L5/S1 椎间盘切除术。2000 年 Bezawa 等认为应用腹腔镜下腹膜后侧方入路可处理 L1~S1 节段的极外侧型腰椎间盘突出、神经根减压,尤其适用于 L5/S1 节段。Bergey 等于 2004 年提出内窥镜下腹膜后经腰肌的侧方入路可满意地暴露 L1~L4 椎体,不干扰大血管和交感神经丛。Kirkham 等^[1]通过对 1993 年 1 月~2008 年 12 月的文献进行分析后指出,腰骶椎前路手术静脉撕裂要比动脉撕裂发生率高,并且多发生于牵拉大血管时;显露 L4~L5 时血管损伤的发生要比显露 L5~S1 多;血管损伤在腹腔镜手术中要比开放腰骶椎前路手术中发生率高。甚至有学者^[2,3]指出,在进行前路腹膜后腰椎的显露时需要专门的血管专家在场,以便应对手术显露过程或是内固定过程中发生的血管损伤。刘金伟等^[4]对 36 具动脉灌注红色乳胶的成人防腐固定标本进行血管解剖观察,并依据腰骶部椎间盘在骺间三角内暴露的比例进行分型。结果指出,有 86.1% 的患者可以安全地从前方进入腰骶部椎间盘区,且 61.1% 的患者不用处理骺间三角两侧的骺血管就可以进行操作,为腹腔镜前路腰骶椎间盘融合术提供了血管解剖依据,指出腹腔镜前路融合术在此区的可行性。黄强等^[5]采用腹腔镜下经腹前路腰骶椎间盘突出髓核摘除术治疗 32 例患者,

MacNab 标准评定有效率为 94%,并且均无严重并发症发生,并指出腹腔镜下经腹膜后腰骶前路手术治疗单纯性腰椎间盘突出症具有创伤小、脊柱稳定性破坏小、疗效好等优点。

腹腔镜下腰椎前路突出椎间盘髓核摘除术具有:手术创伤小、出血少,腹腔镜监视下误伤几率低;纤维环减压孔确切,髓核摘除彻底;术后卧床时间短(2~3d 可下地),有利残留髓核组织挤出;对脊柱稳定性影响小;无神经根、硬膜囊粘连、压迫之虑;手术重复性好等优点。腹腔镜下腰椎间盘突出术适用于单纯性腰椎间盘突出,纤维环和/或后纵韧带完整,突出椎间盘无上、下移位,无明显椎管狭窄、关节突增生、黄韧带肥厚的病例^[6]。可能的并发症有腹腔内脏器损伤及大血管损伤、动静脉血栓形成、输尿管损伤、逆行射精等。有严重腹部创伤史和严重心肺疾患者不适于腹腔镜下手术。

2 后路显微内窥镜下腰椎间盘突出术(MED)

1997 年 Foley 和 Smith 研制并首次报道 MED, 其将传统开放手术方法与现代微创内窥镜技术完美结合,使开放式腰椎间盘手术达到微创化和内窥镜化,通过内窥镜放大,在监视屏幕上清晰显示手术区域各组织解剖结构,显著降低手术对各种组织结构的损伤,以及对脊柱稳定性的影响,术中只需咬除少部分椎板边缘即可完成手术,最大限度保持了腰椎的稳定性,减轻了术后硬膜囊粘连。

1998 年 Deantoni、1999 年 Fontanella 和 2000 年 Braydada 报告 MED 的优良率分别为 92.1%、94% 和 97%。1999 年镇万新报道应用 MED 治疗腰椎间盘突出症的手术优良率达 93.8%。熊英辉等^[9]对采用 MED 治疗并获得平均 6.7 年(5~8 年)中长期随访的 66 例腰椎间盘突出症患者进行回顾性总结分析,认为 MED 手术时间短,术中出血量少;该研究术中并发症有损伤硬脊膜 3 例,导针直接穿破黄韧带 2 例;根据 Macnab 疗效评定标准,总体优良率 92.4%,复发率 3.0%,该作者指出 MED 治疗 LDH 是安全可靠的,中远期优良率较高,适用于单纯性腰椎间盘突出症及合并有局限性椎管狭窄者。Takamori 等^[7]对腰椎间盘突出症行 MED 手术患者进行了相关指标测定,结果指出 MED 术前行直腿抬高试验 1~3min 后神经根血流量和复合肌肉动作电位幅度都明显减少;MED 术后测定神经根的

第一作者简介:男(1984-),博士研究生,研究方向:脊柱外科临床与基础研究

电话:(023)68755608 E-mail:cplawhw@163.com

通讯作者:周跃 E-mail:happyzhou@vip.163.com

血流量较术前明显增加,再次进行直腿抬高试验后神经根血流量和复合肌肉动作电位幅度都无明显变化。Matsumoto 等^[9]对采用 MED 治疗的 4336 例患者进行统计,发生并发症的只有 75 例,研究指出 MED 与传统手术相比,手术并发症并不高,证实了该项术式的安全性。Dewing 等^[10]通过对 139 例行 MED 治疗的年轻腰椎间盘突出症患者进行平均 26 个月(12~38 个月)的随访观察,结果指出,既往经过保守治疗无效的伴有下肢痛的该类患者,手术治疗的成功率较高(经过证实的结果评价、患者的满意度和恢复现役工作);L5/S1 椎间盘突出症患者较 L4/5 椎间盘突出症患者手术后具有较好的手术效果;椎间盘游离或是脱出的患者手术效果较包含型椎间盘突出症患者具有更好的手术效果。MED 技术使腰椎间盘的手术治疗将会更趋向微创化、有效化,是未来发展和努力的方向。

正确地选择手术适应证是 MED 成功的关键。因 MED 内窥镜下手术操作空间有限和二维手术视野,不仅对手术仪器要求较高,还要求手术者拥有较高的触觉敏感性和空间辨别能力,能够具有“手-眼分离”的操作能力。手术适应证选择不当是导致 MED 手术效果不佳的重要原因。周跃等^[11]认为 MED 手术适应证的选择要比传统开放手术更加谨慎和严格,为此提出了由浅入深、由易到难的分阶段手术适应证选择原则;MED 手术并发症发生率较低,临床上最多见的为硬脊膜撕裂(2.5%~6.9%),其次为出血、椎间隙感染(0.5%~3.2%)、神经根损伤以及定位错误等,其中多与手术适应证选择不当、手术指征掌握不严、术前评估不准以及操作不熟练有关。

3 可扩张管道内窥镜下腰椎间盘突出术(METR_x)

METR_x 的设计目的是微创减压后便于行椎间植骨融合、固定。METR_x 内窥镜系统是美国 SOFAMOR DANEK 公司在原 MED 系统的基础上推出的第二代 METR_x 内窥镜系统。与初期的 MED 系统相比,METR_x 系统在图像质量、器械类型、操作空间上都有了明显改进^[11]。

Ranjan 等^[12]采用 METR_x 系统对临床 107 例腰椎间盘突出症患者进行后路微创椎间盘切除术,并进行平均 12.9 个月(2~40 个月)的随访,根据 Macnab 标准评分,优良率为 91.6%;并发症包括硬脊膜被克氏针刺穿 1 例,硬膜囊撕裂 2 例,表皮伤口感染 1 例,椎间盘炎 1 例,椎间盘突出复发 2 例;该作者指出,采用 METR_x 系统进行后路微创椎间盘切除术是安全有效的。Wu 等^[13]回顾性分析采用 METR_x 系统治疗的腰椎间盘突出症患者 873 例,并进行平均 28 个月的随访观察,结果示在 VAS 和 ODI 评分的改变及疼痛的缓解方面与传统开放手术没有明显差异;但是采用 METR_x 的微创后路椎间盘切除手术组,平均住院时间 4.8d,恢复工作和正常活动所需平均时间为 15d,平均每个节段出血量为 44ml,与开放手术组存在明显差异。Jhala 等^[14]对 100 例腰椎间盘突出症患者采用 METR_x 系统进行治疗,术后进行平均 12 个月(3 个月~4 年)随访,Macnab

标准评分优良率为 91%。周跃等^[15]在 METR_x 内窥镜系统下治疗腰椎间盘突出症 211 例,分为保留黄韧带组 65 例,不保留黄韧带组 146 例,结果显示两组手术时间和住院时间无差异,但不保留黄韧带组硬脊膜损伤、椎间盘炎及伤口感染及复发率方面较保留黄韧带组高。后来周跃等^[16]采用经皮椎弓根螺钉复位固定、内窥镜(METR_x)下椎管减压、椎间盘切除、椎间植骨融合治疗腰椎间盘突出和/或腰椎滑脱患者 19 例,发现该术式具有手术切口小、腰骶肌肉剥离范围小、出血少、术后恢复快等优点,但其手术时间相对较长,手术操作难度较高,需要特殊设备和工具,术中患者所受辐射量较大。易伟宏等^[17]采用 METR_x 内窥镜系统手术治疗腰椎间盘突出退变疾病患者 476 例,其中包括腰椎间盘突出症,结果指出内窥镜下手术治疗腰椎间盘突出退变疾病有一定的并发症,镜下操作的熟练程度、手术适应证的选择与手术并发症有关。

经后路内窥镜(METR_x)下手术治疗腰椎间盘突出退变疾病是通过建立工作通道、借助内窥镜观察、应用特殊工具、在较小的空间里完成手术操作的一项微创技术。该手术对腰背部肌肉行逐级扩张,因此损伤小、术后瘢痕形成少,对脊柱稳定性影响轻,但其操作不同于传统开放手术,对术者要求较高,有较陡峭的学习曲线,也有其特殊的手术并发症如定位错误和置管偏差、硬脊膜损伤、神经根及马尾神经损伤、大血管损伤等。故初学者可选择单纯椎间盘突出症患者进行手术,随着经验的增加可有选择地扩大手术适应证^[17]。

4 经皮内窥镜椎间盘切除术(PELD)

自 Valls 等于 1948 年描述经皮椎体活检术以来,经皮的手术器械和手术技巧都在稳步更新。1986 年,Schreiber 等将关节镜引入经皮髓核切除术,优良率为 95%。1993 年,Mayer 和 Brock 采用可成角内镜及可屈式器械的改良经皮内窥镜技术取得了与开放手术相同的疗效。Yeung 等在 1997 研制出第三代经皮内窥镜系统,并应用于临床,随着手术器械的改进及手术经验的积累,经皮内窥镜椎间盘切除术(percutaneous endoscopic lumbar discectomy, PELD)得到了不断发展。

Yeung 等^[18]报道了包括 L5/S1 节段的 307 例后外侧经皮内窥镜下椎间盘切除术,平均随访 19 个月,问卷满意率 89.2%,并发症发生率 3.5%。Ahn 等^[19]通过对上腰椎间盘突出症(L1/2、L2/3 椎间盘突出)的 43 例患者进行经椎间孔经皮上腰椎椎间盘切除术,平均随访 38.8 个月,结果显示,年龄小于 45 岁、外侧椎间盘突出患者术后具有较好的临床效果。Choi 等^[20]采用经髂骨经皮内窥镜下行腰椎间盘切除术治疗髂骨较高的 51 岁男性 L4/5 椎间盘突出症患者,术中神经根得到减压,患者术后症状消失,术后第 2 天出院。Liu 等^[21]通过临床病例的长期随访,对比研究 PELD 治疗的 129 例与 MED 治疗的 101 例腰椎间盘突出症患者,PELD 组与 MED 组 MacNab 评分优良率存在统计

学差异,分别为 75.9%和 84.5%;MED 的花费及住院时间明显较 PELD 组明显高;长期随访 MED 组并发症 2 例,发生率为 2.44%,PLD 组无相关并发症。李振宙等^[22]指出经皮腰椎间孔成形、经椎间孔内窥镜下椎间盘切除术治疗非包含型腰椎间盘突出症创伤小、近期疗效好。鲁凯伍等^[23]应用腰椎后外侧入路经皮内窥镜下椎间盘切除术治疗 40 例外侧型腰椎间盘突出症患者,无术中硬脊膜破裂和血管、神经损伤并发症;依据 MacNab 标准评定,优良率 90%;结果显示经皮内窥镜下椎间盘切除术创伤小、出血少、视野清晰、操作精细、术后恢复快、手术效果优良。

PELD 的实施需要对纤维环周围解剖、安全三角工作区、纤维环开窗镜下位点、神经根孔和神经根镜下外观等知识有深刻的理解,同时术中需要交替使用内窥镜和操作器械,不能直视下同步完成操作,视野和椎间孔狭小空间及较陡的操作学习曲线限制了其临床应用。无论与传统开放手术比较,还是与显微椎间盘切除以及显微内窥镜下椎间盘切除手术比较,PELD 治疗极外侧型腰椎间盘突出症具有更加微创的优点,出血极少;局部麻醉安全可靠,通过内窥镜下充分清除突出的椎间盘,直接减压神经根,患者术后即刻可感受神经根症状改善。采用 PELD 组织损伤轻,术后次日患者可离床活动并出院^[24]。PELD 的适应证取决于内镜手术自身在患者解剖上的局限,以及医生对内镜手术技术掌握和经验积累。禁忌证决定于外科医生的手术经验和技巧,但妊娠、严重脊柱退变、椎管狭窄、脊柱不稳、椎管内粘连、髓核组织游离明显者应为禁忌证。

5 全内窥镜下腰椎间盘摘除术 (FLD)

FLD 是刚刚发展起来的一项技术,其优点在于切口小,对组织的损伤有限,手术视野内照明效果好,操作简便,对脊柱稳定性结构破坏小,能比较彻底地解决神经根压迫症状,同时能避免伤及神经根和硬膜囊,术后患者身体恢复快。Ruetten 等^[25]率先于 2005 年报道应用 FLD 治疗 463 例极外侧腰椎间盘突出症患者并随访 1 年,结果显示 81%患者腰腿痛的症状消失,14%患者偶有疼痛,没有症状加重的患者,没有任何并发症。Ruetten 等^[26,27]将 FLD 与传统微创手术做了比较,结果显示两种手术方式的治疗结果相近,而 FLD 背痛、术后并发症、创伤、恢复时间都有明显优势。Ruetten 等^[28,29]还对 FLD 治疗椎间盘手术做了扩展,用于颈椎间盘突出症也获得明显的效果。Ruetten 等^[30]将 FLD 应用于患有腰椎侧隐窝狭窄症的 161 个患者并随访 2 年,结果显示,74.5%患者腰腿痛的症状消失,20.5%患者偶有疼痛。与传统显微手术相比,并发症发生率及翻修率明显降低,并且具有明显的微创效果。

FLD 的手术适应证为临床上已考虑行椎间盘髓核摘除术,具有该术式明确的手术指征,患者年龄一般在 50 岁以下者。相对手术禁忌证包括:间歇性跛行为主,典型椎管狭窄表现,症状与查体不相符合,经 CT、MRI 证实有发育性、退变性、增生性椎管狭窄,严重钙化、骨化者。综合相

关文献^[25-30],FLD 术中操作应注意定位时定位器的两脚必须重叠,并且位于椎间隙内;务必将手术套管中的软组织清理干净,否则影响术野,再清理困难;充分重视术中出血,出血部位若在椎板外,可直接电凝,若在椎管内,应准确快速地用双极电凝或用等离子射频止血;充分显示神经后,要防止硬膜囊撕裂。虽然至今尚缺乏长期随访结果,但从手术经验来看,是一种值得推广的内镜手术方式。

综合上述内窥镜技术在治疗腰椎间盘突出症的应用,均具有创伤小、出血少、恢复快、并发症少,并能保持脊柱的稳定,术后无明显疤痕或粘连形成等优点,已成为治疗 LDH 的新趋势。随着对操作技术和手术操作器械的进一步改进及对椎间盘复发相关因素的研究,脊柱微创内窥镜下治疗腰椎间盘突出症有了飞速发展,但我们在采用微创内窥镜技术治疗腰椎间盘突出症时要严格掌握各种疗法的原理、适应证及禁忌证,对患者采取个体化的治疗方案,不能盲目扩大手术适应证。

6 参考文献

1. Kirkham BW, John D, Dena F, et al. Vascular injury in elective anterior lumbosacral surgery [J]. Spine, 2010, 35 (9): S66-S95.
2. Chiriano J, Abou-Zamzam AM Jr, Urayeneza O, et al. The role of the vascular surgeon in anterior retroperitoneal spine exposure: preservation of open surgical training [J]. J Vasc Surg, 2009, 50 (1): 148-151.
3. Garg J, Woo K, Hirsch J, et al. Vascular complications of exposure for anterior lumbar interbody fusion [J]. J Vasc Surg, 2010, 51 (4): 946-950.
4. 刘金伟, 宋磊, 丁自海, 等. 腹腔镜前路腰骶椎间盘融合术的解剖观察及形态学分型 [J]. 中国微创外科杂志, 2009, 9 (1): 50-53.
5. 黄强, 梁金荣, 董华祥, 等. 腹腔镜下腰椎前路手术治疗腰椎间盘突出症 [J]. 实用骨科杂志, 2006, 12 (3): 242-243.
6. 熊英辉, 贝抗胜, 刘建平, 等. 显微内窥镜下腰椎间盘髓核摘除术后中远期疗效分析 [J]. 中国矫形外科杂志, 2010, 18 (11): 952-953.
7. Takamori Y, Arimizu J, Izaki T, et al. Combined measurement of nerve root blood flow and electrophysiological values: intraoperative straight-leg-raising test for lumbar disc herniation [J]. Spine, 2010, 36 (1): 57-62.
8. Matsumoto M, Hasegawa T, Ito M, et al. Incidence of complications associated with spinal endoscopic surgery: nationwide survey in 2007 by the Committee on Spinal Endoscopic Surgical Skill Qualification of Japanese Orthopaedic Association [J]. J Orthop Sci, 2010, 15 (1): 92-96.
9. Dewing CB, Provencher MT, Riffenburgh RH, et al. The outcomes of lumbar microdiscectomy in a young, active population: correlation by herniation type and level [J]. Spine, 2008, 33 (1): 33-38.
10. 周跃, 张超. 内窥镜下椎间盘切除术治疗腰椎间盘突出症的现

- 状及存在的问题 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2006, 16 (4): 248-249.
11. Perez-Cruet MJ, Foley KT, Isaacs RE, et al. Microendoscopic lumbar discectomy: technical note [J]. Neurosurg, 2002, 51 (5): S129-S136.
12. Ranjan A, Lath R. Microendoscopic discectomy for prolapsed lumbar intervertebral disc [J]. Neurol India, 2006, 54 (2): 190-194.
13. Wu X, Zhuang S, Mao Z, et al. Microendoscopic discectomy for lumbar disc herniation: surgical technique and outcome in 873 consecutive cases [J]. Spine, 2006, 31 (23): 2689-2694.
14. Jhala A, Mistry M. Endoscopic lumbar discectomy: experience of first 100 cases [J]. Indian J Orthop, 2010, 44 (2): 184-190.
15. 周跃, 王健, 初同伟, 等. 内窥镜下保留与不保留黄韧带腰椎间盘摘除术的临床比较研究 [J]. 中华骨科杂志, 2005, 43 (20): 1321-1324.
16. 周跃, 王健, 初同伟, 等. 经皮椎弓根螺钉固定、内窥镜下腰椎管减压、椎间融合的临床应用 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2007, 17 (5): 333-336.
17. 易伟宏, 黄曹, 陈开林, 等. 内窥镜下手术治疗腰椎间盘退变性疾病并发症 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2009, 19 (12): 916-920.
18. Yeung AT. Posterolateral endoscopic excision for lumbar disc herniation: surgical technique, outcome and complications in 307 consecutive cases [J]. Spine, 2002, 27 (7): 722-731.
19. Ahn Y, Lee SH, Lee JH, et al. Transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy for upper lumbar disc herniation: clinical outcome, prognostic factors, and technical consideration [J]. Acta Neurochir (Wien), 2009, 151 (3): 199-206.
20. Choi G, Kim JS, Lokhande P, et al. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy by transiliac approach: a case report [J]. Spine, 2009, 34 (12): E443-E446.
21. Liu WG, Wu XT, Guo JH, et al. Long-term outcomes of patients with lumbar disc herniation treated with percutaneous discectomy: comparative study with microendoscopic discectomy [J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2010, 33 (4): 780-786.
22. 李振宙, 吴闻文, 侯树勋, 等. 经皮腰椎间孔成形内窥镜下椎间盘切除术治疗腰椎间盘突出的疗效观察 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2008, 18 (10): 752-756.
23. 鲁凯伍, 瞿东滨, 张树芳, 等. 经皮内窥镜下腰椎间盘切除术治疗外侧型腰椎间盘突出症 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2010, 20 (2): 107-111.
24. 王建, 周跃, 张正丰, 等. 经皮内窥镜下腰椎间盘切除术治疗极外侧型腰椎间盘突出症 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2008, 18 (7): 494-497.
25. Ruetten S, Komp M, Codolias G. An extreme lateral access for the surgery of lumbar disc herniations inside the spinal canal using the full-endoscopic uniportal transforaminal approach - technique and prospective results of 463 patients [J]. Spine, 2005, 30 (22): 2570-2578.
26. Ruetten S, Komp M, Merk H, et al. Full-endoscopic interlaminar and transforaminal lumbar discectomy versus conventional microsurgical technique: a prospective, randomized, controlled study [J]. Spine, 2008, 33 (9): 931-939.
27. Ruetten S, Komp M, Merk H, et al. Use of newly developed instruments and endoscopes: full-endoscopic resection of lumbar disc herniations via the interlaminar and lateral transforaminal approach [J]. J Neurosurg Spine, 2007, 6 (6): 521-530.
28. Ruetten S, Komp M, Merk H, et al. Full-endoscopic cervical posterior foraminotomy for the operation of lateral disc herniations using 5.9mm endoscopes: a prospective, randomized, controlled study [J]. Spine, 2008, 33 (9): 940-948.
29. Ruetten S, Komp M, Merk H, et al. Full-endoscopic anterior decompression versus conventional anterior decompression and fusion in cervical disc herniations [J]. Int Orthop, 2009, 33 (6): 1677-1682.
30. Ruetten S, Komp M, Merk H, et al. Surgical treatment for lumbar lateral recess stenosis with the full-endoscopic interlaminar approach versus conventional microsurgical technique: a prospective, randomized, controlled study [J]. J Neurosurg Spine, 2009, 10 (5): 476-485.

(收稿日期: 2010-10-18 修回日期: 2010-11-21)

(本文编辑 彭向峰)

消息

北京大学第三医院骨科 2011 年全国脊柱外科研讨会

由北京大学第三医院骨科主办的“2011 年全国脊柱外科研讨会——脊柱椎间盘疾病的治疗与研究进展”拟于 2011 年 6 月 2~5 日在北京远望楼宾馆召开。特别欢迎全国各地骨科医师积极参与疑难病例互动讨论。截稿日期: 2011 年 4 月 30 日。欢迎所有对椎间盘疾病研究有兴趣的医师参加本届研讨会特设的椎间盘疾病研究论坛。

网上报名及实时信息敬请浏览 <http://www.bysyguke.com>。学习班将授予参会代表国家 I 类继续教育学分。

会议咨询: 北京大学第三医院骨科 (北京市海淀区花园北路 49 号, 100191)。联系人: 牛晓燕, 王凤英; 电话及传真: (010) 82267368; 82266699-8830、8820。E-mail: Puh3_gk@bjmu.edu.cn。