

doi: 10.3978/j.issn.2095-6959.2015.06.060

View this article at: <http://dx.doi.org/10.3978/j.issn.2095-6959.2015.06.060>

胰胃吻合术的应用及研究进展

陈品中^{1,2} 综述 邵成浩¹ 审校

(1.第二军医大学长征医院普外科, 上海 200003; 2.江苏省江阴市中医院急诊科, 江苏 江阴 214400)

[摘要] **目的:** 总结胰胃吻合术(pancreaticogastrostomy, PG)在临床的应用及并发症。**方法:** 系统回顾国内外有关PG的文献, 了解PG的定义、应用背景及相关实验研究, 对PG的临床应用及并发症的研究作一综述。**结果:** 由于研究对象的差异、术者的经验及习惯、样本量的大小、研究方法的不同及其他诸多因素, 导致不同文献对于PG的优劣评价不尽相同。**结论:** 目前大部分临床实验研究的结果显示PG优于胰肠吻合(pancreticojejunostomy, PJ), 尤其在预防PD术后胰瘘的发生上, 胰胃吻合有其独特的优点。PG术的安全性、易行性及其他优越性已经被越来越多临床医生所认可。

[关键词] 胰胃吻合术; 胰肠吻合术; 并发症

The application and research progress of pancreaticogastrostomy

CHEN Pinzhong^{1,2}, SHAO Chenghao¹

(1. Department of General Surgery, Changzheng Hospital, SMMU, Shanghai 200003; 2. Department of Emergency, Jiangyin City Hospital of Traditional Chinese Medicine, Jiangyin Jiangsu 214400, China)

Abstract **Objective:** To summarize the clinical application of pancreaticogastrostomy (PG) and its complications. **Methods:** Reviewed the literatures at home and abroad about PG method systematically, including the definition, application background, relevant experimental study, the clinical application and complications. **Results:** Literatures gave different evaluations of PG due to the differences in research objects, the operator's experience and habits, the size of the sample, research methods and other factors. **Conclusion:** Most clinical trials research results show that PG has its unique advantages compared with pancreaticojejunostomy (PJ), especially in the prevention of postoperative pancreatic fistula pancreaticoduodenectomy. PG's safety, easy operation, and other advantages have been recognized by more and more clinical doctors.

Keywords pancreaticogastrostomy (PG); pancreaticojejunostomy (PJ); complications

收稿日期 (Date of reception): 2015-03-10

通信作者 (Corresponding author): 邵成浩, Email: 13801938229@163.com

胰十二指肠切除术(Pancreaticoduodenectomy, PD)是治疗胰头、胆管下段、十二指肠、壶腹部恶性肿瘤及某些良性肿瘤的经典手术方式,是延长胰腺及壶腹周围恶性肿瘤患者生命的目前公认的根本性术式。然而,PD术操作复杂、难度大、切除范围广、持续时间长,尽管其病死率已经降至5%以下,但是术后并发症多,发生率仍一度高达30%~50%^[1-2]。PD术的并发症主要包括胰瘘(pancreatic fistula, PF)、消化道及腹腔出血(bleeding)、胃排空延迟(delayed gastric emptying, DGE)、应激性溃疡(stress ulcer, SU)、腹腔感染(intraabdominal infectious)、胆瘘、多器官功能障碍综合征(multiple organ dysfunction syndrome, MODS)等。PF是PD术后导致严重并发症和死亡的主要原因,综合国内外文献报道,PF的发生率自5%~25%不等,所以降低PD术后患者并发症及死亡的关键是预防PF的发生。胰肠吻合(pancreaticojejunostomy, PJ)和胰胃吻合(pancreaticogastrostomy, PG)是两种最基本的胰腺残端与消化道重建的方式,PJ术大多基于早期的Whipple和Child术式^[3],其吻合方式为胰腺断端、胆管及胃分别与空肠吻合,虽然经过不断研究及改进,但PF的发生率仍在3%~30%。其主要原因是胰酶在胰肠吻合口处被胆汁激活,腐蚀吻合口,出现瘘或无法愈合。与此同时,PG术自1946年Wangh和Clagett首次报道^[4]一例PD术后PG成功应用临床以来,PG术经过不断的临床研究和应用已初步显示出许多理论和技术上的优点,包括并发症的发生率,尤其是PF的发生率有明显的降低^[5]。据2012年国外的文献^[6]报道,PD术后行PG病例已达3 800余例,但对PJ和PG术后近、远期并发症的关联意见仍未一致。本文综合国内外近年有关PG的文献,了解PG的定义、应用背景及相关实验研究,对PG的临床应用及并发症的研究作一综述。

1 胰胃吻合的定义及应用发展史

PG术定义:将胰腺术后残端全部或胰管长轴切开的胰管与胃后壁的各种吻合方式。早在1934年,Tripody和Sherwin首次在犬身上进行了胰胃吻合的动物实验研究,结果显示胰胃吻合可防止PD术后胰腺脓肿和继发性胰腺炎的形成,其原因在于酸性环境中胰胃吻合可减少胰蛋白酶的激活。Fukura等^[7]对PG术后胃酸分泌情况进行了犬实验研究,结果显示犬PG术后基础胃酸分泌量(basal acid output, BAO)明显增加,血清胃泌素基本保持不变,进食

后胃酸分泌无改变,服糖后犬的血清糖含量及胰岛素水平也无改变,也就是说PG术后胃酸分泌量增加,但是残胰的内外分泌功能未受影响。1946年,Wangh和Clagett^[4]首次于临床成功的实施了一例胰胃吻合术,从而开创了胰胃吻合术的先河,然而在此后相当长的时间里,PG术并未得到重视,在临床中的应用也不普遍,究其原因可能在于人们认为胰胃吻合改变了生理上和解剖上胰肠间的连续性,同时胃酸使胰酶在酸性环境下失活,使脂肪的消化与吸收受到了影响,而且胰管有可能被食物残渣或快速生长的胃黏膜等所覆盖,从而阻碍了胰管的通畅性,最终发展的后果是胰腺的不断萎缩并严重的破坏胰腺的内外分泌功能。自二十世纪八十年代,长时间被人们忽视的胰胃吻合逐渐又被外科医生重视及应用,目前已经成为胰腺外科研究的热点之一。McKay等^[8]发现,目前研究虽然不能完全证明PG术优于PJ术,但PG术是一种安全的胰腺残端重建术式。Bassi等^[9]发现,PG和PJ术后胰瘘发生率比较差异无统计学意义,但PG术术后胆瘘、腹腔积液、胃排空障碍的发生率明显低于PJ术组。Topal等^[10]在一项多中心随机临床试验中发现胰十二指肠胰头或壶腹周围肿瘤手术的患者,胰胃比胰肠吻合更有效减少了术后PF的发生率。也有学者认为,PG术后胰瘘的发生率低于PJ术,但DGE发生率高。

PG术作为PD术后胰腺消化道重建的重要术式,具有以下优点^[11]:1)胰腺与胃后壁生理解剖紧贴靠近,胃后壁面积较大,吻合口可以依照胰腺残端设计,吻合难度相对要求较低,吻合后残胰和胃的位置固定,吻合口对合稳定性较好;2)胃壁较空肠壁的优势有:壁韧厚、血供丰富,便于缝合^[11],而且出现吻合口局部缺血可能性相对较小;3)胰胃吻合口胰液排放入胃,胰酶在胃酸的酸性环境中不易被激活,吻合口易于正常愈合,而胰肠吻合口直接与被肠液激活的胰酶接触,吻合口容易被消化腐蚀,且容易造成相关胰腺局部坏死^[11];4)术后的胃肠减压能使胃腔保持排空,吻合口张力减小;胰液和胆汁分流后分别汇入消化道,胆肠吻合肠袢压力得到有效缓解从而降低胆肠吻合口瘘的发生率;5)通过碘水造影、电子胃镜等检查,观察监测胰管通畅性和胰腺分泌功能,内镜下外科治疗相对易于操作;6)胰腺残端粗大病例在胰胃吻合中手术困难较小;7)捆绑式胰胃吻合中胃黏膜与胃后壁的荷包缝合分别和胰腺残端的内外捆绑即完成吻合,操作简单、方便,同时减少了因缝合胰腺残端而出

现针眼渗漏和出血的可能性。

2 PG 术的手术方式

临床上目前采用的胰胃吻合方式主要有：单层胰胃吻合、双层胰胃吻合、胰管胃对黏膜(植入式)吻合和捆绑式胰胃吻合。单层PG术的主要步骤是：切除胰十二指肠标本后，经主胰管插入一根管径相当且含有多个侧孔的硅胶管并妥善固定，胰腺断面间缝合，向胰腺残端胰尾部游离约3 cm，与胰腺残端相对应位置切开胃后壁全层，长度应略小于胰腺残端，1号丝线间断缝合胃后壁上缘全层与胰腺前壁被膜及少许胰实质，将残胰紧密套入胃内2~3 cm后用1号线间断缝合胃后壁下缘全层与胰腺后壁，至此吻合完成^[12]。

Takano等^[13]创建了双层PG术式，具体方法为：向胰腺残端胰尾部游离约3 cm，经主胰管插入一根管径相当且含有多个侧孔的硅胶管并妥善固定，据胰腺断面1 cm左右用1号丝线行胰前侧被膜与胃后壁切口上缘浆肌层缝合，据此排缝合线约0.5 cm处切开胃后壁全层，将胰腺残端前缘与胃后壁切口上缘行全层缝合，将残胰紧密置入胃内后行胰腺残端后缘与胃后壁下缘全层缝合，最后将胰腺后侧被膜与胃后壁浆肌层进行缝合，吻合完成。此方法目的在于避免直接缝合胰腺，术后胰痿的发生率有望降低。Zhu等^[14]将双层胰胃吻合术应用于92例患者中的安全性和可靠性评估结果显示，术后PF及相关的腹腔感染和出血等总体发病率为16.3%，仅有2例患者出现了PF，我们认为该技术在PD术后重建过程中简单且安全，尤其是对软而脆弱的胰腺患者，但目前需进行PD术的患者胰腺质地大多较硬，导致该术式的选择具有一定的局限性。

Telford等^[15]使用了胰管胃黏膜直接吻合术，在胃后壁浆肌层作5~7 cm切口，切开2~3 mm黏膜及黏膜下层，胰管与胃黏膜用缝线间断缝合，然后行胃浆肌层和胰腺断端被膜间断缝合。另有陈道瑾等^[16]将胰管胃黏膜直接吻合(植入式胰管胃黏膜吻合)使胰腺残端紧贴于胃黏膜下层。该吻合方法是向胰腺残端胰尾部游离约3 cm，将胰腺残端上下缘部分组织与胃后壁浆肌层间断缝合后，使残胰紧靠胃后壁，在胃后壁与胰管相对应位置戳一小孔，将与主胰管管径相当且含有多个侧孔的硅胶管插入胃内，用可吸收线间断缝合胰管和胃后壁黏膜，最后将剩余胰腺上下缘组织与胃后壁浆肌层进行缝合，使胰腺残端紧贴胃后壁。该术式

能够避免胰腺残端出血和胰管阻塞。

捆绑式PG术为2008年彭淑牖等^[17-19]设计的新颖胰胃吻合方式，该吻合方式不仅很好地解决了捆绑式胰肠吻合术中因胰腺残端太大难以套入空肠内的难题，而且明显的降低了胰痿的发生率。捆绑式PG术分为I型、II型、III型和IV型四种捆绑式PG术。I型捆绑式PG术的主要步骤包括胰腺残端游离，胃后壁浆肌层预置荷包缝线，胰腺残端胃后壁浆肌层捆绑，利用Prolene线将胰腺残端与其周围的胃黏膜行间断或连续缝合和胰腺残端胃后壁黏膜层捆绑。II型吻合方式省去了I型中的残胰与胃黏膜的缝合，达到了无针眼吻合。III型是将胃后壁浆肌层切口预置荷包缝合线后，切开胃黏膜将其拉出，与胰腺残端进行缝合，而后将残胰送入黏膜管内2~2.5 cm，收紧并结扎预置的荷包线，使胰腺残端剩余部与胃后壁浆肌层切缘牢固捆绑在一起，完成外捆绑。IV型吻合方式主要在胃后壁胃黏膜管不能充分形成时使用，首先沿切口边缘2~3 cm预置胃浆肌层荷包缝线，将胰腺残端与胃后壁行间断缝合后抽紧预置荷包线并结扎，从而完成胃后壁浆肌层外捆绑，之后将胃后壁浆肌层和黏膜层一同送入胃腔。

四种捆绑式PG方式各有其优点，II型较I型省去了胰腺和胃黏膜层的吻合，消除了针眼，但二者要通过打开胃前壁或胃残端操作，加重了胃的损伤，同时延长了手术时间；III型和IV型操作尽管避免了打开胃前壁或胃残端，但不是在直视下进行黏膜与胰腺残端的捆绑式打结，有松紧不易控制的难度和风险。对于同时需型胃肠吻合者行II型捆绑式PG术，而对于一线中断切除等无需行胃肠吻合者则行III型，胃黏膜皱襞较少时选择IV型。

总而言之，PG术目前在临床应用上取得了较好的结果，但是并非所有行PD术的患者均适合行PG术。胰腺癌或慢性胰腺炎等疾病使胰腺质地较硬时行胰胃吻合不易发生胰痿，胰腺质地较软且血供丰富的情况下吻合时受牵拉或捆绑的影响易出血和撕裂；胰管扩张大于或等于3 mm时常采用此术式，对胰管不扩张者常采用植入式PG术^[20-21]；胰腺残端较大行胰肠端侧或套入吻合困难时可行胰胃吻合；另外空肠较细、明显水肿或血供较差时会导致PF的发生率增加，也需要考虑PG术。

3 PG 术的其他应用

1) PG应用于胰腺肿瘤中段切除：胰腺中段良

性或低度恶性病变的年轻患者有良好的手术效果以及远期效果^[22]。

2) PG应用于胰腺创伤: Martin等^[23]报道了5例相关研究, 5例患者为胰腺创伤后行PG术, 手术后恢复顺利, 患者均无症状存活。Choi等^[24]在一例病人治疗中发现, 胰胃吻合可以是一种用来治疗胰腺横断的手术选择, 其快速和简单性有利于损伤控制, 从而保护创伤患者的器官功能。

3) PG应用于慢性胰腺炎: Fernandez-Cruz等^[25]使用纵向胰管切开胰胃吻合术治疗慢性胰腺炎得到良好效果。

4) PG应用于胃十二指肠动脉瘤^[26]。

5) PG术应用于脾动脉瘤远端胰腺切除^[27]。

6) PG术应用于抢救PD术胰肠吻合出现严重的PF^[28]。

4 胰胃吻合术的并发症

PD术是腹部外科中手术时间长、创伤大、并发症的发生率和病死率相对较高的手术, 其术后并发症发生率约为30%~60%^[29]。PD术后行PG术常见的主要并发症: 近期有PF、出血, 腹腔感染, 远期有胰腺内外分泌功能的影响。其中胰瘘及相关的出血和腹腔感染是导致PG术后病死率高的主要因素, 更是影响PG术安全性的关键。PF、出血的处理方法一般有: 全胃肠外营养, 胃肠减压, 胰瘘部位持续的腹腔冲洗, 运用奥曲肽或其类似物的保守管理; DSA血管栓塞; 再次手术治疗; 内镜下外科治疗等。Aranha等^[30]在经过无死亡的连续152例PD术后行PG术。总结: PF是最常见的并发症。可以用非手术方法获得治愈。在适当的吻合选择、周密的术前准备, 适当的手术进行, PD术可获得零病死率。Topal等^[31]在比较PD术后PJ和PG吻合术重构消化道的多中心临床试验中, 得出结果: 两组术后并发症的总发病率没有显著的不同, PG比PJ吻合在减少术后胰瘘的发生率更有效。Menaheem等^[32]选择符合纳入标准的7个前瞻性随机对照试验共1 121例患者进行Meta分析。结果显示, 与胰肠吻合组相比, 胰胃吻合组能显著降低胰十二指肠切除术后胰瘘发生率。

5 结语

目前大部分临床实验研究的结果显示PG优于PJ, 尤其在预防PD术后PF的发生上, 胰胃吻合有其独特的优点。由于研究对象的差异、术者的经

验及习惯、样本量的大小、研究方法的不同及其他诸多因素, 导致不同文献对于PG的优劣评价不尽相同。但是目前PG术的安全性、易行性及其他优越性已经被越来越多临床医生所认可。

参考文献

- Ohigashi H, Ishikawa O, Eguchi H, et al. A simple and safe anastomosis in pancreaticogastrostomy using mattress sutures[J]. *Am J Surg*, 2008, 196(1): 130-134.
- Kamohara Y, Hirayama T, Hamada S, et al. Pancreaticogastrostomy reduces operative complications after pancreaticoduodenectomy; a single center experience[J]. *Pancreatology*, 2013, 13(4): S70.
- Whipple AO, Parsons WB, Mullins CR. Treatment Of Carcinoma Of The Ampulla Of Vater[J]. *Ann Surg*, 1935, 102(4): 763-779.
- Waugh JM, Clagett OT. Resection of the duodenum and head of the pancreas for carcinoma; an analysis of thirty cases[J]. *Surgery*, 1946, 20: 224-232.
- Donahue TR, Reber HA. Surgical management of pancreatic cancer—pancreaticoduodenectomy[J]. *Semin Oncol*, 2015, 42(1): 98-109.
- Takao S, Shinchi H. Pancreaticogastrostomy: a pancreas-transfixing method with duct-to-mucosa anastomosis (with video)[J]. *J Hepatobiliary Pancreat Sci*, 2012, 19(2): 131-134.
- Fukura K. Effect of pancreaticogastrostomy on gastric and pancreatic secretions in dogs[J]. *Nihon Geka Gakkai Zasshi*, 1995, 96(4): 228-235.
- McKay A, Mackenzie S, Sutherland FR, et al. Meta-analysis of pancreaticojejunostomy versus pancreaticogastrostomy reconstruction after pancreaticoduodenectomy[J]. *Br J Surg*, 2006, 93(8): 929-936.
- Bassi C, Falconi M, Molinari E, et al. Reconstruction by pancreaticojejunostomy versus pancreaticogastrostomy following pancreatotomy: results of a comparative study[J]. *Ann Surg*, 2005, 242(6): 767-771, discussion 771-773.
- Topal B, Fieuws S, Aerts R, et al. Pancreaticojejunostomy versus pancreaticogastrostomy reconstruction after pancreaticoduodenectomy for pancreatic or periampullary tumours: a multicentre randomised trial[J]. *Lancet Oncol*, 2013, 14(7): 655-662.
- Flautner L, Tihanyi T, Szécsényi A. Pancreatogastrostomy: an ideal complement to pancreatic head resection with preservation of the pylorus in the treatment of chronic pancreatitis[J]. *Am J Surg*, 1985, 150(5): 608-611.
- Aranha GV. A technique for pancreaticogastrostomy[J]. *Am J Surg*, 1998, 175(4): 328-329.
- Takano S, Ito Y, Watanabe Y, et al. Pancreaticojejunostomy versus pancreaticogastrostomy in reconstruction following pancreaticoduodenectomy[J]. *Br J Surg*, 2000, 87(4): 423-427.

14. Zhu F, Wang M, Wang X, et al. Modified technique of pancreaticogastrostomy for soft pancreas with two continuous hemstitch sutures: a single-center prospective study[J]. *J Gastrointest Surg*, 2013, 17(7): 1306-1311.
15. Telford GL, Mason GR. Pancreaticogastrostomy: clinical experience with a direct pancreatic-duct-to-gastric-mucosa anastomosis[J]. *Am J Surg*, 1984, 147(6): 832-827.
16. 陈道瑾, 张茂祖, 刘浔阳, 等. 胰腺切除术后胰管和胃粘膜吻合术[J]. *中国现代手术学杂志*, 1996, 1(2): 114-115.
CHEN Daojin, ZHANG Maozu, LIU Xunyang, et al. The pancreatic duct consistent with stomach mucosa after pancreatectomy[J]. *Chinese Journal of Modern Operative Surgery*, 1996, 1(2): 114-115.
17. 彭淑牖, 王许安, 刘颖斌, 等. 彭氏胰胃吻合术——I型与II型的比较(兼论III型和IV型)[J]. *外科理论与实践*, 2009, (05): 505-509.
PENG Shuyou, WANG XUAN, LIU YINBIN, et al. Peng's pancreaticogastrostomy——Comparative study on types I and II procedures (with types III and IV appended)[J]. *Journal of Surgery Concepts & Practice*, 2009, (05): 505-509.
18. 彭淑牖, 李江涛. 胰十二指肠切除术后胰消化道重建方式的合理选择[J]. *肝胆外科杂志*, 2011, (06): 401-403.
PENG Shuyou, LI Jiangtao. Reasonable choice of reconstruction of the pancreatic digestive tract after pancreatoduodenectomy[J]. *Journal of Hepatobiliary Surgery*, 2011, (06): 401-403.
19. 粟东海, 刘明. 捆绑式胰胃吻合术在胰十二指肠切除术中的应用体会[J]. *中华临床医师杂志*, 2011, 5(22):6803-6804.
LI Donghai, LIU Ming. Experience in clinical application of binding pancreaticogastrostomy after pancreaticoduodenectomy[J]. *Chinese Journal of Clinicians(Electronic Edition)*, 2011, 5(22): 6803-6804.
20. Croome KP, Farnell MB, Que FG, et al. Pancreaticoduodenectomy with major vascular resection: a comparison of laparoscopic versus open approaches[J]. *J Gastrointest Surg*, 2015, 19(1): 189-194; discussion 194.
21. Buchs NC, Addeo P, Bianco FM, et al. Robotic versus open pancreaticoduodenectomy: a comparative study at a single institution[J]. *World J Surg*, 2011, 35(12): 2739-2746.
22. Goudard Y, Gaujoux S, Dokmak S, et al. Reappraisal of central pancreatectomy a 12-year single-center experience[J]. *JAMA Surg*, 2014, 149(4): 356-363.
23. Martin GM, Morillas PJ, Pino JC, et al. Reconstruction after pancreatic trauma by pancreaticogastrostomy[J]. *Int J Surg Case Rep*, 2015, 9: 92-94.
24. Choi SB, You J, Choi SY. A case of traumatic pancreaticoduodenal injury: a simple and an organ-preserving approach as damage control surgery[J]. *JOP*, 2012, 13(1): 76-79.
25. Fernandez-Cruz L, Poves JI, Sanchez S, et al. Longitudinal pancreaticogastrostomy in patients with chronic pancreatitis[J]. *HPB (Oxford)*, 2015, 17(6) :559-562.
26. Delcore R, Thomas JH, Pierce GE, et al. Pancreatogastrostomy: a safe drainage procedure after pancreatoduodenectomy[J]. *Surgery*, 1990, 108(4): 641-645; discussion 645-647.
27. Shahani RB, Bijlani RS, Dalvi AN, et al. Massive upper gastrointestinal haemorrhage due to direct visceral erosion of splenic artery aneurysm[J]. *J Postgrad Med*, 1994, 40(4): 220-222.
28. Bachellier P, Oussoultzoglou E, Rosso E, et al. Pancreatogastrostomy as a salvage procedure to treat severe postoperative pancreatic fistula after pancreatoduodenectomy[J]. *Arch Surg*, 2008, 143(10): 966-970; discussion 971.
29. Vollmer CM Jr, Lewis RS, Hall BL, et al. Establishing a quantitative benchmark for morbidity in pancreatoduodenectomy using ACS-NSQIP, the Accordion Severity Grading System, and the Postoperative Morbidity Index[J]. *Ann Surg*, 2015, 261(3): 527-536.
30. Aranha GV, Hodul PJ, Creech S, et al. Zero mortality after 152 consecutive pancreaticoduodenectomies with pancreaticogastrostomy[J]. *J Am Coll Surg*, 2003, 197(2): 223-231; discussion 231-232.
31. Topal B, Fieuws S, Aerts R, et al. Pancreaticojejunostomy versus pancreaticogastrostomy reconstruction after pancreaticoduodenectomy for pancreatic or periampullary tumours: a multicentre randomised trial[J]. *Lancet Oncol*, 2013, 14(7): 655-662.
32. Menahem B, Guittet L, Mulliri A, et al. Pancreaticogastrostomy is superior to pancreaticojejunostomy for prevention of pancreatic fistula after pancreaticoduodenectomy: an updated meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Ann Surg*, 2015, 261(5): 882-887.

本文引用: 陈品中, 邵成浩. 胰胃吻合术的应用及研究进展 [J]. *临床与病理杂志*, 2015, 35(6): 1184-1188. doi: 10.3978/j.issn.2095-6959.2015.06.060

Cite this article as: CHEN Pinzhong, SHAO Chenghao. The application and research progress of pancreaticogastrostomy[J]. *Journal of Clinical and Pathological Research*, 2015, 35(6): 1184-1188. doi: 10.3978/j.issn.2095-6959.2015.06.060