

门静脉栓塞术的操作技术、栓塞材料及临床应用

官泳松, 刘 源

官泳松, 刘源, 四川大学华西医院放射科 四川省成都市 610041
项目负责人: 官泳松, 610041, 四川省成都市国学巷, 四川大学华西医院放射科, yongsongGuan@yahoo.com
电话: 028-85421008 传真: 028-85421008
收稿日期: 2004-05-28 接受日期: 2004-07-14

摘要

门静脉栓塞术有经皮经肝和经回结肠静脉两种途径. 临床中以经皮经肝途径常用, 该途径可通过插入导管或细针穿刺的方法进行栓塞, 两种方法各有优缺点, 操作有关的严重并发症少见. 用于门静脉栓塞的材料较多, 均可达满意栓塞效果, 应根据情况选用. 门静脉栓塞后 2-4 wk, 多数患者未栓塞叶体积增大 30-50%. 门静脉栓塞术主要用于治疗性肝肿瘤切除术前, 并扩大了手术适应证, 改善了预后; 也可与肝动脉化学药物栓塞术联合使用, 以提高肝癌的治疗效果.

官泳松, 刘源. 门静脉栓塞术的操作技术、栓塞材料及临床应用. 世界华人消化杂志 2004;12(8):1900-1904
<http://www.wjgnet.com/1009-3079/12/1900.asp>

0 引言

早在 1970 年代, 就有选择性门静脉插管术的应用^[1-3]. 那时, 该技术用来行门静脉造影, 了解门静脉循环和肝实质信息^[1]; 还用来经门静脉途径栓塞曲张静脉, 治疗胃食管静脉曲张出血^[1-3]. 1986 年日本学者 Kinoshita *et al*^[4]首先应用并报道了门静脉栓塞术(portal vein embolization, PVE), 并观察到栓塞侧的肝叶萎缩, 未栓塞侧肝叶肥大. 随后, Matsuoka^[5]对 PVE 术和栓塞材料作了进一步研究, 在 1989 年指导性地提出了 PVE 术的 4 个主要目的: 扩大外科手术适应证、防止肿瘤沿门静脉播散、配合动脉灌注使肿瘤完全坏死、防止门静脉瘤栓形成. 近年来, 因 PVE 术能有效诱导预计残余肝(future remnant liver, FRL)的体积增大和功能增强, 多用于外科肝肿瘤的治疗性肝切除术前, 以扩大手术适应证、减少术后肝功能衰竭、感染、出血的发生.

1 门静脉栓塞术操作技术

门静脉栓塞术通常有经皮经肝途径和经回结肠静脉两种途径. 经回结肠途径需在麻醉下行开腹术或腹腔镜术, 将导管插入回结肠静脉. 虽然在开腹术中可探查肿瘤侵及的范围, 但由于需麻醉和开腹, 风险较大, 仅在无经皮介入设备情况下应用. 而在腹腔镜下插管操作难度较大, 也不易成功. 因而临床上以经皮经肝途径常用^[6-7]. 经

皮经肝穿刺术可在超声和/或透视引导下进行. 有两种技术, 一种是在门静脉分支中插入导管^[6-7], 一种是用细针穿刺门静脉完成栓塞^[8-10]. 多数学者使用前者, 但技术复杂, 费用昂贵. 经皮经肝细针穿刺, 易达到选择性栓塞, 操作简便、无射线, 患者痛苦小, 恢复更快, 在国内应用较广^[11]. 但其不利之处在于, 由于肿瘤内循环紊乱、严重肝硬化、门静脉高压、肝动脉门静脉瘘, 10-30% 患者常出现门静脉血液反流, 细针栓塞时因没有阻断血流, 操作不当易导致迷走栓塞; 另一不利是栓塞剂通常限制为无水乙醇和/或碘油, 只能栓塞门静脉远端分支, 且乙醇栓塞效果是剂量依赖的, 剂量过大患者不易耐受^[8-9].

1.1 经皮经肝插入导管技术 经皮经肝插入导管多在超声引导下进行, 也可在透视引导下完成或二者结合^[6-7, 12-13]. 导管通常选用 5.5 F 三腔球囊导管, 充气的球囊起阻塞门静脉血流, 防止造影剂反流的作用; 另外两腔可分别同时注入栓塞剂的两种成分(如纤维蛋白胶的两种溶液), 以达到在血管中才出现混合、凝集的目的^[6]. 同时, 可根据欲栓塞之门静脉的开口情况, 选择侧方开口或顶端开口的导管. 患者平卧, 术前 30 min 肌注 15 mg 喷他佐辛和 0.5 mg 阿托品. 局部消毒, 然后穿刺点局部麻醉直至肝表面, 在超声或透视引导下, 用 18-gauge 穿刺针经皮穿刺欲栓塞之门静脉, 成功后引入 5.5 F 或 6 F 导管鞘, 然后引入导管, 造影了解门静脉分支情况后, 充盈球囊堵塞血流后即可进行栓塞. 栓塞前可经导管注入利多卡因 100 mg, 减轻疼痛. 门静脉造影证实栓塞结果后, 拔出导管及鞘, 用纱布加压包扎穿刺点^[6-7, 12]. 多数学者采用穿刺门静脉左支根部, 然后栓塞右侧门静脉的对侧法. 这种对侧栓塞方法, 技术上容易, 但危险性较高. 因为穿刺点位于非切除叶上, 如果操作不注意, 可导致胆道出血、肝动脉门静脉瘘、门静脉血栓, 使后期的肝切除不能进行. 而同侧法不会出现这些问题, 较对侧法安全^[6-7]. 同时, 因为右前叶无论何种肝切除术式, 均要被切除, 且右前叶门静脉分支易于被超声探查, 穿刺成功后后续操作容易进行, 故右前叶门静脉是理想的同侧法穿刺点. 在栓塞右叶时, 门静脉右支主干近端 1 cm 应保留, 便于后期外科手术分离、缝合门静脉右支, 防止术后门静脉分叉处硬化^[6]. 在穿刺门静脉右前支失败后, 应选择门静脉左支途径或经回结肠静脉途径, 而非穿刺右后支门静脉. 因为右后支门静脉不易显示清楚, 不易建立一个理想的通道^[7].

1.2 经皮经肝细针穿刺技术 先用超声仔细扫查肝、肿

瘤和门静脉分支情况,然后用20 g/L利多卡因局部麻醉穿刺点直至肝表面,在超声引导下选用21-gauge PTC穿刺针从探头侧方穿刺靶门静脉.操作时应注意不能在靠近门静脉分支汇合处穿刺.穿刺成功后,拔出针芯可见暗红色门静脉血液流出.此时推入CO₂气体5 mL,行门静脉声学造影,了解有无门静脉反流和证实穿刺静脉是否为肿瘤血管.如果CO₂的弥散超过了栓塞叶的范围,则不能进行栓塞,以免发生迷走栓塞;如果未超出,则按0.4 mL/kg剂量经细针注入1:2的乙醇碘油混合物进行栓塞.超声监控下,可见细小点状回声扩散入肿瘤实质,局部区域有回声增强.术毕缓慢拔出细针,纱布加压包扎穿刺点;术后常规给予吸氧、抗炎、止血、监护生命体征处理^[8-11,14].

1.3 操作有关并发症、禁忌证 经皮经肝穿刺插管技术和经皮经肝细针穿刺技术的成功率据报道分别为95.7%~100%^[6-7,12]和90.2%~94%^[8-9,14].总的说来经皮经肝穿刺技术的操作相关严重并发症较少^[12]. Nagino *et al*^[16]报道经皮经肝插入三腔球囊导管,38例患者全部成功,无胆道出血、腹腔内出血之类早期并发症,有1例出现腹痛. Kodama *et al*^[7]报道47例经皮经肝穿刺插管操作,45例(95.7%)成功,并发症7例(14.9%),包括气胸(2),穿中动脉(1),假性动脉瘤(1),胆道出血(1),门静脉血栓(1),无1例死于并发症.其中导管鞘误入肝动脉和胆道出血系同1患者:因导管鞘误入肝动脉而未能行栓塞术,在拔鞘之前先行TAE术,防止了动脉出血,但术后出现了胆道出血并需输血治疗.经皮经肝细针穿刺的患者,术后常出现不同程度的肝区疼痛(65.3%~80.8%)、低热(34.6%~57.4%)、恶心呕吐(19.1%~26.9%)^[8,10-11,15].较多的患者在经皮经肝细针穿刺后出现肝区疼痛,或许是注入的无水乙醇栓塞剂有相对明显的组织坏死作用之故^[12]. Ji *et al*^[8]报道47例行肝细针穿刺的患者,副作用包括不同程度的肝区疼痛(80%,38例),低热(57.4%,27例),恶心呕吐(19.1%,9例),未出现异位栓塞、局部出血、胆漏等严重并发症. Lu *et al*^[9-10,15]报道的肝细针穿刺患者术后并发症情况类似,并有2例出现急性缺血性胆囊炎,原因为栓塞过程中针头偶然移位致胆囊血管栓塞. Nagino *et al*^[16]报道1例PVE术后急性脾功亢进、脾大的患者.由于PVE可导致未栓塞叶内的肿瘤加速生长,一般未栓塞叶内有肿瘤的患者为栓塞禁忌证.此外,门静脉高压并发严重食管静脉曲张也为禁忌证.下列情况不宜行PVE术:恶病质;严重肝功能或心、肾功能损害;凝血功能障碍;门静脉主干内大量瘤栓.

2 栓塞材料

常用的栓塞材料较多,文献报道的有氰丙烯酸盐、无水乙醇、明胶海绵、聚乙烯醇(PVA颗粒)、碘油、不锈钢圈、纤维胶、凝血酶与纤维蛋白的黏附混合物等,通常以氰丙烯酸盐、无水乙醇、明胶海绵、PVA颗粒、碘油等常用^[8,17-24].各种栓塞剂均能使未栓塞叶体积增大,达

到满意效果,但何种为最佳材料,尚无定论. Matsuoka^[15]最早将碘化油与不同物质混合,观察栓塞狗的肝门静脉效果,提出碘油凝血酶混合物(Lp-T)适于短期栓塞,碘油纤维蛋白黏附混合物(Lp-F)适于中期栓塞,碘油氰丙烯酸盐混合物(Lp-IBC)适于长期栓塞.

氰丙烯酸盐与血中的电解质接触后迅速聚合成硬块,长期不溶解,导致快速可靠的栓塞,能保证门静脉4 wk以上的栓塞,不像明胶海绵多数患者可出现再通^[21].在栓塞时还可加用碘油,以显示门静脉分支.但根据临床观察,虽然氰丙烯酸盐栓塞效果明确,栓塞后对侧叶平均体积增大90%,明显高于明胶海绵(53%),不锈钢圈(44%),但常出现广泛的胆管周围炎、胆管周围硬化、肝细胞坏死,并因此而出现显著的一过性肝功能恶化^[21-22,25].另一方面,氰丙烯酸盐对导管和球囊有极强粘性,不能在球囊阻塞下注射,所以栓塞时易反流至对侧叶,导致误栓出现;再者,由于其聚合迅速,常不能栓塞远端血管,因而会有部分侧支循环形成^[12].

无水乙醇作为一种液态栓塞物质,有强烈的接触破坏性,破坏血管内膜,造成门静脉永久性闭塞和组织细胞明显坏死^[26].缺点是其栓塞效果是剂量依赖性的,较大的剂量患者常不能耐受,PVE术后常出现明显疼痛和组织坏死^[12,26].但国内外学者研究指出,只要乙醇剂量适合,栓塞一般是安全有效的,并在狗的实验上发现0.4~0.5 mg/kg有较好效果^[26-28].经导管注入乙醇,立刻出现快而迅速的血管闭塞,渗入的组织出现整个坏死,因此在操作上不易控制;而细针穿刺栓塞技术,由于门静脉未被阻塞,大量乙醇被血流稀释,进入实质;血栓形成是由于血细胞团集、血浆蛋白凝集、局灶性门静脉炎,形成过程相对较慢,所以对肝组织损害不严重.这一优点尤其有利于肝炎、肝硬化患者.而乙醇本身粘度小,也适于细针注射.另一个优点是肿瘤易侵及门静脉,乙醇的外周渗透和血栓形成的作用有抗癌的效果^[9-11].

明胶海绵作为栓塞剂,虽然未栓塞叶肥大程度相对较低(30%),并有栓塞后再通的报道^[4],但对于肝功能影响最小,且为一过性,表现为TB, ALT, AST的轻微升高,或许可由平均400 μm直径的明胶海绵颗粒没有导致组织水平的门静脉栓塞来解释^[21].栓塞叶的镜下改变主要为大量细胞凋亡而无明显炎症、坏死,并与肝移植后肝动脉血栓形成或TAE术造成的肝动脉血供急性中断观察到的TB, ALT, AST显著升高成鲜明对比.明胶海绵这种栓塞后不造成大片组织坏死和炎症的优点极其有用,因为不是每一个行PVE术的患者都有机会接受手术治疗^[21].有学者报道明胶海绵加用聚多卡醇可有更好的栓塞效果^[29-30]. de Baere *et al*^[22]和 Yamakado *et al*^[27]发现不锈钢圈常出现异位栓塞,术后未栓塞叶的门静脉主干内血栓形成增多,且只导致近端栓塞,其远端常通过侧支循环形成再通,认为不适用于PVE术. Hemming *et al*^[18-19]报道了不锈钢圈和PVA颗粒的联合应用,但只弥补了不锈钢圈近端栓塞的缺点. Park *et al*^[31]

和Ko *et al*^[12]报道通过乙烯酸盐部分水溶反应得到一种新的栓塞剂 Embol-78, 并与无水乙醇和非离子造影剂混合后, 分别在猪的实验中和在临床应用中均取得了较好效果. 认为其优点在于当球囊阻塞门静脉, 血流趋于缓慢、停滞时, 栓塞剂能缓慢固化, 并完全栓塞远端血管而无反流出现, 也无栓塞血管再通出现, 同时组织反应和肝功能影响轻微^[12, 31]; 但不利之处是导致轻、中度腹痛, 栓塞剂充满门静脉管腔后需要 10–15 min 才能固化和所用球囊导管不易被插进较小的门静脉分支^[12].

3 PVE 术后肝叶的体积改变和预测因素

3.1 PVE 术后肝叶的体积改变 PVE 术后 2–4 wk 绝大多数患者未栓塞叶出现 30–50% 的肥大和栓塞叶相应程度的萎缩, 患者之间呈现出明显的个体差异(表 1). 总的来说, 男性、糖尿病或肝硬化患者的肥大程度较低^[21, 32–33], 并发胆汁淤积的患者肥大程度较高^[8]. 通常, 非肝硬化的肝再生速度最快, PVE 术后 2 wk 增长 12–21 cm³/d, 在 4 wk 左右速度变慢降到 11 cm³/d; 而有肝硬化的肝脏, 术后 2 wk 增长仅 9–11 cm³/d^[12, 23–34]. Fujii *et al*^[35]观察到栓塞叶的平均肝细胞体积 8 686 μm, 平均肝细胞计数 109 × 10⁹/L, 对照组分别为 6 544 μm 和 122 × 10⁹/L, 认为非栓塞叶的体积增大主要由于肝细胞的肥大(hypertrophy), 而非增生(hyperplasia). Farges *et al*^[36]和 Wakabayashi *et al*^[37]的两组患者均发现, 慢性肝损害患者的未栓塞叶的肥大程度(23–35%)明显低于正常肝的患者(34–44%). 伴有慢性肝炎、肝硬化等肝损害的患者未栓塞叶的肥大程度较低或许与肝细胞对肝营养因子的反应能力下降有关^[34]. 从不同栓塞剂诱导的肝叶肥大来看, 氰丙烯酸盐的效果似乎最突出^[20, 22, 24], 其中 de Baere *et al*^[22]的一个亚组出现了 90% 的肥大, PVA 与钢圈合用诱导 40% 左右的肥大也令人满意^[18–19], 单用

明胶海绵出现的肥大也达 30% 左右^[17, 20]. 总的说来, 不管患者选择的差异, 各栓塞剂均达到了满意的效果. 综合栓塞剂的使用方便性、造成的坏死反应和对肝功能的影响等各方面情况, 似乎还不能说那种栓塞剂最好. 不少学者报道 PVE 与 TAE 联用, 未栓塞叶的肥大和栓塞叶的萎缩更明显^[38–39]. Uwagawa *et al*^[40]也报道在小鼠 PVE 术后行高压氧治疗, 未栓塞叶较对照组可出现明显的肥大.

3.2 预测 PVE 术后肝叶肥大的因素 血清透明质酸盐可作为肝窦状隙上皮细胞功能指标, 与门静脉压力、左叶 PVE 术后未栓塞叶的肥大相关性好, 反映了肝功能储备, 可作为推测肝切除术后恢复的指标^[41–43]. 红细胞中的多胺水平与肝细胞再生有相关性, 能作为肝切除术后肝细胞再生的指标^[44]. Tanaka *et al*^[45]提出炎症级别是预测肝肥大的重要的独立因素($r = -0.566$, $P = 0.0014$). Goto *et al*^[13]研究发现有较大把握认为肝的肥大率与 PVE 术后 1 d 的门静脉血流速度增加的绝对值呈正相关, 认为术后 1 d 行门静脉彩超检测能够容易地、无创伤地预测未栓塞叶的肥大率. 另外, 有学者报道未栓塞叶的肥大程度与 PVE 术前该叶的体积呈负相关^[35, 39].

4 PVE 的临床应用

4.1 用于治疗性肝切除术前 手术切除是治疗肝癌(包括原发性和转移性肝癌)的首选方法, 近年来随着外科技术的进步, 治疗性肝切除在技术上已无困难. 但临床上肝癌患者以中晚期为主, 肿瘤侵及肝叶的范围大, 过多的切除导致术后肝功能衰竭、感染、出血乃至死亡, 因而只有 15–25% 的患者有机会手术^[46]. 肝切除术前 PVE, 能有效增大预计残余肝(FRL)的体积, 并有相应程度的肝功能增强, 降低了肝切除手术后肝衰的发生; 对于不能切除的肝癌患者, PVE 术后, 半数左右的患者能手术切除(表 1), 并由此受益. 有学者报道 PVE 使

表 1 门静脉栓塞术: 栓塞材料、体积增长、手术切除率的文献比较

文献作者	年份	<i>n</i>	肿瘤类型	栓塞材料	FRL 增长率 %	PVE 术后切除率 %	间隔时间
Kim <i>et al</i> ^[17]	2003	17	恶性肿瘤	明胶海绵	28.6	88.2	14–27 d
Ji <i>et al</i> ^[15]	2003	26	肝癌		30.1	54.2	2–4 wk
Ji <i>et al</i> ^[8]	2003	50	HCC	乙醇 + 碘油	27	52.3	2–4 wk
Hemming <i>et al</i> ^[18]	2003	39	恶性肿瘤	PVA 颗粒 + 钢圈	40.9	79.4	
Madoff <i>et al</i> ^[19]	2003	26	转移癌 11 胆管癌 9 HCC 和胆囊癌 6	PVA 颗粒 + 钢圈	41.1	61.5	2–4 wk
Ko <i>et al</i> ^[12]	2003	51	HCC 和胆管癌	Embol-78	38.3–46		
Jaek <i>et al</i> ^[24]	2003	18	结肠癌肝转移	氰丙烯酸盐	38.4–52.8	64–71	2 wk
嵇武 <i>et al</i> ^[14]	2001	26	HCC	乙醇 + 碘油	18.2	46.2	2–3 wk
Azoulay <i>et al</i> ^[20]	2000	30	结肠癌肝转移	氰丙烯酸丁酯 + 碘油	42.3	63.3	63 d
Imamura <i>et al</i> ^[21]	1999	84	恶性肿瘤	明胶海绵	30		
de Baere <i>et al</i> ^[22]	1996	31		氰丙烯酸盐	90		
				明胶海绵	53		
				钢圈	44		
Nagino <i>et al</i> ^[23]	1995	19	胆管癌	纤维蛋白胶 + 碘油	32.1		

治疗性肝切除的适应证扩大了15%~47%^[20, 25, 46]。一般认为,在正常肝脏,FRL小于总肝体积的25%或在肝炎、肝硬化等受损的肝脏,FRL小于40%为术前行PVE术的适应证^[18-20, 24]。多数学者报道在PVE术后2~4 wk内行肝切除术(表1),也有两术平均间隔63 d的报道^[20]。de Baere *et al*^[22]发现70%~80%的肝再生在PVE术后1 mo出现,因此认为4~5 wk的间隔是合理的,也是必须的,虽然两术应尽可能接近,防止FRL内肿瘤生长。而嵇武 *et al*^[14]观察大部分合并肝硬化的24例患者PVE术后肝的体积改变,发现术后1 wk未栓塞叶增生不明显,1~2 wk加速,2~3 wk趋缓,提出未合并肝硬化的肝癌患者,PVE术后2 wk行肝切除术,合并肝硬化者,术后3 wk行切除术为宜。但间隔的最佳时间仍有待探讨,实际工作中应根据肝功能储备、FRL的体积和增长情况、肝切除的比率以及患者全身情况和肿瘤局部情况综合判定。多数学者认为PVE术不仅扩大了肝切除术的适应证,而且提高了手术安全性,降低术后并发症,改善了预后,提高了术后长期生存率(与直接手术的患者生存率差别不大)^[14, 20, 25, 47-48]。Azoulay *et al*^[25]提出PVE还适用于有足够FRL体积的患者,以增加手术的安全性。但Wakabayashi *et al*^[44]提出4条标准:PVE术后门静脉压力>0.24 kPa,术后血清透明质酸盐(hyaluronate)>200 μg/L, PVE术前血清胆碱酯酶<2 501 nkat,术后血清胆碱酯酶<2 501 nkat,如果实验室检查符合上述3个及以上标准时,肝切除术应慎重,患者不会由此受益。对于两叶广泛转移的肝癌,栓塞一侧门静脉后常出现对侧转移灶加速生长,Jaecck *et al*^[24, 49]采用PVE结合二期肝切除术(two-stage hepatectomy)进行治疗:即先挖除左叶的转移灶,然后行右叶门静脉栓塞,最后行右叶切除,也收到很好的效果。对于肝门部胆管癌,Nagino *et al*^[50]报告行右三段或左三段门静脉栓塞,以配合左肝三段切除或右肝三段切除增加了手术安全性。

4.2 PVE与TACE合用 近年来研究发现,门静脉供血在肝癌血供中占重要地位,尤其是当肿瘤直径较大(>5 cm)、缺乏包膜时,且主要参与供应肿瘤周边部分,即肿瘤细胞生长最活跃、最易发生浸润转移的部位。此外,由于肿瘤内肝动脉门静脉瘘的发生和肝癌组织易脱落阻塞肝血窦,最终使门静脉血液倒流。癌组织在富营养、高黏度、低压力、低流速的门静脉内得以快速增生形成癌栓并可不断扩大延伸,并沿门静脉发生肝内转移^[51-52]。单纯行TAE治疗,尽管导致大部分肿瘤细胞坏死,但癌灶周围仍有肿瘤细胞残留,并导致复发。另一方面,肝癌的肝内动脉系统和门静脉系统之间存在吻合支,TAE术后可引起门静脉血向肝动脉倒流,阻碍肿瘤的缺血坏死^[52]。TAE术和门静脉化学药物栓塞,不仅可达到肿瘤完全坏死的目的,而且对门静脉系统的癌栓有直接的杀伤,对防止肿瘤复发、转移有积极意义^[12, 39, 52]。一般在TAE术后1~2 wk行PVE对于保存患者肝功和杀灭肿瘤均较为有利^[12, 39, 53]。

4.3 PVE在其他方面应用 Yamakado *et al*^[54]报道1例患者肝前上段胆管和空肠形成难治性瘘,用无水乙醇选择性栓塞了该段门静脉分支,导致相应区域肝叶萎缩,不能分泌胆汁,成功治愈了这一瘘。Yoshimitsu *et al*^[55]也报道用于肝内门静脉系统多发瘘的患者。另一个极具前景的应用是利用PVE诱导肝细胞分裂复制的优点,配合逆转录病毒转染肝细胞,达到将目的基因整合入宿主细胞基因的目的^[56]。

5 参考文献

- Viamonte M Jr, LePage J, Lunderquist A, Pereiras P, Russell E, Viamonte M, Camacho M. Selective catheterization of the portal vein and its tributaries. Preliminary report. *Radiology* 1975;114:457-460
- Viamonte M, Pereiras R, Russell E, LePage J, Meier WL. Pitfalls in transhepatic portography. *Radiology* 1977;124:325-329
- Mendez G Jr, Russell E. Gastrointestinal varices: percutaneous transhepatic therapeutic embolization in 54 patients. *Am J Rrentgenol* 1980;135:1045-1050
- Kinoshita H, Sakai K, Hirohashi K, Igawa S, Yamasaki O, Kubo S. Preoperative portal vein embolization for hepatocellular carcinoma. *World J Surg* 1986;10:803-808
- Matsuoka T. Experimental studies of intrahepatic portal vein embolization and embolic materials. *Nippon Igaku Hoshasen Gakkai Zasshi* 1989;49:593-606
- Nagino M, Nimura Y, Kamiya J, Kondo S, Kanai M. Selective percutaneous transhepatic embolization of the portal vein in preparation for extensive liver resection: the ipsilateral approach. *Radiology* 1996;200:559-563
- Kodama Y, Shimizu T, Endo H, Miyamoto N, Miyasaka K. Complications of percutaneous transhepatic portal vein embolization. *J Vasc Interv Radiol* 2002;13:1233-1237
- Ji W, Li JS, Li LT, Liu WH, Ma KS, Wang XT, He ZP, Dong JH. Role of preoperative selective portal vein embolization in two-step curative hepatectomy for hepatocellular carcinoma. *World J Gastroenterol* 2003;9:1702-1706
- Lu MD, Chen JW, Xie XY, Liang LJ, Huang JF. Portal vein embolization by fine needle ethanol injection: experimental and clinical studies. *World J Gastroenterol* 1999;5:506-510
- 吕明德, 黄洁夫, 梁力建, 谢晓燕, 彭宝岗, 曹绣虎. 门静脉栓塞技术的改进及其在治疗原发性肝癌中的应用. *肝胆外科杂志* 1994;2:221-223
- Lu MD, Liang LJ, Huang JF. Portal vein embolization via a fine needle guided by angio-echography: experimental and clinical study. *Zhonghua Waikae Zazhi* 1994;32:659-661
- Ko GY, Sung KB, Yoon HK, Kim JH, Weon YC, Song HY. Preoperative portal vein embolization with a new liquid embolic agent. *Radiology* 2003;227:407-413
- Goto Y, Nagino M, Nimura Y. Doppler estimation of portal blood flow after percutaneous transhepatic portal vein embolization. *Ann Surg* 1998;228:209-213
- 嵇武, 马宽生, 董家鸿, 黄晓兰, 何振平. 选择性门静脉栓塞后肝癌二期切除. *世界华人消化杂志* 2001;9:1209-1210
- Ji W, Liu WH, Ma KS, Wang XT, He ZP, Dong JH, Li JS. Preoperative selective portal vein embolization in two-step hepatectomy for hepatocellular carcinoma in injured livers: a preliminary report. *Hepatobiliary Pancreat Dis Int* 2003;2:216-220
- Nagino M, Yoshihara M, Nimura Y. Acute hypersplenism with splenomegaly after portal vein embolization. *Surgery* 2002;131:695
- Kim MJ, Choo SW, Do YS, Park KB, Han YH, Choo IW, Cho JM, Cho JW, Kim SJ, Sohn TS. Use of double-occlusion balloon catheter: Preoperative portal vein embolization for induction of future remnant liver hypertrophy. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2003;26:354-357
- Hemming AW, Reed AI, Howard RJ, Fujita S, Hochwald SN, Caridi JG, Hawkins IF, Vauthey JN. Preoperative portal vein embolization for extended hepatectomy. *Ann Surg* 2003;237:686-691

- 19 Madoff DC, Hicks ME, Abdalla EK, Morris JS, Vauthey JN. Portal vein embolization with polyvinyl alcohol particles and coils in preparation for major liver resection for hepatobiliary malignancy: safety and effectiveness-study in 26 patients. *Radiology* 2003;227:251-260
- 20 Azoulay D, Castaing D, Smail A, Adam R, Cailliez V, Laurent A, Lemoine A, Bismuth H. Resection of nonresectable liver metastases from colorectal cancer after percutaneous portal vein embolization. *Ann Surg* 2000;231:480-486
- 21 Imamura H, Shimada R, Kubota M, Matsuyama Y, Nakayama A, Miyagawa S, Makuuchi M, Kawasaki S. Preoperative portal vein embolization: an audit of 84 patients. *Hepatology* 1999;29:1099-1105
- 22 de Baere T, Roche A, Elias D, Lasser P, Lagrange C, Bousson V. Preoperative portal vein embolization for extension of hepatectomy indications. *Hepatology* 1996;24:1386-1391
- 23 Nagino M, Nimura Y, Kamiya J, Kondo S, Uesaka K, Kin Y, Hayakawa N, Yamamoto H. Changes in hepatic lobe volume in biliary tract cancer patients after right portal vein embolization. *Hepatology* 1995;21:434-439
- 24 Jaeck D, Bachellier P, Nakano H, Oussoultzoglou E, Weber JC, Wolf P, Greget M. One or two-stage hepatectomy combined with portal vein embolization for initially nonresectable colorectal liver metastases. *Am J Surg* 2003;185:221-229
- 25 Azoulay D, Castaing D, Krissat J, Smail A, Hargreaves GM, Lemoine A, Emile JF, Bismuth H. Percutaneous portal vein embolization increases the feasibility and safety of major liver resection for hepatocellular carcinoma in injured liver. *Ann Surg* 2000;232:665-672
- 26 Ogasawara K, Uchino J, Une Y, Fujioka Y. Selective portal vein embolization with absolute ethanol induces hepatic hypertrophy and makes more extensive hepatectomy possible. *Hepatology* 1996;23:338-345
- 27 Yamakado K, Takeda K, Nishide Y, Jin J, Matsumura K, Nakatsuka A, Hirano T, Kato N, Nakagawa T. Portal vein embolization with steel coils and absolute ethanol: a comparative experimental study with canine liver. *Hepatology* 1995;22:1812-1818
- 28 Lu MD, Liang LJ, Huang JF, Ye WJ, Yang QS, Peng BG, Xie XY. Portal vein embolization with ethanol injection via a fine needle in dogs. *Surg Today* 1995;25:416-420
- 29 Kaneko T, Nakao A, Takagi H. Clinical studies of new material for portal vein embolization: comparison of embolic effect with different agents. *Hepatogastroenterology* 2002;49:472-477
- 30 Kaneko T, Nakao A, Takagi H. Experimental studies of new embolizing material for portal vein embolization. *Hepatogastroenterology* 2000;47:790-794
- 31 Park S, Yoon HK, Lee N, Huh SJ, Kang GH, Lee I, Sung KB, Song HY. Portal vein embolization with use of a new liquid embolic material: an experimental study. *J Vasc Interv Radiol* 1999;10:339-345
- 32 Uesaka K, Nimura Y, Nagino M. Changes in hepatic lobar function after right portal vein embolization. An appraisal by biliary indocyanine green excretion. *Ann Surg* 1996;223:77-83
- 33 Shoup M, Gonen M, D'Angelica M, Jarnagin WR, DeMatteo RP, Schwartz LH, Tuorto S, Blumgart LH, Fong Y. Volumetric analysis predicts hepatic dysfunction in patients undergoing major liver resection. *J Gastrointest Surg* 2003;7:325-330
- 34 Lee KC, Kinoshita H, Hirohashi K, Kubo S, Iwasa R. Extension of surgical indications for hepatocellular carcinoma by portal vein embolization. *World J Surg* 1993;17:109-115
- 35 Fujii Y, Shimada H, Endo I, Kamiyama M, Kamimukai N, Tanaka K, Kunisaki C, Sekido H, Togo S, Nagashima Y. Changes in clinicopathological findings after portal vein embolization. *Hepatogastroenterology* 2000;47:1560-1563
- 36 Farges O, Belghiti J, Kianmanesh R, Regimbeau JM, Santoro R, Vilgrain V, Denys A, Sauvanet A. Portal vein embolization before right hepatectomy: prospective clinical trial. *Ann Surg* 2003;237:208-217
- 37 Wakabayashi H, Ishimura K, Okano K, Karasawa Y, Goda F, Maeba T, Maeta H. Application of preoperative portal vein embolization before major hepatic resection in patients with normal or abnormal liver parenchyma. *Surgery* 2002;131:26-33
- 38 Sugawara Y, Yamamoto J, Higashi H, Yamasaki S, Shimada K, Kosuge T, Takayama T, Makuuchi M. Preoperative portal embolization in patients with hepatocellular carcinoma. *World J Surg* 2002;26:105-110
- 39 Yamakado K, Takeda K, Matsumura K, Nakatsuka A, Hirano T, Kato N, Sakuma H, Nakagawa T, Kawarada Y. Regeneration of the un-embolized liver parenchyma following portal vein embolization. *J Hepatol* 1997;27:871-880
- 40 Uwagawa T, Unemura Y, Yamazaki Y. Hyperbaric oxygenation after portal vein embolization for regeneration of the predicted remnant liver. *J Surg Res* 2001;100:63-68
- 41 Wakabayashi H, Yachida S, Maeba T, Maeta H. Indications for portal vein embolization combined with major hepatic resection for advanced-stage hepatocellular carcinomas. A preliminary clinical study. *Dig Surg* 2000;17:587-594
- 42 Wakabayashi H, Yachida S, Maeba T, Maeta H. Evaluation of liver function for the application of preoperative portal vein embolization on major hepatic resection. *Hepatogastroenterology* 2002;49:1048-1052
- 43 Yachida S, Wakabayashi H, Kokudo Y, Goda F, Okada S, Maeba T, Maeta H. Measurement of serum hyaluronate as a predictor of human liver failure after major hepatectomy. *World J Surg* 2000;24:359-364
- 44 Tsukamoto T, Kinoshita H, Hirohashi K, Kubo S, Tanaka H, Otani S. Human erythrocyte polyamine levels after portal vein embolization. *Hepatogastroenterology* 1999;46:3178-3183
- 45 Tanaka H, Hirohashi K, Kubo S, Ikebe T, Tsukamoto T, Hamba H, Shuto T, Wakasa K, Kinoshita H. Influence of histological inflammatory activity on regenerative capacity of liver after percutaneous transhepatic portal vein embolization. *J Gastroenterol* 1999;34:100-104
- 46 Fusai G, Davidson BR. Management of colorectal liver metastases. *Colorectal Dis* 2003;5:2-23
- 47 Abdalla EK, Barnett CC, Doherty D, Curley SA, Vauthey JN. Extended hepatectomy in patients with hepatobiliary malignancies with and without preoperative portal vein embolization. *Arch Surg* 2002;137:675-680
- 48 Elias D, Cavalcanti A, de Baere T, Roche A, Lasser P. Long-term oncological results of hepatectomy performed after selective portal embolization. *Ann Chir* 1999;53:559-564
- 49 Shimada H, Tanaka K, Masui H, Nagano Y, Matsuo K, Kijima M, Ichikawa Y, Ike H, Ooki S, Togo S. Results of surgical treatment for multiple (≥ 5 nodules) bi-lobar hepatic metastases from colorectal cancer. *Langenbecks Arch Surg* 2004;389:114-121
- 50 Nagino M, Nimura Y, Kamiya J, Kondo S, Uesaka K, Kin Y, Kutsuna Y, Hayakawa N, Yamamoto H. Right or left trisegment portal vein embolization before hepatic trisegmentectomy for hilar bile duct carcinoma. *Surgery* 1995;117:677-681
- 51 吴志全, 樊嘉, 邱双健, 周俭, 沈忠培, 马爱英, 汤钊猷. 门静脉癌栓形成与肝脏供血特性的关系. *世界华人消化杂志* 2004;12:243-244
- 52 高宗恩, 张承勋, 庞国厦, 孙鹏. 肝癌供血的特点及其在介入治疗中的意义. *世界华人消化杂志* 2001;9:1449-1451
- 53 王轩, 殷广福, 许正昌, 司芩, 吴卫英, 奚晓凤, 李增才. 经肝动脉联合经皮经肝选择性门静脉栓塞化学药物治疗中晚期原发性肝癌 65 例体会. *中华普通外科杂志* 1999;14:168-170
- 54 Yamakado K, Nakatsuka A, Iwata M, Kondo A, Isaji S, Uemoto S, Takeda K. Refractory biliary leak from intrahepatic biliary-enteric anastomosis treated by selective portal vein embolization. *J Vasc Interv Radiol* 2002;13:1279-1281
- 55 Yoshimitsu K, Andou H, Kudo S, Matsuo Y, Matsumoto S, Nakao T, Shimoda Y. Multiple intrahepatic portosystemic venous shunts: treatment by portal vein embolization. *Cardiovasc Intervent Radiol* 1993;16:49-51
- 56 Duncan JR, Hicks ME, Cai SR, Brunt EM, Ponder KP. Embolization of portal branches induces hepatocyte replication in swine: a potential step in hepatic gene therapy. *Radiology* 1999;210:467-477