

文章编号:1005-6947(2007)03-0272-04

· 文献综述 ·

射频消融治疗肝肿瘤的并发症

吴华平¹综述 乔正荣²审校

(1. 重庆医科大学附属第一医院 血管外科, 重庆 400016; 2. 重庆市第八人民医院 血管外科, 重庆 400015)

摘要: RFA 作为一种有效的微创治疗肝肿瘤技术而被接受, 病死率为 0% ~ 3%, 并发症的发生率为 0.9% ~ 17%。重要并发症包括出血、感染、胆管损伤、胸腔积液、肝功能不全及血栓形成等; 轻微并发症包括皮肤烧伤、胆汁瘤、胆道出血等。轻微并发症和副反应发生率多于严重并发症且大多具有自限性。笔者综述 Medline 文摘, Ovid 全文, EBESCO, 维普中文科技期刊等数据库于 2003 年 1 月—2006 年 3 月有关射频消融 (RFA) 治疗肝肿瘤并发症的报道文献, 分析 RFA 治疗肝肿瘤术后并发症的种类及其预防策略。

[中国普通外科杂志, 2007, 16(3): 272-275]

关键词: 射频消融术/副作用; 肝肿瘤; 并发症; 综述文献

中图分类号: R735.7 **文献标识码:** A

射频消融 (RFA) 与激光消融、微波消融、冷冻消融、超声聚能刀共同组成一系列治疗全身局灶性肿瘤的重要方法, 尤其对不能外科手术切除的肝脏恶性肿瘤的治疗可能有重要作用。然而随着临床应用范围的拓展以及病例数的增多, 并发症发生的绝对数量也增加。本文就 RFA 并发症有关问题作一综述。

1 RFA 并发症的发生概况

2003 年 T de Baere^[1] 统计了 312 例 582 个癌灶的射频治疗, 其中发生的 37 例并发症和 5 例死亡与 RFA 有关。死亡原因包括肝功能不全、结肠穿孔、门静脉血栓。其他并发症包括胸腔积液、皮肤烧伤、低氧症、气胸、小肝包膜下血肿、急性肾功能不全、腹腔内出血及针道种植等。同年 Rhim^[2] 对 1 139 例患者并发症的发生进行统计, 严重并发症发生率为 2.43%。Curley^[3] 2004 年报

告 608 例 1 225 个肝恶性肿瘤灶, 并发症发生率为 9.5%。Giorgio A^[4] 采用经皮电解质液辅助 RFA 治疗肝肿瘤 336 例, 407 个癌灶。治疗后, 3 例 (0.9%) 发生并发症。包括肝功能不全、肝脓肿及腹水。黄健清^[5] 对直径 ≤ 5cm 的肿瘤治疗原发性或转移性肝癌 130 例, 共发生并发症 7 例, 主要是胆瘘, 肠瘘及轻度皮肤灼伤。

各中心报道并发症的总的发生率基本相近, 但 Giorgio, 黄健清等报告的明显低于其他各组。然而这些数据缺乏随机性, 具体射频治疗方法各异。

2 并发症的定义及分类

2003 年肿瘤影像引导消融协作组对于重要并发症定义如下: 如果不处理, 可能危及生命安全, 导致实质性损害和功能障碍, 患者需住院治疗, 或延长住院时间; 凡属上述情况者认为发生了并发症。与此相比其他的都是轻微并发症。尽管副反应经常发生, 如疼痛、消融综合征、或者在影像上看到的小的出血; 这些都不足以达到并发症的标准。不能将重要并发症、轻微并发症和副反应混为一谈^[6]。

按病因并发症可以分为两大类: 继发于射频电极和继发于射频热损伤。前者包括感染、出血、肿瘤种植和气胸; 后者包括邻近器官的热损伤

和电极板处烧伤, 如肝肿瘤治疗时膈肌的损伤和肝胃韧带的损伤^[7]。

临床上更倾向于按部位分类: (1) 与血管有关者, 如门静脉血栓、肝静脉血栓合并局部肝淤血、肝梗死及肝包膜下血肿; (2) 与胆管有关者, 如胆管狭窄和胆汁瘤、感染合并脓肿、胆道出血; (3) 肝外并发症, 如胃肠道损伤、胆囊损伤、气胸和胸腔积液、肿瘤的种植及电极板烧伤等^[8]。

3 并发症与死亡

3.1 死亡

死亡发生率在 RFA 的治疗中比例较低, 虽不属于并发症, 但后果最严重, 大多是由于严重并发症所致, 很少直接由 RFA 引起。死亡原因包括肝衰竭、门静脉血栓、邻近重要脏器损伤及出血等。总的病死率在 0% ~ 3%^[2-3, 9-10]。肝衰竭是最常见的死亡原因。

3.2 出血

腹腔内出血是 RFA 治疗后最常见的并发症, 包括肿瘤邻近肝被膜或肝实质撕裂、针道出血、肝内血肿或肿瘤破裂、肝动脉假性动脉瘤迟发破裂等, 多数病例可以经非手术治疗止血。非手术治疗无效则可行肝动脉栓塞 (TACE) 或开腹手术止血。

Chen 等^[11] 报告 5 例腹腔内出血, 发生率是 0.8% (5/592)。3 例系在

收稿日期: 2006-11-22;

修订日期: 2007-03-07。

作者简介: 吴华平, 男, 四川达州人, 重庆医科大学附属第一医院主治医师, 主要从事肿瘤微创治疗及血管方面的研究。

通讯作者: 乔正荣 E-mail: qiaozhen-grong@hotmail.com。

操作过程中出血,另2例系在术后20min或4h出血。1例出血由于不正确的穿刺操作在处理肝包膜下肿瘤时撕裂肝表面,1例是处理转移性肿瘤时穿刺损伤了肝小静脉,另3例由于肿瘤破裂。其中3例通过超声明确了出血部位和原因,通过RF凝固止血成功。术后2例分别于2h和24h发现,通过非手术治疗成功。在操作过程和操作之后严密的观察对于早期及时发现腹腔内出血是重要的。巨块型向外周突出的肿瘤在RFA治疗后破裂造成的出血是致命性的,应视为射频治疗的禁忌证。尽管大多数少量出血具有自限性,但对于危及生命的出血必须作出正确的判断和及时处理。静脉性出血一般可以自行停止,动脉出血进行介入动脉栓塞治疗。彩色多普勒能早期发现针道出血是动脉还是静脉来源^[2,7]。对于紧靠肝表面或突出肝外的肝肿瘤,肿瘤表面血管丰富,一旦出血不易停止。所以穿刺时不可从肿瘤表面刺入,而应从无瘤肝组织穿入瘤组织。如患者血小板低于 $30 \times 10^9/L$,可考虑在术中输注少量血小板。为避免穿刺处出血,拔除射频针前常规给予立止血。有严重出血倾向者还可加用纤维蛋白原、凝血酶原复合物等加强凝血药物的治疗,治疗后即给予腹带胸部腹部加压包扎。对于血小板低于 $50 \times 10^9/L$ 且凝血酶原时间延长、凝血机能明显下降者,术后加强凝血药物的应用,并密切观察腹部体征的变化^[12]。

3.3 感染

感染主要包括肝脓肿和腹膜炎。肝脓肿是射频术后较常见的严重并发症,发生率约0.2%~0.66%^[2]。肝脓肿可发生在治疗后数天至5个月,其发生的高危因素包括胆道狭窄、胆肠吻合以及胆道支架等病理情况。常见的致病菌是大肠杆菌、粪链球菌和肠球菌等。胆道系统异常(胆肠吻合、内镜下乳头切开、胆肠瘘、胆道外引流和不明原因的胆道积气等)、免疫应激状态如糖尿病以及经动脉化疗碘油栓塞术后等都是重要的危险因素。RFA治疗后的发热可能是肿瘤坏死所致的消融后综合征的表现之一,不易与脓肿鉴别。但如果发热持续超过2周,应考虑可能有

脓肿形成。一旦诊断,可采用抗生素及穿刺引流,多可治愈^[2]。de Baere^[1]报告肝脓肿7例(7/312),其中有胆肠吻合的病例发生率(3/3)远高于其他患者(4/223)。Curley等^[3]报告6例肝周脓肿,5例肝内脓肿(RFA治疗区)发生在术后30d内,1例肝脓肿在30d后发生。刘连新^[13]报告了1例RFA术后肝脓肿经非手术治疗成功。Kvitting等^[14]2006年报道了1例射频消融后肝脏发生大面积坏死和气性坏疽引起的败血症最后死亡。虽然发生率低,但要有足够重视。至于腹膜炎发生率更低。严格无菌操作是防止腹腔感染的关键。

3.4 胆道并发症

胆道并发症主要由于胆管损伤致胆道系统相应改变所造成,包括胆管狭窄、胆道感染、胆道出血、胆囊炎、胆汁瘤、胆瘘及胆汁性腹膜炎。胆道并发症虽然发生率较低,但一旦发生,处理比较棘手,后果较严重。

Sasahira等^[15]报道1043例采用RFA和乙醇注射治疗,其中538例通过TACE治疗。随访8年,其中由于肿瘤进展造成;肝门部外胆管梗阻17例(1.6%);另35例(3.4%)肝外胆管梗阻中,包括胆汁性血栓11例,胆石11例,3例混合性因素,10例是由于胆汁管型造成(首次描述)胆汁性血栓造成的梗阻一般发生在治疗后3d内,其他原因造成的发生时间在0到17个月(平均4.7个月)。胆汁管型在RFA治疗中少见,是否与治疗有关未见相关报道。这些大都可以通过内镜下球囊扩张术(EPBD)治疗。Libérale等^[16]报道1例肝中央的转移性肿瘤,RFA术后合并严重胆瘘和总胆管狭窄,通过胸腔引流和内镜下腹腔引流及放置支架而治愈。

对于胆管损伤,Jersenius等^[17]提出,管内冷却的方法,以猪为实验对象,在靠近胆管的消融区采用8℃盐水,对胆管可能起到保护作用。Marchal等^[18]则采用冷5%葡萄糖等渗液注入总胆管内,从组织学和放射学上证实明显减少RFA对胆管的损伤。

对肝肿瘤RFA治疗后的胆道并发症,重点在预防。对距第一肝门及胆囊1cm的肿瘤可选择手术切除、TACE及局部乙醇注射等方法;对胆肠吻合后肝内发现转移灶者及胆道

有梗阻者行RFA治疗要慎重,应在心电图监护下进行治疗。治疗RFA所致胆道并发症与肝脏手术后胆道并发症治疗原则相同。发生胆瘘致胆汁性腹膜炎时要手术引流;胆瘘发生后也要置管引流。Stüppel D等^[19]认为,胆道并发症一般发生在射频治疗后数周,发生后立即行胆道内镜介入检查有利于减少胆道脓毒性并发症的发生。造影检查如大胆管的近端通畅则多可自愈。困难的是肝门部大胆管损伤的处理,此类并发症较少,其处理与腹腔镜胆囊切除术时肝门胆管损伤的处理原则一致^[20]。

3.5 门静脉或肝静脉血栓

血栓形成和栓塞在有正常血流而管径超过4mm的血管内很少见^[21]。T de Baere等^[1]报告门静脉血栓3例。行开放式射频治疗的肝硬化患者发生门静脉血栓几率远大于不合并肝硬化者。肝中心部位的肿瘤紧邻或压迫门静脉时,射频治疗过程中如果电极针穿破门静脉,术后容易发生静脉血栓;联合使用Pringle法阻断肝门血流则危险性更大,缩短肝门阻断的时间可降低其危险性^[1]。因此,对于门静脉受肿瘤压迫者,一般不推荐使用Pringle法阻断肝门血流,但对距离门静脉1cm以内的肿瘤可短时阻断(2~3min)^[22]。对于远离门静脉分支的肿瘤,尚未见Pringle法阻断肝门血流增加门静脉栓塞发生率的报道。肝静脉血栓较少见。血栓形成对肝功能欠佳的患者可能造成肝衰竭。

3.6 胸部并发症

肝肿瘤行RFA的胸部相关并发症并不少见,包括气胸、胸腔积液、液气胸、膈肌损伤及肺栓塞等。Curley^[3]报告12例胸腔积液,1例气胸,其中1例胸腔积液发生在术后30d。肝膈顶部的肿瘤更容易发生气胸,Shibata等^[23]报道11例肝膈顶部的肿瘤通过CT引导穿刺,5例发生气胸,其中严重的合并中等量积液的2例需要胸腔引流。对此部位肿瘤的RFA治疗更容易造成膈肌损伤,绝大多数膈肌损伤具有自限性,但也有膈肌破裂的报告^[7]。肺栓塞较少见,Jansen等^[9]报告过1例。对于胸部并发症,按常规的处理措施一般都可获得良好疗效。

3.7 邻近的消化道及组织的损伤

凡邻近RFA治疗区的器官组织

都有可能受到损伤。靠近肝脏的消化道包括小肠、结肠、胃均容易被损伤;其中结肠因其肠壁较薄,位置较固定,蠕动也较弱,更容易损伤。因此在进行治疗前应充分了解患者情况,特别是既往有腹部手术史的患者,腹腔内可能有广泛粘连,解剖结构可能已发生变异,更需要注意选择RFA的方式。反复RFA是易发生肠壁灼伤的危险因素。T de Baere^[1]报道了1例结肠穿孔引起的死亡,Tateishi^[10]记录了1例因十二指肠穿孔和胆汁性腹膜炎接受手术治疗患者。重视预防策略,可有效减少肠穿孔并发症的发生^[24]。

3.8 肿瘤种植

RFA可使肿瘤凝固坏死,一般不会发生电极经过处的腹壁种植和腹腔种植。但如在术中同时活检则肿瘤种植的可能性增高。退出电极时如不对电极道进行凝固,如在电极道有少量出血,可能残留肿瘤细胞。肿瘤种植率与肿瘤的病理分级、术中出血情况以及治疗过程中是否行活检有关。针道种植发生率为0.5%~2.8%。Jaskolka^[25]报道200例肝原发和转移性肿瘤共有299处消融区域,作了288次治疗,通过影像学 and 外科再进入发现有8例针道种植(4%)。Nicoli等^[26]报告了1例在RFA中发生肝内癌灶迅速转移的病例,他们认为RFA可以形成动静脉瘘,可促进肿瘤细胞从癌灶向门静脉系统种植从而发生快速的肝内转移。对于新生肿瘤有显著意义的包括包膜下的毁损,复杂的处理期,以及多电极置放,用生物胶堵塞电极孔道既可止血,又可防止肿瘤的种植。

3.9 皮肤电极板烧伤

其发生率较低。Steinke^[27]报告4例严重的皮肤烧伤,主要发生在电极板边上或在电极板接触患者股部转角处。对于热损伤可以通过控制射频电极的温度,但目前商业化的软件包不能提供全自动的温度控制系统,Thiaga A lingam^[28]运用热敏电极监测电极板下皮肤温度,通过热敏液晶电极,只要皮肤温度大于42℃,射频机马上停止工作。Haemmerich^[29]开发了冷循环射频FEM,模型可以通过微小输入而很好地控制射频电极温度,可减少热损伤的发生。

3.10 肝功能不全

射频治疗后肝功能不全甚至肝衰竭作为常见并发症,原因包括患者肝功能储备较差、射频消融范围过大及手术时间过长等。Jansen^[9]认为,在RF治疗的同时行肝叶切除或采用手术进行RF治疗的患者肝功能不全发生率较高。Curley^[3]报告的3例肝功能不全均是经手术方式进行RFA治疗的;另有6例需要治疗的腹水(发生在射频治疗后30d内,或延迟发生)。均为肝硬化合并肝癌者,考虑也是因为肝功能失代偿所致。

3.11 其他少见并发症

(1)顽固性疼痛:Curley^[3]报告1例经皮RF治疗患者在第VII段进行治疗后2个月发生顽固性肋间神经根性疼痛,最后作了经皮肋下神经阻滞才得以缓解。(2)心脏相关并发症:因邻近心包,热损伤可引起出血^[30]。心包填塞主要发生在损伤心包时,比较罕见。Moumouh等报道了1例心包内出血引起急性心包填塞。心律失常可在射频治疗过程中出现,包括迷走神经反射、心动过缓、室颤、心脏停搏等。Curley^[3]报告了1例经皮RF治疗时发生室颤。所以射频治疗过程中的心电监护是必要的。(3)肾功能不全:由射频治疗引起肾衰的报道较少见。T de Baere^[1]报告1例急性肾功能不全。

3.12 副反应

包括一过性发热及可以缓解的疼痛等,这些副反应大多具有自限性。Giorgio报告^[4]持续1~3d发热和持续12~24h疼痛分别有141例(42%)和211例(63%)。但要注意与感染造成的发热相区别。

4 射频消融并发症预防和防控措施

早期的并发症大都可通非手术治疗、经皮或内镜引流及外科手术修复控制,达到良好效果。关键是准确的早期诊断,及时处理。Jansen等^[9]认为,射频治疗应由一个有经验的团队来完成,团队由肝胆外科、胃肠病学、肝脏病学、介入放射科等方面的人员组成。可归纳如下几点:(1)严格的病例选择;(2)恰当的利用其他治疗措施;(3)选择恰当的导入方式;

(4)早期发现早期处理主要并发症。

随着射频消融技术和设备的进步,消融范围怎样界定,目前尚无统一的标准。盲目扩大适应证可能增加并发症的发生率,甚至导致患者死亡,Ng^[31]以正常和肝硬化斯普拉-道来大鼠为实验对象发现,正常大鼠可以承受40%的体积热消融,肝硬化大鼠仅能耐受20%体积消融,超过此限度可导致明显并发症,生存率明显下降。这对于界定消融范围有一定参考意义,但对人类能承受的最大消融范围还不明了。肝脏肿瘤的RFA的入路可选择腹腔镜下、开腹手术或经皮超声、CT引导,或几种方法结合。为防止RF治疗时相关并发症的发生,手术方式的选择须依据消融的范围、数量、病灶部位以及患者自身情况综合考虑。

参考文献:

- [1] T de Baere, O Risse, V Kuoch, et al. Adverse events during radiofrequency treatment of 582 hepatic tumors [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2003, 181(3): 695-700.
- [2] Hyunchul Rhim, Kwon-Ha Yoon, Jeong Min Lee. et al. Major complications after radio-frequency thermal ablation of hepatic tumors: spectrum of imaging findings [J]. *Radiographics*, 2003, 23(1): 123-134.
- [3] Curley Steven A, Marra Paolo, Beaty Karen, et al. Early and late complications after radiofrequency ablation of malignant liver tumors in 608 patients [J]. *Ann Surg*, 2004, 239(4): 450-458.
- [4] Antonio Giorgio, Lucinao Tarantino, Giorgio de Stenfanso, et al. Complications after percutaneous saline-enhanced radiofrequency ablation of liver tumors: 3-year experience with 336 patients at a single center [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2005 184(1): 207-211.
- [5] 黄健清, 刘海鹰, 胡伟民, 等. 小肝癌的射频消融治疗. [J] *中国普外科杂志*, 2006, 15(6): 449-451.
- [6] Goldberg SN, Charboneau JW, Dodd

- GD III. *et al.* Image guided tumor ablation: proposal for standardization of terms and reporting criteria [J]. *Radiology*, 2003, 228 (2): 335 - 345.
- [7] Hyunchul Rhim, Dodd GD III, Chintapalli KN, *et al.* Radiofrequency thermal ablation of abdominal tumors: lessons learned from complications [J]. *Radiographics*, 2004, 24 (1): 41 - 52.
- [8] Akahane M, Koga H, Kato N, *et al.* Complications of percutaneous radiofrequency ablation for hepatocellular carcinoma: imaging spectrum and management [J]. *Radiographics*, 2005, 25 (suppl 1): S57 - S68.
- [9] Jansen MC, Van Duijnhoven FH, van Hillegersberg R, *et al.* Adverse effects of radiofrequency ablation of liver tumours in the Netherlands [J]. *Br J Surg*, 2005, 92 (10): 1248 - 1254.
- [10] Tateishi R, Shiina S, Teratani T. *et al.* Percutaneous radiofrequency ablation for hepatocellular carcinoma. An analysis of 1000 cases [J]. *Cancer*, 2005, 103 (6): 1201 - 1209.
- [11] Chen Min-hua, Dai Ying, Yan K, *et al.* Intraoperative hemorrhage during and after percutaneous radiofrequency ablation of hepatic tumors: reasons and management [J]. *Chin Med J (Engl)*, 2005, 118 (20): 1682 - 1687.
- [12] 张智坚, 吴孟超, 陈汉. 射频消融肝脏恶性肿瘤并发症的防治 [J]. *中国微创外科杂志*, 2005, 5 (2): 113 - 115.
- [13] 刘连新, 朴大勋, 武林枫, 等. 射频消融技术治疗原发性肝癌 [J]. *中国普外科杂志*, 2004, 13 (3): 233 - 235.
- [14] J Kvitting, P Sandstrom, L Thorelius, *et al.* Radiofrequency ablation of a liver metastasis complicated by extensive liver necrosis and sepsis caused by gas gangrene [J]. *Surgery*, 2006, 139 (1): 123 - 125.
- [15] Sasahira N, Tada M, Yoshida H. *et al.* Extrahepatic biliary obstruction after percutaneous tumour ablation for hepatocellular carcinoma: aetiology and successful treatment with endoscopic papillary balloon dilatation [J]. *Gut*, 2005, 54 (5): 698 - 702.
- [16] Liberale G, Delhaye M, Ansay J, *et al.* Biliary pleural fistula as a complication of radiofrequency ablation for liver metastasis [J]. *Acta Chir Belg*, 2004, 104 (4): 448 - 450.
- [17] Jersenius U, Arvidsson D, Lindholm J, *et al.* Radiofrequency ablation in the liver close to the bile ducts: can intraductal cooling offer protection? [J]. *Surg Endosc*, 2005, 19 (4): 546 - 550.
- [18] Marchal F, Elias D, Rauch P, *et al.* Prevention of biliary lesions that may occur during radiofrequency ablation of the liver: study on the pig [J]. *Ann Surg*, 2006, 243 (1): 82 - 88.
- [19] Stippel D L, Tox U, Gossmann A, *et al.* Successful treatment of radiofrequency-induced biliary lesions by interventional endoscopic retrograde cholangiography (ERC) [J]. *Surg Endosc*, 2003, 17 (12): 1965 - 1970.
- [20] 马宽生, 丁钧, 陈敏, 等. 射频消融治疗肝肿瘤中的胆道并发症问题 [J]. *中国微创外科杂志*, 2005, 2 (4): 97 - 98.
- [21] Lu DS, Raman SS, Vodopich DJ. *et al.* Effect of vessel size on creation of hepatic radiofrequency lesions in pigs: assessment of the "heat sink" effect [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2002, 178 (1): 47 - 51.
- [22] Scudamore CH, Lee SI, Patterson, *et al.* Radiofrequency ablation followed by resection of malignant liver tumors [J]. *Am J Surg*, 1999, 177 (5): 411 - 417.
- [23] Shibata T, Maetani Y. Transthoracic percutaneous radiofrequency ablation for liver tumors in the hepatic dome [J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2004, 15 (11): 1323 - 1327.
- [24] 陈敏华, 严昆, 戴莹, 等. 经皮射频治疗肝肿瘤中肠穿孔预防措施探讨 [J]. *中国介入影像与治疗学*, 2005, 2 (4): 256 - 260.
- [25] Jaskolka JD, Asch MR, Kachura R, *et al.* Needle tract seeding after radiofrequency ablation of hepatic tumors [J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2005, 16 (4): 485 - 491.
- [26] Nicoli N, Casaril A, Hilal M A. *et al.* A case of rapid intrahepatic dissemination of hepatocellular carcinoma after radiofrequency thermal ablation [J]. *Am J Surg*, 2004, 188 (2): 165 - 167.
- [27] Steinke K, Ganadha S, King J, *et al.* Dispersive pad site burns with modern radiofrequency ablation equipment. Dispersive pad site burns with modern radiofrequency ablation equipment [J]. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech*, 2003, 13 (6): 366 - 371.
- [28] Thiagalangam A, Poulipoulos J, Barry M A, *et al.* A thermochromic dispersive electrode can measure the underlying skin temperature and prevent burns during radiofrequency ablation [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2005, 16 (7): 781 - 788.
- [29] Haemmerich D, Webster JG. Automatic control of finite element models for temperature controlled radiofrequency ablation [C]. *Biomed Eng Online*, 2005, 4 (1): 42.
- [30] Moumouh A, Hannequin J, Chagneau C, *et al.* A tamponade leading to death after radiofrequency ablation of hepatocellular carcinoma [J]. *Eur Radiol*, 2005, 15 (2): 234 - 237.
- [31] Ng KK, Lam CM, Poon RT, *et al.* Safety limit of large-volume hepatic radiofrequency ablation in a rat model [J]. *Arch Surg*, 2006, 141 (3): 252 - 258.