



Pain

射频镇痛治疗学

Radiofrequency Pain Management

卢振和 高崇荣 宋文阁 主编

河南科学技术出版社
HENAN SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS



Pain

射频镇痛治疗学

Radiofrequency Pain Management

卢振和 高崇荣 宋文阁 主编

河南科学技术出版社
· 郑州 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

射频镇痛治疗学/卢振和, 高崇荣, 宋文阁主编. —郑州: 河南科学技术出版社, 2008. 9
ISBN 978 - 7 - 5349 - 4050 - 7

I. 射… II. ①卢…②高…③宋… III. 疼痛 - 射频 - 治疗 IV. R441.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 138730 号

出版发行: 河南科学技术出版社

地址: 郑州市经五路 66 号 邮编: 450002

电话: (0371) 65737028 65788613

网址: www.hnstp.cn

责任编辑: 王月慧

责任校对: 柯 姣

封面设计: 张 伟

版式设计: 栾亚平

印 刷: 郑州新海岸电脑彩色制印有限公司

经 销: 全国新华书店

幅面尺寸: 210 mm × 285 mm 印张: 13.75 字数: 426 千字

版 次: 2008 年 9 月第 1 版 2008 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 138.00 元

如发现印、装质量问题, 影响阅读, 请与出版社联系。

前言

疼痛的本质是“异常的神经信号”，射频镇痛治疗就是用物理方法降低或阻滞这种信号的发放、传导或接收。射频技术以其安全、准确和可控的热凝固（也称为消融）的物理性治疗特点被广泛用于各医学临床学科，其中专门治疗疼痛的射频仪具有电流刺激鉴别神经的特殊功能。20 世纪 80 年代已报道用于多种神经和神经节的毁损治疗顽固性疼痛。但神经被破坏后出现的麻木、异感和神经再生疼痛复发等缺点限制了医生和患者选择该技术的热情，射频镇痛治疗适应证的狭窄性与仪器的昂贵性为推广此项技术造成较大难度。

2000 年，我的老师高崇荣教授担任广东省疼痛学会主任委员，引进了中国第一台美国著名射频仪品牌中拥有最新的脉冲射频和椎间盘热凝射频功能的 Radionic 3C - PUL 射频镇痛仪。我们参照美国射频镇痛方面的理论和专家经验，开始了影像引导下射频热凝或脉冲射频调整三叉神经、蝶腭神经、舌咽神经、脊神经后支、后根节、交感神经节和脊神经后根入髓区等镇痛技术，拉开了我国疼痛学界射频治疗的序幕。自 2002 年开始，高教授和我带领年轻医生和研究生们进行了连续数年的脉冲射频机制的实验研究和临床研究，还进行了纤维环双极射频和脑下垂体射频镇痛治疗，我国的射频镇痛技术很快接近了国际水平。

在射频镇痛的临床实践中，我和同事们不断总结经验，为提高疗效而尝试革新技术，我将小针刀和密集型银质针的治疗体会融合到射频技术中，建立了肌筋膜粘连射频热凝松解技术并获得了成功。跟着我将射频镇痛技术精确寻找和毁损神经传导的特点，改变为在神经附近安全距离内热凝、松解神经卡压痛的新射频镇痛技术。这两项技术革新治愈了许多疑难杂症性疼痛，并因为软组织源性疼痛患者群的广泛性使射频镇痛技术有了新的用武之地，大大增加了仪器开机率，并降低了其医疗成本。我在国内多个疼痛学术讲座上将射频镇痛治疗喻为疼痛科的特征性技术，国内许多医师也逐渐认识了射频镇痛技术并对其有了兴趣。

没有创新就没有发展，今日的创新可能就是明日的传统，医学甚至人类都是在改革和突破中得到进步的。2006 年，我倡议“非神经毁损射频镇痛”新理念，即把射频毁损神经镇痛的治标疗法改变为保护神经的治本疗法。我们找到疼痛原因后，首先用射频技术松开卡压神经的软组织或施以脉

冲调整神经，神经“松绑”后血流恢复、营养增加，疼痛得到根本上的缓解。经过对十年来临床实践的总结，反思我应用过的治疗椎间盘突出症的11种微创措施，在今年6月我提出了一个旨在保护椎间盘的“不动髓核”新理念，椎间盘靶点射频和纤维环射频热凝固缩技术是支撑该理念的重要组成部分之一。

我很感激曾邀请我为其疼痛诊疗著作编写“射频镇痛治疗”章节的尊敬的老师和杰出专家们，使我获得一个个珍贵的学习和锻炼机会。但我的老师和朋友们仍觉得不足，鼓励我并愿意与我携手写这本《射频镇痛治疗学》专著，尤其感谢德高望重的宋文阁老师和高崇荣老师在编写本书时给予的鼎力扶持。在2005年我就承诺了此事，但很惭愧因种种原因一拖就晃过了大段光阴。感谢始终给予我亲切督促、鼓励和支持的严师、同事、朋友和家人，是他们的大力帮助我才可能在此刻交出这份自己也觉得不大满意的“功课”。我衷心希望本书能给初学射频镇痛治疗的临床医生提供系统的参考材料，对疼痛界同事们的工作起到抛砖引玉的作用，为我国疼痛医学的发展做点微薄贡献。

我内心确实彷徨，深知自己编写水平有限，加之文字表达可能词不尽善，书中肯定有着许多疏漏甚至错误之处，恳请各位专家教授和同仁多多包涵并批评指正。另，我也明白本书并未能将国内许多有才华、有经验的疼痛专家们在射频镇痛方面的真知灼见和先进经验收集进来，只能在这里再表歉意和恳请原谅。如有机会再编写该书的第二版，我一定尽力弥补，以期更加完善。

今年正值中国疼痛科建立元年和奥运大典，我仅以此书的出版作为庆贺祖国确立疼痛科为临床一级诊疗科目和成功举办奥运的一份献礼。

卢振和

2008年8月28日

编写委员会名单

主 编 卢振和 高崇荣 宋文阁
副主编 傅志俭 陈金生 赵国栋

编 委 (按姓氏音序排列)

陈金生	傅志俭	高崇荣	胡 滨
黄俊伟	黄焕森	黄乔东	李晓宏
刘少惠	刘晓明	卢振和	罗 俊
莫 平	彭 岚	宋文阁	王珺楠
魏 霞	翁景恩	吴 滔	谢长春
谢君田	熊文智	袁平安	翟利平
赵国栋	郑拥军	周 钰	周忠群
朱卓丽			

目 录

第一篇 绪 论

第一节	概述	2
第二节	射频镇痛治疗历史	3
第三节	射频镇痛机制	4
第四节	射频镇痛治疗设备	7
第五节	射频镇痛治疗技术	10
第六节	射频镇痛治疗技术临床评价	13

第二篇 神经痛射频镇痛治疗

第一章	头面部神经痛射频镇痛治疗	17
第一节	三叉神经痛射频治疗	17
第二节	蝶腭神经痛射频镇痛治疗	33
第三节	舌咽神经痛射频治疗	37
第四节	头皮末梢神经痛射频镇痛治疗	39
第五节	面肌痉挛射频治疗	40
第六节	垂体射频镇痛治疗	42
第二章	颈部神经痛射频镇痛治疗	46
第一节	颈部疼痛概述	46
第二节	颈脊神经后支射频镇痛治疗	51
第三节	颈脊神经后根节射频镇痛治疗	59
第四节	颈交感神经节射频治疗	63
第五节	颈源性头痛射频镇痛治疗	68
第三章	胸部疼痛射频镇痛治疗	74
第一节	胸痛的原因	74
第二节	胸脊神经后支射频镇痛治疗	75
第三节	胸脊神经背根节射频镇痛治疗	80
第四节	胸交感神经节射频镇痛治疗	84

第四章	腰骶部神经射频镇痛治疗	89
第一节	腰脊神经后支射频镇痛治疗	89
第二节	腰脊神经根射频镇痛治疗	92
第三节	腰脊神经后根节射频镇痛治疗	96
第四节	腰交感神经节射频镇痛治疗	97
第五节	骶脊神经节射频镇痛治疗	100
第六节	臀上皮神经射频镇痛治疗	102
第五章	下肢神经射频镇痛治疗	104
第一节	股神经射频镇痛治疗	104
第二节	股外侧皮神经镇痛治疗	105
第三节	坐骨神经射频镇痛治疗	107
第四节	闭孔神经射频镇痛治疗	109
第五节	胫神经射频镇痛治疗	110
第六节	腓总神经射频镇痛治疗	112

第三篇 椎间盘射频镇痛治疗

第一章	椎间盘解剖基础	116
第二章	腰椎间盘突出纤维环电热成形治疗	118
第一节	概述	118
第二节	椎间盘造影	119
第三节	Douglas 腰椎间盘突出纤维环热凝操作方法	120
第三章	腰椎间盘突出双极射频热凝治疗	128
第四章	椎间盘等离子射频减压治疗	132
第五章	椎间盘靶点射频治疗	138
第一节	颈椎间盘靶点射频治疗	138
第二节	腰椎间盘靶点射频治疗	140

第四篇 肌筋膜疼痛综合征射频镇痛治疗

第一章	概述	145
第二章	颈臂部肌群肌筋膜疼痛综合征射频镇痛治疗	148
第一节	斜角肌疼痛综合征射频镇痛治疗	148
第二节	斜方肌筋膜疼痛综合征射频镇痛治疗	150
第三节	肱二头肌短头肌腱炎射频镇痛治疗	152
第四节	肱二头肌长头腱鞘炎射频镇痛治疗	153
第五节	三角肌肌筋膜疼痛综合征射频镇痛治疗	154
第六节	肱骨外上髁炎射频镇痛治疗	156
第三章	肩背部肌筋膜疼痛综合征射频镇痛治疗	158
第一节	冈上肌肌筋膜疼痛综合征射频镇痛治疗	158
第二节	冈下肌肌筋膜疼痛综合征射频镇痛治疗	160
第三节	菱形肌肌筋膜疼痛综合征射频镇痛治疗	162



第四章 腰部肌筋膜疼痛综合征射频镇痛治疗	165
第一节 骶棘肌下段肌筋膜疼痛综合征射频镇痛治疗	165
第二节 腰方肌疼痛综合征射频镇痛治疗	167
第三节 黄韧带肥厚射频镇痛治疗	169
第四节 梨状肌综合征射频镇痛治疗	172
第五节 臀中肌综合征射频镇痛治疗	176
第五章 下肢肌筋膜疼痛综合征射频镇痛治疗	179
第一节 髂胫束综合征射频镇痛治疗	179
第二节 膝关节侧副韧带损伤射频镇痛治疗	181
第三节 跟痛症射频镇痛治疗	182

第五篇 周围神经卡压痛射频镇痛治疗

第一章 上肢神经卡压综合征射频镇痛治疗	186
第一节 肩胛上神经卡压综合征射频镇痛治疗	186
第二节 肋间神经外侧皮支卡压综合征射频镇痛治疗	188
第二章 下肢神经卡压综合征射频镇痛治疗	191
第一节 干性坐骨神经痛射频镇痛治疗	191
第二节 臀上皮神经卡压综合征射频镇痛治疗	196
第三节 股外侧皮神经卡压综合征射频镇痛治疗	198
第四节 腓总神经卡压综合征射频镇痛治疗	200
第五节 腓浅神经卡压综合征射频镇痛治疗	201
第六节 腓深神经卡压综合征射频镇痛治疗	203
第七节 腓肠外侧皮神经卡压综合征射频镇痛治疗	205
第八节 跗管综合征射频镇痛治疗	206
参考文献	209

第一篇

绪论

第一节 概 述

射频 (radiofrequency, RF) 治疗技术是通过特定穿刺针精确输出超高频无线电波, 使局部组织产生局部高温, 起到热凝固或切割作用, 从而治疗疾病的技术, 因此被称为“射频热凝”或“射频消融”。在所有损伤性治疗模式中, 没有一种像电这样吸引医学界的注意, 也没有一种技术像射频一样经受住时间的考验。自 19 世纪开始已有使用电流损伤神经系统的动物实验研究, 经不断研究改进, 到 20 世纪中叶制造出了第一台具有商业应用价值的射频发生器, 使射频技术付诸临床应用。

用于疼痛治疗的射频仪器专门设置有神经刺激功能, 可发现和准确定位感觉神经和运动神经。用射频电流阻断或改变神经传导, 可达到解除疼痛的目的。这种物理性神经热凝技术能极好地控制热凝灶的温度及范围, 治疗后能减轻或消除疼痛而保持本体感觉、触觉和运动功能。射频的并发症少, 死亡率低, 比手术治疗恢复快, 疗效维持时间长, 并可重复进行。经过不断改进, 射频温控热凝术的临床适用范围不断扩大, 现已成为治疗各种顽固性疼痛的一种有效手段。

射频热凝技术属于微创治疗方法, 根据临床需要由医生控制仪器发出的刺激或热凝电流的大小, 选用不同直径、长短和形状的穿刺电极针, 形成计划性的精确局限热凝灶。在过去的 30 余年中, 神经射频热凝技术已安全有效地用于治疗三叉神经痛、脊椎小关节痛、骶髂关节痛和其他神经源性疼痛, 取得了丰富的实践经验。神经射频热凝技术可用于对保守治疗无效、不能应用药物或不能耐受药物治疗、不能手术或不愿接受手术治疗的慢性疼痛患者。射频技术在其他领域中也可用于心内传导旁束的阻断以及肿瘤组织的破坏治疗等。

与现有的其他神经破坏技术相比, 射频技术的主要优点是可获得定量和可预测的神经热凝灶。射频电流不像直流电那样造成组织粘连或烧焦, 也没有气体生成。射频电极针和穿刺套针细小 (22 G 和 23 G)、耐用、组织损伤小。因此手术操作时患者多无不适, 无需镇痛镇静。在 X 射线或 CT 引导下操作时能够实施感觉和运动刺激, 实现解剖定位和电刺激生理定位, 增加治疗的精确性、安全性和舒适性。射频电极通过阻抗监测和电刺激监测可辨别神经组织的性质是属于感觉神经、运动神经或是混合神经, 并能判断神经与针尖的距离以选择加热热凝的温度和时间。药物破坏性治疗由于药液的流动性, 使药物扩散难以预测, 破坏的范围不易控制。因此, 普遍认为神经射频热凝技术比注射破坏法优越而科学。在注射药物破坏神经技术中, 损毁药物如苯酚或乙醇, 常需要反复注射。乙醇还可能引起神经瘤形成, 一般仅用于生命预期有限的患者。冷冻热凝神经镇痛要求配置一个相当大直径的探头和笨重的把手, 要求术者徒手扶持设备以保证在冷冻时探头尖端不移位。若其尖端形成的冰球体积较大, 可影响在脊髓部位操作的精准性。

经过 70 多年不断改进和完善, 射频仪器在原有用于神经热凝的基础上, 增加了调整神经传导的脉冲射频、局部线性热凝的双极射频、髓核固缩减压作用的弯形电极和等离子低温射频及双针冷水循环电极的椎间盘射频热凝, 以及我国正在探索的慢性肌筋膜疼痛综合征的肌筋膜挛缩射频松解治疗等技术。射频技术在疼痛领域的临床应用范围正迅速扩大, 逐渐成为治疗慢性疼痛的有力工具。但归根到底, 射频仍是一个热凝性技术, 如果对非目的性神经如运动神经或脊髓或肌腱破坏则可能造成严重并发症。此外, 必须牢记, 射频仪器不能辨别血管结构, 在有重要血管尤其是动脉的区域, 施行射频治疗时必须倍加小心, 要求在 X 射线影像下或造影排除针尖进入血管的可能性, 更主张在 CT 或 B 超监测下显示针尖与附近血管的位置更为安全。

(胡 滨 高崇荣 卢振和)



第二节 射频镇痛治疗历史

使用电流损伤神经系统镇痛的兴起可追溯至 19 世纪 Beaunis (1868 年), Fournie (1873 年) 和 Golsinger (1895 年)。1905 年, Horsley 和 Clark 提出了依据电流强度和时间可产生预期定量损伤面积的概念, 并于 1947 年进行了立体定向直流电损伤, 但直流电损伤疗效并不令人满意, 它可导致气体生成, 而且受到组织解剖和血供状态的影响, 损伤边缘不整齐。1935 年, Kirschner 采用直流电电凝半月神经节治疗三叉神经痛, 后因并发症多而放弃。实际上在 20 世纪 20 年代, Hunsperger 和 Wyss 便率先试验射频热凝技术。1969 年, Sweet 等首先报道了三叉神经节射频热凝治疗技术的长期效果。

1975 年, Shealy 首次报道应用射频热凝技术治疗小关节病变导致的腰痛, 他应用一根 14 G 热敏电极通过一根 12 G 引导针到达脊神经后根内侧支, 再将 14 G 热敏电极通过套针接近神经并进行射频热凝, 能够高度选择性地热凝支配小关节的脊神经后支的内侧支。随后, 许多医师应用此种射频热凝方法治疗了许多慢性机械性腰背痛的患者。虽然各个医生的穿刺操作技巧有所差异, 但对脊神经后支解剖的基本认识则是相同的。不幸的是, 该技术流行了数年后也难于再推广, 其中一个主要原因是适应证过窄, 因为小关节病变在腰痛患者中仅占 20% ~ 30%。

1977 年, Uematsu 应用射频热凝脊髓背根神经节治疗脊椎源性疼痛。他用 Shealy 设计的电极, 针端的加热温度为 75 ℃。由于当时的高温和粗探头导致背根神经节严重损伤和脊神经后遗症——去传入疼痛综合征, 以及潜在的运动神经功能损伤等缺陷, 曾阻碍射频技术的进一步开展, 一度使医学界对射频镇痛技术的兴趣受到影响。

1981 年是射频技术发展的转折点。Sluijter 和 Mehta 采用一种 22 G 的细射频针, 内置热偶探头, 较过去有很大的进步, 减轻了患者经皮穿刺的不适和软组织损伤, 更重要的是, 避免了脊髓神经主干的机械性损伤。随后医学界进行了一系列随机的前瞻性大样本临床研究。

1990 年, Broggi 等总结了三叉神经痛患者的研究结果: 射频热凝治疗后 95% 以上患者的爆发性疼痛出现戏剧性的缓解或消除, 死亡率为 0, 并发症发生率为 35%, 其中 10.5% 为咀嚼肌无力、5.2% 为需药物治疗的酸麻、1.5% 为痛性麻木、0.5% 为眼球麻痹、19.7% 为非角膜炎的角膜反射异常、0.6% 为角膜炎性的角膜反射损伤、0.1% 为血管舒缩性鼻出血。大多数属于可处理的并发症, 绝大部分患者对射频热凝治疗感到非常满意。其并发症与术前疼痛相比较则被认为相对不那么重要了。虽然还没有严格的前瞻性研究将射频热凝与后颅窝减压手术的远期效果、死亡率和并发症进行比较。但一般认为, 老年人应该使用药物治疗和经皮穿刺射频热凝治疗, 而体质好的年轻人可选择开颅手术减压治疗。在经皮穿刺治疗三叉神经痛的方法中, 射频热凝技术当然是最有效和最安全的疗法。温控热凝技术能够被医生精确控制, 不会发生像药物那样流入蛛网膜下隙损伤中枢神经系统的缺点。在治疗三叉神经痛的方法中, 无论是注射乙醇或酚甘油的化学热凝, 其神经并发症远远高于射频热凝法。应用细的仅 2 mm 裸露针尖的射频套针, 能够精确地选择热凝三叉神经靶分支而保留其他分支的正常功能, 避免液体性药物毁损那样无选择地破坏整个神经节。

1997 年, Slappende 等发表了射频热凝颈椎脊神经后根节的随机双盲研究, 提出 45 ~ 67 ℃ 的疗效无明显差别, 45 ℃ 是神经组织发生损伤的阈值。由于低温射频技术可避免损伤重要神经结构和产生去传入疼痛综合征而能获得较长时间的疼痛缓解效果, 从而大大促进了射频镇痛技术的发展。有人对射频产热镇痛的原理发生质疑, 因其不能解释射频损伤腰交感干的作用机制, 即射频治疗的效果与交感阻滞程度无关, 因此有人质疑交感神经干是否确实被破坏。后来, 椎间盘内射频热凝技术用于治疗盘源性疼痛, 其作用机制更为人们所怀疑。经研究证实, 射频损伤有三种方法可以保持组织的低温度: 全功率输出, 用冷盐水冷却针尖; 降低输出功率; 以脉冲形式全功率输出, 使组织在间歇期冷却。冷却针尖的方法

法不可取,因为发热的是组织而非针尖。此方法可限制邻近组织升温,但周围组织仍可达到足以破坏神经的温度。后两种方法中以后者更可取,既可使射频电流全额输出,又限制了组织升温,这就是脉冲射频(pulse radiofrequency, PRF)。

脉冲射频用的温度是低于 42°C 的丛集性超高频电流,避免了高温的神经损害,受到了人们的高度关注。Sluijter发现的这种非神经热凝性的脉冲射频,可治疗神经性疼痛。脉冲射频电流在神经组织附近形成高电压,但电极尖端温度不超过 42°C ,不会破坏感觉和运动功能。对禁忌行热凝治疗的神经性疼痛患者,运用脉冲射频治疗可取得显著效果并且不出现神经热离断效应,术后不会出现感觉减退、酸痛、灼痛和运动障碍。多数患者在射频治疗数小时到数天内反映有疗效。但操作带来的不适降低了一些患者对疗效的评价而难以在术后获得其即刻反馈。疗效也与诊断的准确性、操作的精确度以及局麻药应用有关。

2001年以来,中国的疼痛医师在临床实践中不断发挥射频镇痛技术可辨别神经与精确控制热凝灶的功能,探索和开创了椎间盘突出物靶点射频治疗椎间盘突出症、肌筋膜粘连点射频热凝治疗肌筋膜疼痛综合征和周围神经卡压痛等多种射频非神经热凝项目,突破了传统射频神经热凝治疗疼痛的限制和旧观念,开拓出一个新的通过射频解除致痛原因和射频改善神经血流而保护神经结构的镇痛治疗新局面,推动了射频镇痛技术蓬勃开展。

(胡 滨 高崇荣 卢振和)

第三节 射频镇痛机制

一、物理机制

(一) 有关物理名词

1. 电阻(impedance, I):指电流在一个环路中的阻力(resistance, R),以欧姆(ohm, Ω)表示。
2. 电流(current, C):指在每一个单位时间中所流过的电负荷量,以安培(ampere, A)表示。
3. 电压(voltage, V):指电流强度或电流势能差,以伏特(volt, V)表示。
4. 功率(power, P):指由发电机或电网中获得的能量,以瓦特(watt, W)表示。
5. 交流电(alternating current, AC):电压随时间变化,电子以从正极到负极、然后再到正极等不断交换极性变化的方式移动。
6. 直流电(direct current, DC):电流的电压是恒定的。
7. 频率(frequency, F):表示交流电电流在每秒内的极性变化中循环正弦波的次数(Hz)。民用交流电的频率为60 Hz,人体内传输生物电信息的电流也是低频的,所以,当人的手指接触交流电插头时人的生物电会被严重干扰,即“电击”。但用于射频治疗的交流电频率大于460 kHz,是非生理电频率。这种超高频的电流不会干扰身体生物电,对人体较为安全。射频发生器通过针型电极引导连续放射的电流,在温差电偶电极间产生一束高频电流,通过一定阻抗的组织时使组织内离子在高频电流作用下发生振动,与周围质点相互摩擦而产生热量,切割该组织并使之凝固。调节射频输出功率的大小,使针形电极处的神经组织局部达到所需要的温度和形成一定范围的组织凝固灶,可影响痛觉信号的传导和阻止疼痛的发作。

(二) 物理作用

射频镇痛仪配置有监控功能,如自检、神经刺激、电流、电压、功率、温度、阻抗、热凝模式甚至加热曲线图等。通过调节发出电流量的大小与持续时间的长短,可控制针尖加热的温度、时间,起到控制热凝面积大小的作用。使用时,应先将穿刺套针进入射频作用靶点(整根穿刺针的针杆是绝缘的,只有针的尖端裸露部分可传递电流),然后把传递电流和反馈针尖温度的温差电极放入套针中,在靶点上



形成热凝球体。当温度固定时，所用射频套针裸露针尖的长短或直径的大小均与损伤范围的直径成正比(图1-1)。

传导至神经以诱发其感知放电所需的刺激电压(电流量)的大小，与电极距神经的远近成反比。通电进行神经刺激时，若电极正好在神经上，引起神经放电的50~100 Hz频率的最小电流是0.5 mA左右，相当于在500 Ω 电阻上有0.25 V的电压。如果刺激电压越低，获得的感觉刺激越强，则表明电极距神经越近。一般认为，最适当的神经热凝距离是3 mm以内，所以刺激电压应在0.3~0.6 V。电压小于0.3 V诱发出感觉刺激时，电极可能位于神经中；电压增加到2 V才感受到痛刺激时，电极可能距神经0.5 cm以上。低频率的电流会刺激运动神经诱发肌肉抖动，将运动刺激电压调节至感觉刺激阈值的2倍以上而不出现肌肉抖动，或者2 Hz频率、2 V电压仍无肌肉运动，则可推测针尖附近0.5 cm以内无运动神经经过或运动神经处于髓鞘的保护下，此时加温热凝感觉神经治疗疼痛不会伤及运动神经。

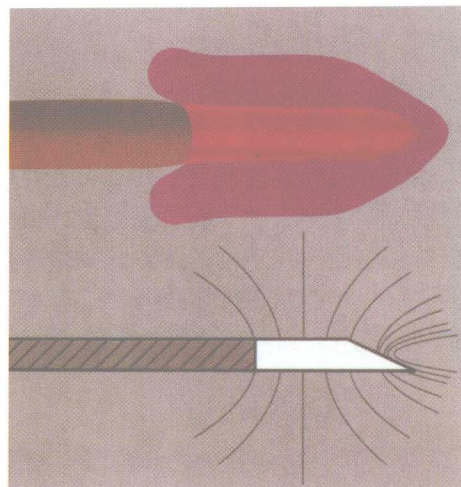


图1-1 针尖电极

弥散电极置于患者臀部或腿部表面，射频仪所产生的射频电流从电极尖端流向体表弥散电极，温差电极与弥散电极之间构成射频损毁的电回路。一般要求体表弥散电极板的面积大于15 cm^2 ，可放在臀部、背部或四肢的较平坦处，与身体有一个低电阻的良好接触，在热治疗中不会引起该处皮肤烧伤。(图1-2)

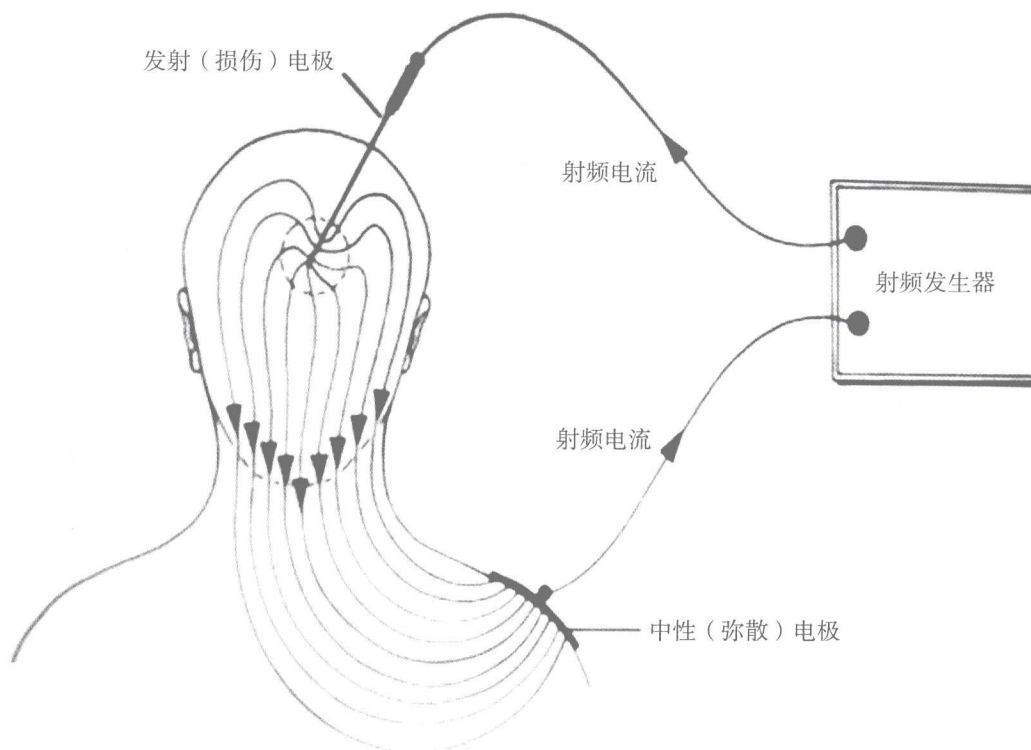


图1-2 射频热凝电回路

射频电极在体外加热至60~65 $^{\circ}\text{C}$ 时出现蛋白凝固，80 $^{\circ}\text{C}$ 时组织起焦痂反而影响热凝的范围，高于85 $^{\circ}\text{C}$ 可引起组织细胞的沸腾、脱水甚至烧焦和缩小热凝的范围，高于90 $^{\circ}\text{C}$ 可能引起靶点组织过热和拔出电极时组织撕裂。在一个特定的温度下，热凝范围的大小与持续加热的时间呈线性关系，但到达一定

水平后即不再提高。电极尖端温度 75 ℃ 时最大损伤发生在 40 s, 超过 60 s 后损伤面积不再进一步增加。所以在调控性射频热凝治疗中希望热凝面积达到最大范围时, 主张逐步提高加热的温度, 到达预定温度后再持续 60 s, 长于 80 s 的热凝不会提高热凝效果反而增加不良反应。射频损伤大小与针的非绝缘段的长度、电极的直径、加热的温度、电流通过的时间、电极周围组织的特点等因素有关。

影响射频镇痛的有效性和持久性因素包括: ①神经纤维与电极的距离, 距离越大损伤越小; ②神经根或神经节的大小; ③有无脊液或血液, 因脑脊液可作为绝缘体和散热体, 血流可带走热能, 但也有认为脊液可使热损更均匀, 热凝效果更好; ④有无硬脊膜起绝缘作用; ⑤热凝的温度, Kleef 等发现 40 ℃ 的射频与 67 ℃ 的射频同样有效, 温度大于 45 ℃ 时可引起神经传导阻滞和治疗慢性疼痛。脉冲射频的电流是间断性的, 组织的热能被弥散, 使电极尖端温度不超过 42 ℃, 射频后有镇痛效果而不影响神经功能。

二、生理机制

(一) 神经纤维直径与射频热凝温度

周围感觉神经存在两类不同直径的神经纤维, 第一类是直径 3~4 μm 的有髓鞘的 A_δ 纤维及直径 0.5~2 μm 的无髓鞘的 C 纤维, 主要司痛温觉的传递, 它们对热的耐受性差, 温度高于 60 ℃ 时易受破坏。第二类是直径 6~17 μm 的 A_α、A_β 纤维司触觉传递, 对热耐受性较强, 即使温度高达 75~80 ℃ 仍能保持其传导功能。1968 年的体外实验显示在射频加热下首先阻断 A_δ 纤维和 C 纤维的神经动作电位, 然后才阻断 A_α、A_β 纤维的神经动作电位, 提出热损伤可选择性破坏传导痛觉的神经纤维而其他神经功能不受影响, 奠定了射频治疗疼痛的神经生理学基础。

(二) 神经纤维髓鞘与射频热凝温度

20 世纪 90 年代的实验进一步支持无髓鞘的神经纤维容易受热损伤的理论, 原因是无髓鞘神经纤维的表面积与体积比值较大, 而且没有神经髓鞘的隔绝和保护。神经纤维在温度 41~45 ℃ 时开始出现传导阻滞, 60 ℃ 时较小的感受痛温觉的 A_δ 和 C 神经纤维传导被阻滞, 70~75 ℃ 时这些神经纤维会被破坏, 但传导触觉的 A_α、A_β 纤维的功能被保存下来。运用这种温度射频热凝治疗后, 患者则既能缓解疼痛又能保留触觉。1992 年, Hoogeveen 等发现神经热损伤最严重的部位是离电极尖端最近之处。热损伤 30 min 后, 伤害部位的病理组织学改变主要是血管内膜结构的松弛和肿胀变化, 8 h 后一些轴突结构破裂和表现早期的沃勒变性, 24 h 后破坏现象更明显, 1 周内发生完全脱髓鞘和轴突的沃勒变性, 3 周后小纤维会再生, 12 周后出现连续的髓鞘再生和轴突变大。在人体行背根节射频治疗后有镇痛作用而无运动损伤, 肌电图正常, 表明射频损伤仅限于小纤维而未涉及大纤维。然而, 另外的研究资料显示, 射频温度高于 85 ℃ 会无选择性地破坏所有神经纤维。

(三) 射频热凝镇痛机制

究竟是射频电流或是高温产生镇痛的作用一直存在争议, Letcher 等认为射频电流通过产热致组织变性, 所以射频电流和热对神经纤维动作电位的影响是一致的。Kleef 和 Slappendel 在持续 90 s 射频的研究中, 发现 40 ℃ 的射频与 67 ℃ 的射频同样有效, 当温度大于 45 ℃ 时可引起神经传导阻滞, 治疗慢性疼痛。

(四) 脉冲射频镇痛机制

脉冲射频的镇痛作用有两种机制参与: 热性神经破坏作用和射频电场的神经调节作用。射频电流以可控的方式造成的高温损伤达到组织破坏的目的, 而高强度射频电流所形成射频电场的生理学效应成为瞩目的焦点。人们观察发现应用射频静电场的恒温作用可诱导神经细胞的 c-fos 表达, 后者标志着基因早期表达。数据表明, 暴露在脉冲射频下的大鼠背根神经节 (DRG), 其脊髓第 I、II 板层 c-fos 表达增加, 这提示可能有更多的中枢神经元发生继发性改变。

Sluiter 发现脉冲射频可治疗神经性疼痛, 脉冲射频电流在神经组织附近形成高电压, 但电极尖端温度不超过 42 ℃, 不会破坏感觉和运动功能。有学者研究发现在兔的福尔马林致痛模型中脉冲射频能增加脊髓后角和后根神经节及脑组织 β-内啡肽等镇痛物质, 并能抑制大鼠脊髓背角 C 纤维诱发电位的长



时程反应。提示脉冲射频可能通过改变中枢镇痛物质或神经髓鞘中的传递结构而发挥镇痛作用。

脉冲射频是间断射频电流,电极尖端温度不超过 42 ℃ (图 1-3)。Munglani 在 1999 年进行的 4 例背根节脉冲射频时间为 120 s,结果疼痛减轻 90% 并维持了 7 个月。对脉冲射频的止痛作用机制,其推测如下。

1. 激发了处理疼痛信号传入的中枢疼痛通路的可塑性改变,如激活后角浅层的神经元。
2. 激活了减少疼痛感受的脊髓抑制机制。
3. 类似于电流击穿了电容器,改变了神经髓鞘细胞的功能而对神经纤维传导电生理产生抑制作用。
4. 调节中枢神经中的疼痛介质如 P 物质和内啡肽的含量等。所以有人称脉冲射频为射频神经调节治疗,或比喻为神经上的针灸治疗。

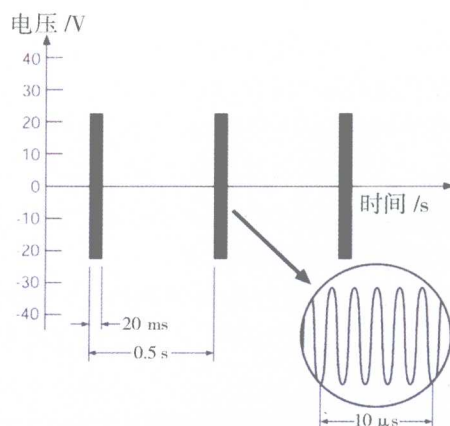


图 1-3 脉冲射频输出的簇样电流

(胡 滨 高崇荣 莫 平)

第四节 射频镇痛治疗设备

一、仪器特点

目前市场上供应的射频镇痛治疗仪有很多种,我国用于疼痛临床最早的射频仪是美国 Radionic 公司的产品,已具有 40 年历史。国内常用的还有美国 Smith & Nephew 公司的产品和加拿大的“Baylis”、中国的“北琪”等。

近年来,根据临床各科治疗的需要进行了不同的设计,如专用于心脏传导系统、肝脏肿瘤系统和耳鼻喉科系统等的各种射频治疗仪。应用于疼痛治疗的射频仪在其精确控制热凝温度和范围的原则上,增加了神经刺激功能,其具有精确神经定位作用,减少了顽固性疼痛热凝神经镇痛治疗后的并发症。近几年发展了调整神经作用的脉冲射频模式、椎间盘热凝模式,以及我国开发的肌筋膜松解、卡压神经射频松解、椎间盘靶点射频等非神经热凝模式。射频镇痛仪针对祛除不同的疼痛原因,使治疗范围得到了很大的拓展。

二、射频电回路

在射频治疗期间,人体成为射频电循环中的一部分,仪器构成了另一部分,即称为射频损毁的电回路。人体回路是指套管针穿刺到位后,仪器的温差电偶电极放入绝缘的套管内时,射频仪产生的射频电流从电极尖端流向置于患者臀部或腿部表面的弥散电极,温差电极与弥散电极之间构成射频发生器的电压,人体组织和两个电极构成回路。射频电流流过组织产生电场,此电场对组织电解质离子产生电作用力,使它们以很快的速度前后移动,离子流在组织内摩擦引起组织生热。

仪器的电回路部分包括主机和配件,主要有射频电流发生器、电偶电极、穿刺套针和弥散电极板。

(一) 射频仪基本功能

射频仪具有两大基本功能(图 1-4)。

1. 监测功能:仪器面板上有监测和显示针尖上的组织阻抗,神经刺激的脉冲频率、电压或电流,所选择的工作模式,针尖的实际温度,实际治疗时间,治疗输出的电流或电压,加热的曲线图等。

仪器上的阻抗检测表可显示电极针尖端的阻抗读数,阻抗监测显示射频针尖处的组织性质,具有定

位功能，在非影像学下操作时在一定程度上可保障患者的安全。在中枢神经附近比如在椎管内、椎间孔、椎管周围、卵圆孔或较深部的组织中穿刺治疗时，操作过程中可参照电阻的数值估计射频套针针尖的位置。神经阻抗值为 $250 \sim 260 \Omega$ ，硬膜外组织的阻抗值为 $400 \sim 600 \Omega$ ，脑脊液的阻抗值为 $190 \sim 200 \Omega$ ，脊髓的阻抗值为 700Ω ，骨组织或椎间盘内的阻抗值为 400Ω 。

2. 治疗功能：分为热凝模式、脉冲模式、椎间盘热凝模式，预设的温度、计划治疗的时间、输出的脉冲和电压等。

（二）射频仪主要配件

1. 射频电偶电极：早期的射频套针为神经外科脑内热凝病灶射频热凝用，与电偶电极作为一体，直径粗达 3 mm ，还存在消毒的问题。后期改进为较精细的只有 $0.1 \sim 0.3 \text{ mm}$ 可伸进套针中穿刺针，即热凝作用电极，从仪器发生器上传导电流到针尖，同时传导针尖监测到的阻抗和温度到仪器，亦称为温差电偶电极。

2. 射频穿刺套针：科技发展和材料的进步，使近年专门用于疼痛治疗的温差电偶电极直径较纤细，另配套的中空能插入温差电偶电极的一次性使用射频穿刺套管针的直径仅为 $0.5 \sim 1 \text{ mm}$ 。射频穿刺套针整根针杆是绝缘的，仅在针尖有 $2 \sim 10 \text{ mm}$ 裸露部可传递电流，射频损伤范围只限于围绕非绝缘的电极尖端附近形成椭圆形的损伤区。根据病情使用不同长度的裸露针尖，能够在针尖端精确传递电流并形成不同规格的组织破坏，该热凝灶在电极尖端处呈椭圆形。操作者在进行神经射频热凝时穿刺针沿着神经轴的方向作深度调整，可在靶点上形成热凝球体。当温度固定时，所用射频电极裸露针尖的大小或针直径的大小与损伤范围的直径成正比。

3. 弥散电极板：即涂有导电剂和黏胶， $5 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ 大小的电极板，贴在患者皮肤上，经电缆连接到主机上，使仪器输入人体内的电流回流到仪器，避免引起体内其他非治疗部位的损伤。即与人体有较大接触面的无关电极，使射频发生器产生的经射频电极针导入体内的电流从体表弥散。一般要求体表弥散电极板的面积大于 15 cm^2 ，可放在臀部、背部或四肢的较平坦处，与身体有一个低电阻的良好接触，以使在热凝治疗中不会引起该处皮肤的烧伤。

（三）神经电刺激模式

这是射频镇痛技术的重要部分，操作者根据电刺激的结果可在射频热凝治疗过程中保护除了靶神经以外的其他神经，尤其是运动神经。利用 X 射线影像学的指引，确认射频套针到达靶区位置后，从套针中插入温差电偶电极。射频仪器的射频电流发生器可产生各种频率和电压的电流，用于刺激和测试针尖附近的神经类型以及针尖与神经的距离。 $50 \sim 100 \text{ Hz}$ 的高频率电刺激可识别感觉神经（图 1-5）， 2 Hz 的低频率电刺激可识别运动神经（图 1-6）。

Stim: Sensory

Impedance(Ω) Stim Volts(V) Frequency(Hz)
267 **OFF** **50**
 Width(ms)
1
 Stim: Motor Pulsed RF RF Lesion

图 1-5 50 Hz 的电刺激识别感觉神经

Stim: Motor

Stim Volts(V) Frequency(Hz)
10.0 **2**
 Width(ms)
1

图 1-6 2 Hz 的电刺激识别运动神经



图 1-4 中国产射频仪