

心律失常的射频消融疗法

(国家自然科学基金资助项目)

主 编

黄从新 江 洪 唐其柱

科学技术文献出版社

(京)新登字 130 号

内容简介

本书作者根据自己的实践经验,结合国内外最新文献全面、系统地介绍了经导管射频消融治疗预激综合征、室上性及室性心动过速的历史发展及最新进展。内容包括射频的物理概念及发生原理、射频消融的实验研究、射频消融的基本技术、室上性心动过速的射频消融、预激综合征的射频消融、室性心动过速的射频消融。本书的特点是注重临床实际,对实际应用的每一技术关键都配有影像图及各部位心腔内电图并作出透彻地阐明,可供心血管专科医师从事临床、科研和教学时参考。

图书在版编目(CIP)数据

心律失常的射频消融疗法/黄从新等主编. —北京:科学技术文献出版社,1994

ISBN 7-5023-2195-0

I. 心… I. 黄… II. ①心律失常-射频消融疗法②射频消融疗法-心律失常 IV. R541.705

科学技术文献出版社出版

(北京复兴路15号 邮政编码100038)

电子部情报所印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

1994年4月第一版 1994年4月第一次印刷

开本787×1092毫米 1/32 5.25印张 12.3千字

科技新书目:314—107 印数:1—3000册

定价:5.50元

李 序

心脏病的介入治疗,是医学发展史上的重要里程碑。尤其是经导管射频消融治疗心律失常,堪称此里程碑上的一则璀璨碑文。它积电子学、生物工程学、医学电生理学以及临床医学等学科于一体,变革了心律失常的治疗方法,使既往某些无法或难以治愈的心律失常得以根治,且成功率高,并发症少,实乃心律失常治疗学的划时代进展。

黄从新教授等几位青年学者,多年来醉心于心律失常的基础与临床研究,博采众长,乐于探讨,刻苦实践,勤于积累。在繁忙的临床工作之余撰写出《心律失常的射频消融疗法》一书,较为详尽地介绍了此疗法的原理、方法以及作者从事此项工作的经验体会。全书内容新颖,图文并茂,乃迄今国内介绍此新疗法的首卷新篇。欣阅之余,深信此书能为广大从事心血管病研究者所喜爱。

作为作者的导师,深为他们的成长而高兴,亦为他们的成果而欣慰。年轻的一代能操此新法,撰此专著,余亦乐在其中,慰在其间。有鉴于此,故欣然作序。

湖北医科大学附属一院

李 庚 山

1993年8月16日

吴 序

心律失常或称脉律不整,是危害人类健康的常见病症。过去曾有许多治疗方法,如抗心律失常药物、直流电转复和人工心脏起搏器等,但均无根治之力。近十年来,兴起的经导管射频消融,使病人既避免了开胸之苦,又能使病根去除,且不留任何严重并发症,堪称一种十分理想的治疗方法。

湖北医科大学附属第一医院黄从新教授等几位年轻学者,长期从事心律失常的临床和电生理研究,深思好学,誉在人口。近来焚膏继晷,穷源竟委,勤求博采,聚精汇粹,写出《心律失常的射频消融疗法》一书,用简捷通俗的文字,对射频及射频消融的概念、作用机理及不同类型心律失常的消融方法作了较为系统的阐述。书成之后,问序于余。阅过之后,深感此书内容翔实,朴实无华。既详细介绍了本技术的实用方法,又反映了其最新进展。反复读之,其趣益深,可为开展心律失常的射频消融术之较佳参考专著。对临床实践,启迪思路等则大有裨益。因此,不揣谫陋,信笔为文,草草数语,权以代序,以寄此情云尔。

台湾长庚医学院

吴德润
1993. 7. 2

前 言

心律失常的射频消融疗法是 80 年代后期兴起的一项新技术,由于安全、有效而在短短的五、六年时间得到迅速发展,成为介入性心脏病学的重要组成部分。我们自 1989 年初开始进行射频消融治疗心律失常的实验研究,年尾应用于临床,迄今为止,已积累了数百例的临床经验,成功地用于治疗预激综合征、房室结折返性心动过速和房性心动过速。1991 年和 1992 年在我院举办的两届国际介入性心脏病学研讨会期间,以及 1992 年在哈尔滨医科大学举办的心律失常非药物治疗研讨会和 1993 年杭州的全国心脏电生理学研讨会上,许多致力于我国介入性心脏病学发展的专家和同道都热切地希望我们能提供一本简明、实用而又能全面、系统地阐述射频消融的理论与实践的参考书。为此,我们根据自己的实践经验,结合国内外最新文献,编写了《心律失常的射频消融疗法》。

本书在编写过程中,得到湖北医科大学附属第一医院领导的关怀和支持。另外,国际著名心脏电生理学家、前美国加州大学教授、现台湾长庚医学院院长吴德朗博士和我们德高望重的导师、湖北医科大学附属第一医院院长李庚山教授热情为本书作了序言,在此表示衷心地感谢。

鉴于本书内容较多,完稿仓促,且射频消融本身尚有诸多方面需进一步探讨,故缺点错误在所难免,敬请各位专家、读者不吝指正。

黄从新 江 洪 唐其柱

1993 年 10 月于武昌两湖书院

目 录

第一章 概述.....	(1)
第二章 射频的物理学基础和生物学效应.....	(9)
第一节 射频的物理概念.....	(9)
第二节 射频的发生原理	(10)
第三节 射频的生物学效应	(14)
第四节 心脏内消融的射频要求	(17)
第三章 心脏内射频消融的实验研究	(21)
第一节 房室交界区的射频消融	(21)
第二节 心室肌的射频消融	(24)
第三节 冠状静脉窦的射频消融	(25)
第四节 射频消融的阻抗监测	(27)
第五节 射频消融的温度控制	(28)
第四章 射频消融的器材和基本技术	(30)
第一节 仪器设备	(30)
第二节 人员配置	(35)
第三节 电极导管放置技术	(36)
第四节 心内膜标测技术	(46)
第五节 消融中的射频发放	(49)
第五章 室上性心动过速	(52)
第一节 心脏正常房室传导系统的解剖	(52)
第二节 房室交界区阻断术	(53)
第三节 房室结改良术	(59)
第六章 WPW 综合征	(74)

第一节	WPW 综合征的发生机理 和电生理特点	(75)
第二节	房室旁道定位	(86)
第三节	WPW 综合征的射频消融治疗	(111)
第七章	室性心动过速	(133)
第一节	室性心动过速的发生机制	(133)
第二节	心室电生理检查技术和 室性心动过速的起源定位	(135)
第三节	不同类型室性心动过速的 射频消融	(145)

第一章 概述

在临床上,有一部分快速性心律失常患者,如预激综合征并房室折返性心动过速、心房纤颤等,常常经过多种抗心律失常药物治疗,都不能有效地预防或控制心律失常的发作,或者患者对长期服药引起的毒副作用不能耐受。不仅严重影响患者的生活质量,而且有时可危及生命。长期以来,这些患者的治疗成为临床医师十分棘手的问题。

1981年4月,在美国一个名叫 Paul Christian Anderson 的退休机械工程师因患心房纤颤并快速心室反应,心室率达120次/分以上,频发肺水肿,住进了加州大学旧金山医学中心。经多种抗心律失常药物包括乙胺碘呋酮等治疗,均不能有效地控制心室率。经内、外科医生会诊,认为唯有阻断房室交界区的传导才能挽救患者的生命。但是 Paul 还患有心肌病及严重的慢性阻塞性肺疾病,并因类风湿性关节炎而致残,不宜进行外科手术。于是,在得到有关方面、患者及其家属的许可后, Scheinman 教授在其同事 Gonzales 的动物实验基础上,决定经静脉导管直流电击阻断希氏束。术后病人形成了完全性房室传导阻滞而植入了永久性人工心脏起搏器,成功地控制了病人的顽固性快速性心律失常。直到几年以后, Paul 才因严重的充血性心力衰竭而去世。随后,许多学者相继在临床实践中采用本技术。1983年, Weber 用于治疗预激综合征,成功地在冠状窦口附近放电而阻断了房室旁道。1984年, Hartzler 用于治疗顽固性室性异位兴奋灶。截止1988年11月底,在美国加州大学的 PCMAR (Transcatheter Catheter Mapping and Ablation registry, 经皮导管标测

与消融登记处)登记的病例已达 747 例,阻断希氏束后植入起搏器治疗室上性心动过速 552 例,成功率达 84%;阻断房室旁道治疗预激综合征 26 例,成功率 67%;电击异位性室性兴奋灶治疗室性心动过速 169 例,成功率 59%。初步结果表明,经导管直流电电击希氏束或房室旁道的方法已成为临床上治疗顽固性心律失常的一种可采用的新技术。

但是,随着临床应用的增多,直流电电击心内膜治疗心律失常的各种并发症日渐为人们所关注。如电击冠状窦口阻断房室旁道常可并发冠状窦破裂,发生率高达 16%。还可发生各种严重心律失常如心室纤颤及本技术有关的死亡。其原因可能与直流电消融的作用机制比较复杂有关。直流电消融时,消融电极正对靶组织放电,一部分电能作用于心内膜和心肌,引起心肌组织的变性、坏死、纤维化和细胞膜的电生理特性改变;另一部分电能进入血液,引起血液学改变。其作用原理目前尚不十分清楚,可能与放电后产生的高热、高压和高强度的电场效应有关。有人在一密闭的槽中盛满 Ringer's 液,用监护除颤器的阴极输出端接导管电极置入液体中放电,用每秒 4000 张的高速电影摄影观察到电极的尖端有一团球状火花。在 5 毫秒时,火光球的体积达最大。此时,电流值也接近高峰。随后,火光逐渐暗淡,电极的周围出现云雾状改变。同时观察到,随着高能脉冲的释放,导管电极发生震荡,并在放电的 0~2 毫秒内产生正向压力波。伴随着火光球的形成,还有气泡的产生。在血中放电时,产生的气体主要为氢、氮,而氧和一氧化碳很少。大量的研究表明,放电产生的高热(热损伤)和冲击波(气压伤)可引起邻近的冠状动脉损伤和冠状窦破裂。因此,直流电消融术的广泛使用受到限制。

1984 年, Narula 等首次使用激光经静脉阻断犬的房室交界区,为导管消融术开辟了一条新途径。但由于激光光束造成损伤

时具有极强的方向性,不仅消融的成功率低,而且极易造成心肌穿孔,至今仅见几例个案报告。虽然后来有人试用热金属帽由激光加热后在靶区消融,但由于缺乏柔软可曲及传送大功率激光的光纤,迄今不能获得满意的结果。

1985年,美籍华人 Huang 等在美国亚利桑那(Arizona)州立大学首次用射频经静脉导管阻断犬房室交界区,使射频成为心律失常导管消融的新能源。从1987年应用于临床,至今仅仅5年余,其技术方法取得了突破性进展,引来了心律失常治疗学的革命。

射频(Radiofrequency)是指可进行能量相干电离辐射的电磁波,是一组不同频率电磁波的总称。在医学上,利用射频电流的热效应作直接组织接触电凝的如高频电刀,其频率范围在1.0-1.5MHz。在此范围的射频,其生物学效应为单纯的热效应,即射频电磁能可全部转化为热能。当射频电流通过与组织直接接触的裸露电极时,射频的热效应使组织脱水干涸,甚至凝固、碳化,从而使病变的组织消除。

射频用于心律失常的消融治疗才仅仅5年多的时间,但它在医学其他领域中的应用,确已有了大半个世纪的历史。早在1891年,D'Arsonval 就发现频率大于10KHz的振荡电流对神经和肌肉无刺激性。1893年,他又发现10KHz以上的高频电流通过人体时,并不会引起人体心脏的心室纤颤而仅有发热感。根据这一事实,人们制造了高频电刀,广泛应用于外科、妇科等手术,对组织进行电切(Electrocutting)、电凝(Electrocoagulation)和电干(Desiccation)。后来,又发明了射频热凝器用于三叉神经痛,可控制温度而选择性地阻断三叉神经的痛觉纤维而又不损伤触觉纤维,结果既达到止痛作用,又保留了三叉神经的触觉功能,被公认为一种比较理想的方法。然而,射频在心律失常导管

消融术中的应用,却取得了前所未有的发展速度。我们统计1989年1月至1993年8月间在《美国心脏杂志》(American Heart Journal)、《起搏》(PACE)、《循环》(Circulation)、《美国心脏病学杂志》(American Journal of Cardiology)、《美国心脏病学杂志》(Journal of American College Cardiology)、《欧洲心脏杂志》(European Heart Journal)、《国际心脏病学杂志》(International Journal of Cardiology)、《临床心脏病学杂志》(Clinical Cardiology)、《应用心脏病学杂志》(Journal of Applied Cardiology)、《新英格兰医学杂志》(New England Journal of Medicine)、《柳叶刀》(Lancet)、德国《心脏》(Herz)、德国《心脏病学杂志》(Zeitschrift für Kardiologie)等13种心脏病学重要期刊,共有178位作者(指第一作者)发表心律失常的射频消融方面的论文1490篇,报告的病例达21090例,治疗心律失常的范畴包括房室结折返性心动过速、房室折返性心动过速、特发性室性心动过速、致心律失常性右室发育不良、心肌梗塞后的持续性室性心动过速、房性心动过速、心房纤颤、窦性心动过速等。开展射频消融的医疗单位达151家,分别在美国、德国、澳大利亚、西班牙、荷兰、比利时、意大利、奥地利和中国台湾等17个国家或地区。国内大陆于1989年2月由我们率先开展射频消融治疗心律失常的实验研究,同年底,转入临床应用,采用经冠状窦射频消融治疗预激综合征的探索。1990年底,许多医院引进大头电极技术,射频消融的成功率显著提高。截止1993年9月底,全国已有湖北医科大学附属第一医院、北京医科大学附属第一医院、北京协和医院、阜外医院、安贞医院、上海第二医科大学仁济医院、哈尔滨医科大学附属第一医院、成都军区总医院、华西医科大学附属第一医院、西安第四军医大学唐都医院等十家医院完成射频消融治疗预激综合征1000多例,房室结折返性心动过速200多

例,少数医院用于治疗室性心动过速。目前,射频消融治疗心律失常的临床应用包括以下几个方面:

一、阻断房室旁道

房室旁道是连接心房和心室的附加传导组织,是预激综合征的解剖和电生理基础。多见于无器质性心脏病的年青人。具有房室旁道的患者,大多数可发生反复发作性房室折返性心动过速、心房纤颤等各种心律失常,严重危害患者的身体健康,甚至有0—4%的患者可发生猝死。过去的治疗方法包括使用抗心律失常和外科手术。虽然大部分患者在心律失常发作时能用某种抗心律失常药物有效地控制,但常常反复再发,无有效地预防或根治措施。且长期使用可致严重副作用。少数顽固性反复发作的患者,可行开胸手术离断旁道,但创伤性较大,围术期死亡率较高。1983年,Weber等使用电极导管,经静脉插入冠状窦,标测最早激动的部位作为旁道的位置,然后经导管传送直流电,以标测电极直接在冠状窦内放电,成功地阻断了1例59岁的顽固性预激综合征患者的房室旁道,首创在不开胸的条件下,进行旁道根治术。但许多患者发生冠状窦破裂致心包填塞等严重并发症。1987年,德国学者Borggreffe等首先使用射频代替直流电,对另1例40岁的预激综合征患者行射频消融术,在用直流电电击无效后3天,成功地阻断了房室旁道。且未见任何并发症。但早期使用的方法,都是在冠状窦内消融,成功率不高,一般为30~70%。1989年10月,出现了大头电极导管,可通过尾端的操纵器调整尖端电极方向。于是,许多学者改用经心室内膜途径,由股动脉逆行插管到左心室,再调整尖端的方向至二尖瓣环下作射频消融。同时,心内标测技术进一步成熟,出现了冠状窦内单极标测技术。单极标测比双极标测更能清楚地反映V—A

间期或 A—V 间期,使旁道的定位更加准确。因此,消融的成功率显著提高。据 Jackman、Kuck 和吴德朗等作者的大量系列报道及我院 124 例经验,成功率达 97~100%。且均未见严重并发症。

二、改良房室结

房室结双径路或多径路形成的房室结折返性心动过速是临床上常见的心律失常。虽然常常少有严重后果及血液动力学紊乱,但常因反复发作而影响患者的生活质量。各种抗心律失常药物多只能在心动过速发作时控制症状,而难于有效地预防或根治。1987 年, Huang 等用射频代替直流电阻断房室交界区,但形成的完全性房室传导阻滞可造成对人工心脏起搏器的永久性依赖状态。为了避免植入人工心脏起搏器, Kunze 等首先使用射频选择性地阻断房室结折返性心动过速的快径,既控制了心动过速,又保留了患者的正常房室传导功能。但是,许多学者大量使用的结果表明,仍有 5~10% 患者可能发生完全性房室传导阻滞。1990 年, Roman 等首创慢径消融法,安全性大大提高。目前,慢径消融法已成为临床上广泛采用的方法,包括后位法(后前位透视下,消融电极置于冠状窦前方发放射频)和下位法(消融电极记录到希氏束 H 波后向下弯曲,当 $A/V < 1$ 时发放射频)两种方法。前者安全,但成功率稍低,后者简便,成功率高,但有 2% 的患者可能发生完全性房室传导阻滞。

三、治疗室性心动过速

室性心动过速是指发生在希氏束分叉以下的快速性心律失常,自发性的连续三个、程序心脏电刺激后至少连续 6 个室性提前搏动。无论是折返性的,还是自律性增高或触发性的,其基本

特征多为心动过速反复发作。和室上性心动过速不同,室性心动过速发作时常引起严重的血液动力学障碍,甚至危及患者的生命。因此,积极探索室性心动过速的有效防治措施,一直是心脏病学家的重要课题。既往的经验用药,防治室性心动过速的有效率较低。在电生理技术或 Holter 监测指导下的药物筛选,虽然使疗效提高,但仍需要长期用药,许多患者对药物的副作用不能耐受,有的甚至发生抗心律失常药物的致心律失常作用。十几年前,出现了外科治疗和安置埋藏式自动转复除颤器(Automatic Implanted Cardioverter Defibrillator, AICD)。外科手术包括心内膜环形心室肌切除术、心内膜病灶切除术、心室隔离术、冷冻、激光等多种方法。自 1978 年 Guiaudon 等首次采用以来,临床医师进行了十几年的探索和实践,技术和方法日渐成熟,但还远未达到较完美的程度。Cox 总结了近 10 年的经验,833 例病人的术后平均死亡率为 12.4%(0~21%),术后室性心动过速的诱发率仍达 23.5%。AICD 可在心律失常发作时自动放电,中止发作。自 1980 年 Mirowski 等首次应用以来,此疗法在临床工作中迅速推广。截止 1991 年底,已有三代 AICD 批准上市,第四代 AICD 也已研制成功,共植入 2.5 万例,5 年生存率达 64~78.6%,最大收获是使心脏性猝死的发生率显著降低。但仍属在心动过速发作甚至发展为室颤而终止发作的一种补救措施,故并不是一项根治疾病的方法,且有时并不能有效地将室性心动过速或心室纤颤控制。1984 年, Hartzler 等采用直流电经导管心内电击,治疗室性心动过速成功。在非开胸的条件下,使室性心动过速根治。但直流电电击可引起严重的并发症。据 Evans 报告,166 例室性心动过速的直流电电击,并发症的发生率达 33%。1987 年,澳大利亚 Perth 皇家医院的 Davis 等用射频代替直流电,开展了首例室性心动过速的射频消融术。当时,一位 68 岁的

男性病人,反复发生室性心动过速4年,发作时伴晕厥。因曾行主动脉瓣置换术、冠状动脉搭桥术,并有心肌梗塞病史。在起搏标测及诱发心动过速后标测确定室性心动过速起源部位后行射频消融,经20瓦 $\times$ 15秒6次消融后,心动过速不能被诱发。随访5个月,仍无心动过速的复发。但与室上性心动过速的射频相比,进展缓慢,至今仍经验有限,仅对一些特殊的亚组病人疗效满意,包括特发性室性心动过速和束支折返性室性心动过速,两者的疗效分别可达94~100%和96~100%。而对心肌梗塞后的室性心动过速,射频消融的疗效欠佳。一般为33~80%,Kuck报告94例心肌梗塞室性心动过速的消融结果,总有效率达84%,是迄今为止的各家报告中最高的。室性心动过速的射频消融术,其疗效欠佳的原因可能与其发生机理较复杂和目前的标测技术尚不十分精确有关。提高心肌梗塞后室性心动过速的疗效尚有待于心内膜标测技术的发展。

总之,心律失常的射频消融疗法是近几年来迅速发展起来的新技术,消融房室旁道治疗预激综合征和改良房室结治疗房室结折返性心动过速已成为一种较成熟的方法,但治疗室性心动过速的经验还十分有限,尚待进一步发展。

(黄从新 唐其柱 陈元秀)

第二章 射频的物理学基础和生物学效应

第一节 射频的物理概念

在物理学上,射频是指能够进行能量相干电离辐射的电磁波,是由交变的电场和磁场所组成的。衡量射频的基本特性,其重要的参数是频率(Frequency, F)。频率是指交变电流每单位时间内振动的次数,其单位为赫兹(Hertz, Hz), 1Hz 表示每秒种振动 1 次。如市电电流的频率多为 50Hz,称为工频电流。频率与周期(T)成反比,即 $F=1/T$ 。在实际应用中,由于频率的数字常常太大,故用千赫兹(KHz, 10^3Hz)、兆赫兹(MHz, 10^6Hz)、千兆赫兹(GHz, 10^9Hz)来表示。一般来讲,射频的频率范围为 100KHz—300MHz。一般将 100KHz—30MHz 者称为高频(High Frequency), 30MHz—300MHz 者称为超高频(Ultrahigh Frequency), 300MHz—300GHz 者称为微波(Microwave)。在无线电通讯中,还有更细的划分,包括低频(LF, 长波)、中频(MF, 中波)、高频(HF, 短波)、甚高频(VHF, 米波)、超高频(UHF, 分米波)、特高频(SHF, 厘米波)、极高频(EHF, 毫米波)等,后三者属于微波频段。由于用于医学中电外科手术者多在 1MHz 以下,故国外一些医学专著将 150KHz—1MHz 者称为射频。

除了频率之外,衡量射频的重要物理量还有电流、电压、波形、阻抗、功率和能量。

阻抗(Impedance)是高频交变电流在传输过程中所受到的抵抗,是电阻、电抗和容抗的总称。

在一定的阻抗负载下,电压(U)的大小决定电流(I)的大

小。根据欧姆定律,三者之间的关系是:

$$I(\text{电流强度})=U(\text{电压})/Z(\text{阻抗})$$

在一定的频率范围内,功率(P)由电流和电压所决定,单位为瓦(W)。即:

$$P=IU$$

能量(E)由功率和时间所决定,单位为瓦·秒即焦耳(J)。即:

$$E=PS$$

波形是高频电流或电压随时间变化的表现形式。用记波仪器记下来,可表现为正弦波、连续波、间断波等。有的射频发生器,其波形被低频信号所调制,称为调制波(Modulated Wave)。包括振幅调制(调幅)、频率调制(调频)、位相调制(调相)。

第二节 射频的发生原理

射频的本质是一种电磁波,但在实际应用中,种类繁多。用于心脏内射频消融的射频,都是连续未调制的正弦波(Continuous Unmodulated Sinusoidal Waveform),故目前临床上使用的射频消融仪,其基本的射频发生部分是正弦振荡器。而且所用的频率范围都在 350KHz—1MHz 之间,故实际上多为 LC 振荡器。

一、振荡的建立

任何振荡器的起振,必须具有两个基本的自激条件。如图 2-1。