




体外冲击波 碎石技术

The technique
of extracorporeal
shock wave lithotripsy

主编 / 韩见知 吴开俊

 人民卫生出版社

体外冲击波碎石技术

The technique
of extracorporeal
shock wave lithotripsy

主编 韩见知
吴开俊

人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

体外冲击波碎石技术/韩见知等主编. —北京:
人民卫生出版社,2004.10

ISBN 7-117-06404-8

I. 体… II. 韩… III. 尿石症-碎石术
IV. R691.405

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 095181 号

体外冲击波碎石技术

主 编: 韩见知 吴开俊

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 67616688)

地 址: (100078)北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

网 址: <http://www.pmph.com>

E - mail: pmph@pmph.com

印 刷: 北京人卫印刷厂(尚艺)

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 18.5

字 数: 415 千字

版 次: 2004 年 10 月第 1 版 2004 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 7-117-06404-8/R·6405

定 价: 43.00 元

著作权所有,请勿擅自用本书制作各类出版物,违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

编者名单

(以姓氏笔画为序)

- 万林清 广州中医药大学祈福医院
王 兵 湖北职工医学院
王 坚 广东医学院附属医院
王少刚 华中科技大学同济医学院附属同济医院
车小波 广东医学院附属中心医院
田方兴 湖北省荆州中心医院
叶章群 华中科技大学同济医学院附属同济医院
李金华 湖北省荆州中心医院
刘昌茂 湖北职工医学院
余建华 武警湖北总医院
吴开俊 广州中医药大学祈福医院
肖运政 武警湖北总医院
陈兴发 西安交通大学第一附属医院
陈忠兴 广东省湛江市医学冲击波研究所
贺大林 西安交通大学第一附属医院
杨金瑞 中南大学湘雅医学院第二医院
胡志全 华中科技大学同济医学院附属同济医院
凌 峰 广东省湛江市第二中医院碎石中心
盛斌武 西安交通大学第一附属医院
曾 莹 广东医学院附属中心医院
梅 伟 华中科技大学同济医学院附属同济医院
谢立平 浙江大学第一附属医院
韩见知 广州中医药大学祈福医院
熊泽安 湖北省荆州中心医院

序

冲击波聚焦以及由此产生的体外冲击波碎石机是 20 世纪末医疗界的重大事件,被誉为当代三大医疗新技术(CT、MRI、ESWL)之一。这项 20 世纪 80 年代初才诞生的技术在其后的短短几年内便彻底改变了治疗泌尿系结石主要依赖传统开放手术的方法,是尿路结石治疗上的革命,目前已被公认为治疗泌尿系结石的首选方法。今天,这门技术仍在不断发展、完善中,是泌尿外科工作者必须了解、掌握的一门技术。

对冲击波的研究最早始于 20 世纪 60 年代,德国多尼尔(Dornier)公司从事航空航天工业的物理学家,在寻找超音速飞机材料损伤原因的过程中,发现了冲击波的影响。当落在超音速飞行的飞机上的雨点,反弹时的压强可产生一种冲击波,并会传播到离原撞击点很远的地方使之产生裂缝。确认冲击波能击碎脆性物质,并偶然发现冲击波对人体组织起到力的作用。1974 年,发现水中冲击波聚焦原理,利用金属半椭球反射体可以实现冲击波的聚集。1978 年,多尼尔公司研制出第一台双 X 线交叉定位水槽式体外冲击波碎石机供动物试验用,随后进行了大量的动物试验,并成功治疗了移植到犬肾中的人体结石。1979 年,多尼尔公司研制出世界上第一台实用型双 X 线定位水槽式 Dornier HM1 型体外冲击波碎石机。并于 1980 年 2 月 20 日由 Chaussy 等在德国 Ludwig Maximilians 大学泌尿外科治疗首例肾结石患者获得成功。1984 年,多尼尔公司对 HM2 型机加以改进后,推出性能更加完善的 HM3 型商品化碎石机,我于 1984 年 3 月在慕尼黑 Grosshadern 医院肾结石治疗中心参观了这台当时世界上唯一的应用于临床的碎石机,从此,ESWL 迅速推广到世界各地,国际上出现生产体外冲击波碎石机的高潮。1990 年后,国外碎石机出现了新的变化。碎石机改为“干式”,大的水槽代之以水囊;定位系统由固定式双束 X 线交叉定位改为单束 X 线 C 型臂定位,而且多数碎石机都能应用 X 线和 B 超双定位。这些改进大大简化了碎石机的构造,降低造价,方便治疗。

1982 年,在著名泌尿外科专家吴阶平、郭应禄院士和声学专家王德昭院士主持下,由北京医科大学泌尿外科研究所与中国科学院声学研究所共同研究此项技术,1984 年 10 月,中国科学院电工研究所和北京医科大学附院合作,研制出我国第一台实验样机,1985 年首次临床治疗肾结石成功。同年,上海交通大学电机系与上海医科大学附属中山医院合作研制的样机于 1985 年 12 月也成功应用于临床。随后全国有十几家生产、科研单位相继生产出各式各样的体外冲击波碎石机推向市场,其发展速度之迅猛在中国医疗器械发展史上是前所未有的。国产碎石机大部分性能不逊于国外产品,而且价格较低,因而占据国内市场主导地位。

在开展 ESWL 治疗尿石症的过程中,人们意外地发现,小儿肾结石经 ESWL 治疗后,肾功能不但未受到损害,其体积反而较对侧肾发育更快,因此联想到如将 ESWL 能量

控制在一定限度内,有可能促进组织生长。1987年匈牙利学者率先应用ESWL轰击骨折不愈合部位,发现能促进骨折愈合。20世纪90年代以来,冲击波治疗骨科疾病在欧洲发展很快,在碎石机发源地德国,有的碎石中心应用于骨科疾病的治疗甚至超过治疗结石的例数。

总而言之,冲击波是一种较易控制的技术。它的应用无药物副作用,无化学作用,无辐射危害,只要它对于治病有疗效,必定会成为首选方法。但冲击波在医疗领域的应用还有很多未知,需要我们不懈的探索,因此,冲击波的未来仍需要科学家和医务工作者的努力奋斗。

为了推广体外冲击波技术,韩见知等有实践经验的教授和专家撰写了《体外冲击波碎石技术》一书,全面系统介绍和阐述了体外冲击波碎石技术的历史、近年来的研究成果和未来发展,最后还专门开辟一篇介绍体外冲击波技术的拓展。全书共分13章,约50万字,并有大量插图。本书的特点是重点介绍体外冲击波技术国内外最新进展的信息,注重理论和实践相结合,结合各种疾病分别阐述,务求具体实用,使读者参阅本书后能将相关内容实际应用到临床诊治工作中去。

《体外冲击波碎石技术》的出版是我国泌尿外科界的一件大事,必将推动和促进我国体外冲击波技术的发展,进一步提高泌尿外科临床工作的诊治水平,特此对本书的出版表示热烈祝贺,并予以热忱推荐。

李味忠
二〇〇一年仲夏

前 言

20世纪80年代初才诞生的体外冲击波碎石机彻底改变了治疗泌尿系结石的方法,是尿路结石治疗上的革命,目前已被公认为治疗泌尿系结石的首选方法。今天,体外冲击波碎石技术(extracorporeal shockwave lithotripsy, SWL)仍在不断发展、完善中,是泌尿外科工作者必须了解、掌握的一门基础技术。然而,近10年来体外冲击波碎石技术的临床应用出现了一些不好的倾向。一是在部分医院治疗尿路结石时没有将体外冲击波碎石技术作为首选方法,而是首选输尿管镜手术和/或经皮肾镜取石手术,出现了从损伤较小、费用较低廉的体外碎石技术向损伤较大、费用较高的体内碎石技术倒退的趋势;二是碎石机的滥用,特别是在部分基层医院将一些诊断不明确或没有明确碎石指征的尿路结石进行碎石治疗,甚至将有碎石禁忌证的尿路结石也进行碎石治疗而使体外碎石的并发症明显增加。

为了更好地推广和应用体外冲击波技术,我们组织国内有丰富临床经验的医师撰写了《体外冲击波碎石技术》一书,全面系统地介绍和阐述了体外冲击波碎石技术的历史、近年来的研究成果和未来发展,最后还专门开辟一篇介绍体外冲击波技术的拓展。

本书中的每位作者不仅详细介绍碎石的基础知识、基本方法,而且结合自己的临床经验介绍碎石的技巧和国内外的新知识。内容丰富、全面,临床实用性强,适合广大从事泌尿系统结石治疗的医护工作者和科研技术人员阅读和参考。

本书在编写过程中得到我们的导师,我国著名泌尿外科专家章永裳教授的亲切指导,他不仅对本书的编写提出许多宝贵的指导性意见,而且还在病中为本书题写书名和作序。令我们万分遗憾的是章永裳教授没有看到本书的正式出版而离开了我们。所以,本书的出版也是对章永裳教授最好纪念和感谢。

总而言之,体外冲击波是一种较易控制的技术。它的应用无药物副作用,无化学作用,无辐射危害,只要它对于治病有疗效,必定会成为首选方法。但冲击波在医疗领域的应用还是一种新的技术,人们对它还有很多未知,需要我们不懈的探索。同时,由于编写人员的水平有限,书中尚有一些不足之处,希望广大读者提出宝贵意见;也希望更多的医学、工程技术人员投身于体外冲击波技术的研究、生产和新产品的开发,使我国碎石机的质量和性能逐步提高,使我国体外冲击波碎石技术的临床应用更加规范,疗效更好、并发症更少。因此,体外冲击波技术的应用和发展仍需要科学家和医务工作者的努力奋斗。

韩见知

广州 祈福 山泉居

目 录

第一章 体外冲击波碎石的历史.....	1
第二章 体外冲击波碎石的基本原理	11
第一节 冲击波的声学性质	11
第二节 冲击波的光学性质	14
第三节 冲击波的能量特性	16
第四节 冲击波的应力作用	18
第五节 冲击波的空化效应	20
第三章 碎石机的基本结构和功能	32
第一节 基本结构	32
第二节 碎石机的种类及性能	39
第三节 碎石机的主要通用技术指标及其对碎石效果的影响	43
第四节 不同碎石机的性能比较	45
第四章 体外冲击波碎石在临床应用中的几个共性问题	48
第一节 适应证与禁忌证	48
第二节 碎石前准备	49
第三节 碎石治疗的几个相关问题	50
第四节 碎石后处理及碎石并发症防治	51
第五章 肾结石的 ESWL 治疗	54
第一节 单纯性肾结石的 ESWL 治疗	54
第二节 多发肾结石的 ESWL 治疗	63
第三节 鹿角状肾结石的 ESWL 治疗	70
第四节 巨大肾结石的 ESWL 治疗	85
第五节 同时双侧肾结石 ESWL 的安全性和有效性	90
第六章 输尿管结石的 ESWL 治疗	96
第一节 ESWL 治疗输尿管结石的回顾与最新进展	96
第二节 输尿管结石的病理、临床表现及诊断	98

第三节	输尿管结石的治疗方案与时机选择	104
第四节	输尿管结石的 ESWL 治疗	108
第五节	输尿管结石 ESWL 治疗失败的原因分析及对策	123
第七章	膀胱结石与尿道结石的 ESWL 治疗	126
第一节	膀胱结石的 ESWL 治疗	126
第二节	尿道结石的 ESWL 治疗	129
第八章	超声定位体外冲击波碎石	136
第一节	概述	136
第二节	原理	136
第三节	适应证及禁忌证	137
第四节	定位前病人的准备	138
第五节	B 超定位体外冲击波碎石的优缺点	138
第六节	临床治疗	139
第七节	注意事项	148
第九章	特殊泌尿系结石的 ESWL 治疗	150
第一节	马蹄肾合并结石的 ESWL 治疗	150
第二节	孤立肾结石的 ESWL 治疗	152
第三节	异位肾结石的 ESWL 治疗	155
第四节	尿酸结石的 ESWL 治疗	156
第五节	胱氨酸结石的 ESWL 治疗	159
第十章	儿童尿路结石的 ESWL 治疗	163
第一节	儿童尿路结石的特点	163
第二节	适应证及禁忌证	164
第三节	术前检查及术前准备	164
第四节	麻醉方式	165
第五节	治疗方法	165
第六节	术后处理	167
第七节	术后并发症的处理及预防	167
第八节	术后肾脏及周围组织损害的评价	168
第九节	儿童 ESWL 注意事项	171
第十一章	双 J 管在 ESWL 中的应用	174
第一节	双 J 管的发展史	174
第二节	双 J 管的使用	175

第三节	双J管的疗效和并发症	176
第四节	双J管的发展	180
第十二章	体外冲击波碎石术的护理	184
第一节	术前准备	184
第二节	心理护理	185
第三节	术中配合	185
第四节	术后护理	186
第十三章	ESWL 的病理	189
第一节	组织学损伤的特征	189
第二节	功能受损的特征	194
第三节	危险因素	198
第四节	肾纤维化	199
第十四章	高能冲击波致肾损伤的机制及防护	203
第一节	高能冲击波致肾脏损伤机制	203
第二节	高能冲击波致肾损伤的保护	205
第十五章	尿石症的预防	211
第一节	概述	211
第二节	饮食防石	212
第三节	药物防石	216
第四节	去除局部复发因素	220
第五节	全身代谢性疾病的治疗	222
第六节	特殊类型结石的预防	226
第七节	结石预防的选择性方案和非选择性方案	230
第十六章	体外冲击波治疗其他泌尿系统疾病	234
第一节	体外冲击波治疗阴茎硬结症	234
第二节	体外冲击波治疗乳糜尿	239
第十七章	体外冲击波技术在骨科的应用	242
第一节	用于骨科与用于泌尿系的冲击波的差异	242
第二节	冲击波治疗骨科疾病的机制探讨	243
第三节	冲击波在骨科的临床应用	244
第十八章	冲击波技术的进展	254

第一节	高效率复式脉冲冲击波源·····	254
第二节	ESWL 治疗肾结石的实时跟踪碎石 ·····	272
第三节	未来的冲击波源技术·····	278
第四节	未来的冲击波治疗设备·····	280

第一章

体外冲击波碎石的历史

(Historical overview of extracorporeal shock wave lithotripsy)

体外冲击波碎石(extracorporeal shock wave lithotripsy, ESWL)是利用体外产生的冲击波聚焦击碎体内的结石,包括对泌尿系结石、肝胆系结石、涎腺结石和胰腺导管结石等的粉碎,使之随排泄液排出体外,以治疗结石病的方法。体外冲击波碎石以及由此产生的体外冲击波碎石机是20世纪末医疗界的重大事件,被誉为当代三大医疗新技术(CT、MRI、ESWL)之一。这项20世纪80年代初才诞生的技术在其后的短短几年内便彻底改变了治疗泌尿系结石主要依赖传统开放手术的方法,是泌尿系结石治疗上的革命,目前已被公认为治疗泌尿系结石的首选方法。今天,这门技术仍在不断发展、完善中,是泌尿外科工作者必须了解、掌握的一门技术。

从第一次将冲击波应用于医学领域里只有很短的历史。在第二次世界大战期间发现炸弹在水中爆炸后虽然人体没有外表的损伤,但是体内的肺组织常有严重的损伤。这是第一次观察到冲击波对体内组织的影响。

对冲击波的研究最早始于20世纪50年代,首先开始了系统研究冲击波在医学领域的应用。研究发现液电冲击波在水中可将陶瓷盘打碎。一般认为美国的Frank Rieber是第一个申请液电冲击波发生器专利的人(Frank Rieber, New York, 专利号.2.559.277)。在50年代末研制出电磁式冲击波发生器。

50年代,前苏联学者掌握了体内液电冲击波膀胱碎石技术,但仅为体内碎石技术,内腔镜达不到的部位无法治疗,因此其应用受到很大限制。

对冲击波真正具有划时代意义的研究始于西德,1963年,联邦德国多尼尔(Dornier)公司从事航空航天工业的物理学家,在寻找超音速飞机材料损伤的机理过程中,发现了冲击波的影响。当雨点落在超音速飞行的飞机上时,反弹的压强(可达16000MPa)可产生一种冲击波,并会传播到离原撞击点很远的地方使之产生裂缝。从而确认冲击波能击碎脆性物质,并偶然发现冲击波对人体组织起到力的作用。1966年,多尼尔(Dornier)公司一位电器工程师在作高速喷射试验时他的手无意中短暂接触到被高速冲击的板上,他感到体内有电击样的感觉。经测量后显示板上并没有电流,电击样的感觉是冲击波经板反射后再经手传入身体内。从1968年至1971年,德国开始研究冲击波与动物生物组织的相互作用,发现高能冲击波可以引起远距离器官的损伤,特别是在器官的表面有水份和当冲击波经过潮湿的活体器官组织时。冲击波最好的传递介质是水和凝胶。

另一个有趣的发现是冲击波进入体内后出现转变。观察发现冲击波通过肌肉、脂肪

和关节组织时引起的损伤反应较小;对完整的骨组织没有损伤作用;而对肺、脑、腹腔等其它组织器官有损伤的危险。1969~1972年间,多尼尔公司和萨尔布吕肯理工大学的物理学家霍夫贝伦特和赫斯勒开始研究冲击波在医学上的应用,了解了冲击波在生物体内的传播、损耗情况,以及对不同组织、器官的影响,结果表明:冲击波在软组织中传播能量损失很小,冲击波可以将生物体内的脆性物质击碎,但会对含有大量气体的肺组织造成极大的伤害。他们还经过试验,证实经水传播的冲击波能粉碎离体肾结石。

于是物理学家们将这些研究与医师们讨论后产生了一个设想,能否把冲击波用于人体医疗。这期间有人提出利用冲击波破碎肾结石的构思。也许受到体内冲击波碎石成功的启发,体外冲击波被导入了医疗领域,即用体外冲击波击碎肾内结石。在开始时,该设想及医学上的认识尚不清楚,但毕竟产生了这一设想,而且随着该设想的进一步发展,出现了利用体外冲击波击碎肾内结石的基本模型,当时有人设想将病人坐在一个大水缸中进行冲击波碎石治疗(图 1-1)。1971年,Haesler 和 Kiefer 首次报告了采用体外冲击波未接触结石而将结石击碎,进一步又做了大量采用体外冲击波未接触结石而将结石击碎的实验研究。1972年,多尼尔公司与慕尼黑的 Lndwing Maximillians 大学的外科研究所所长布兰德尔霍夫教授等正式合作,从体外冲击波碎石装置到临床应用等开始一系列的研究。

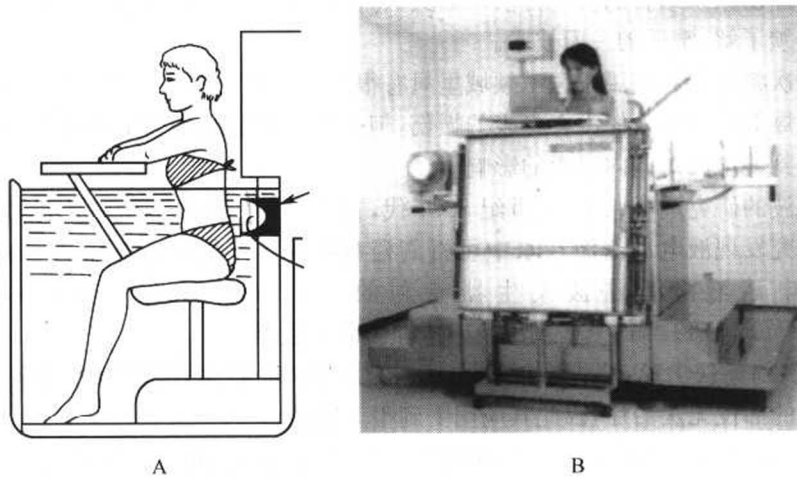
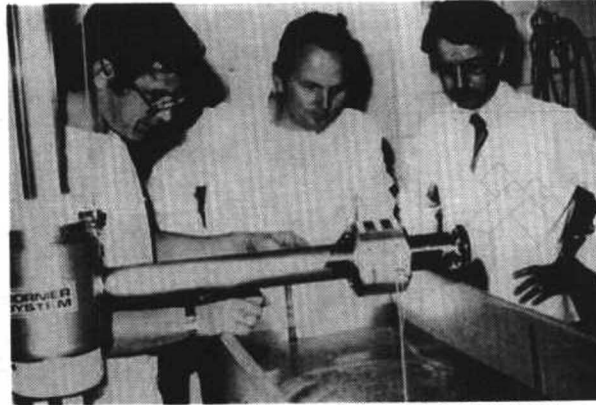


图 1-1 最初的设想是,病人坐在大水缸中进行冲击波碎石治疗(A,B)

1974年,德国科学院资助了“ESWL的应用”(“Application of the ESWL”)的科研项目,参加该项目的著名学者有 Chaussy、Eisenberger、Forssman 等(图 1-2)。发现水中冲击波聚焦原理,利用金属半椭球反射体可以实现冲击波的聚集,这为实用的碎石技术奠定了基础。

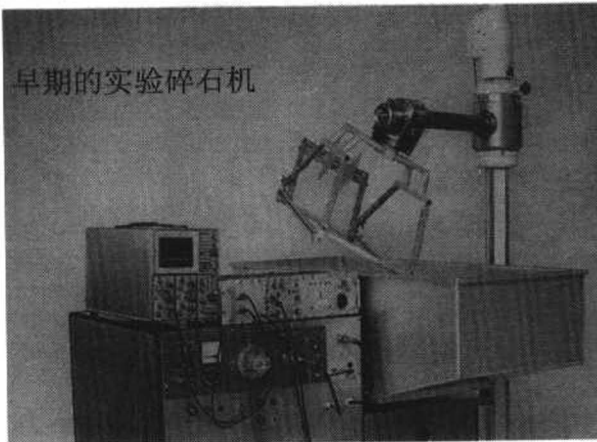
1976~1977年,科学家做了很多实验以寻找结石定位方法。当时表明 A 型及 B 型超声设备不能进行满意的结石定位,采用双束 X 线交叉,才能进行准确的结石定位(图 1-3)。

1978年,多尼尔公司研制出第一台双 X 线交叉定位水槽式体外冲击波碎石机供动物试验用,随后进行了大量的动物试验,并成功治疗了移植到犬肾中的人体结石。

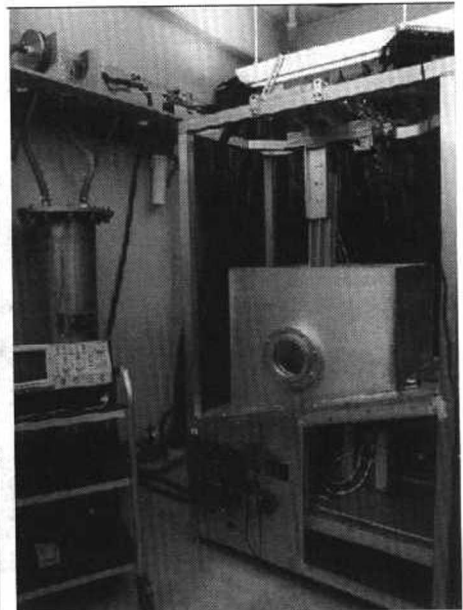


Chaussy、Eisenberger、Forssman在做体外冲击波碎石实验

A



B



C

图 1-2 体外冲击波碎石技术的先驱——著名学者 Chaussy、Eisenberger、Forssman 等(A)以及他们所用的实验机器(B,C)

1979年,多尼尔公司研制出世界上第一台实用型双X线定位水槽式 Dornier HM₁型体外冲击波碎石机。并于1980年2月20日由 Chaussy 等在德国 Lndwing Maximilians 大学泌尿外科治疗首例肾结石患者获得成功。原形机称为 Dornien Lithotripter HM₁(图 1-4)。

1982年,经过进一步完善的 Dornier HM₂型体外冲击波碎石机取代 HM₁,治疗了800名患者。碎石时病人睡在一个大的水槽中进行。次年,开始体外冲击波治疗胆囊结石的体外和体内实验研究。

1983年,多尼尔公司对 HM₂型机加以改进后推出性能更加完善的 HM₃型商品化碎

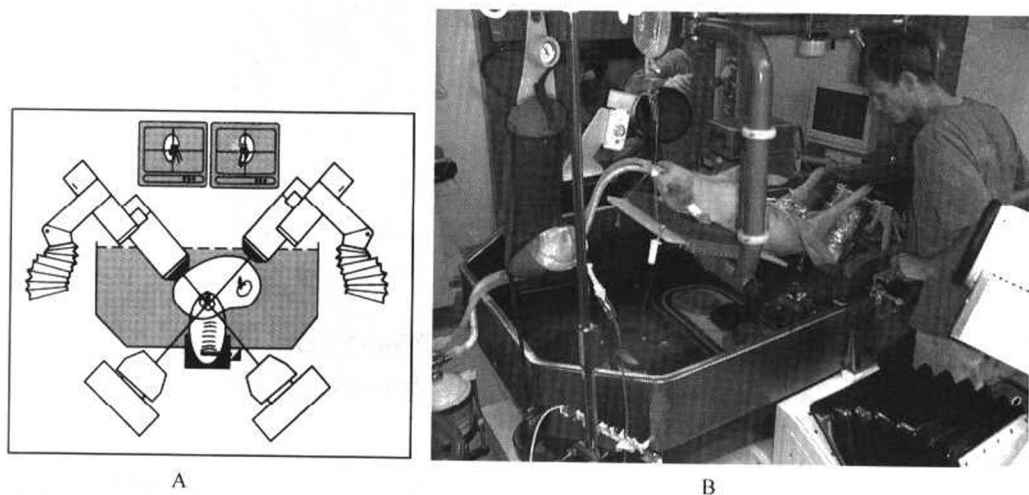


图 1-3 1976~1977 年,科学家们发现采用双束 X 线交叉,可进行准确的结石定位(A),成功治疗了移植到犬肾中的人体结石(B)

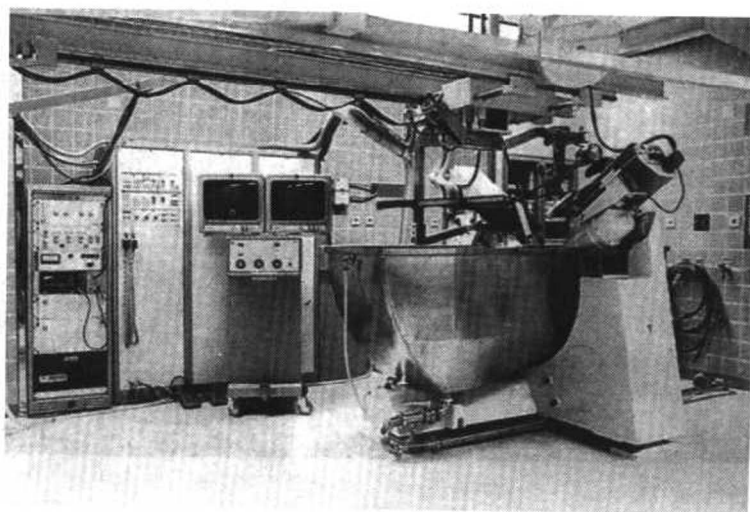


图 1-4 1980 年,德国 Ludwig Maximilians 大学使用的第一代碎石机,称为 Dornier Lithotripter HM-1

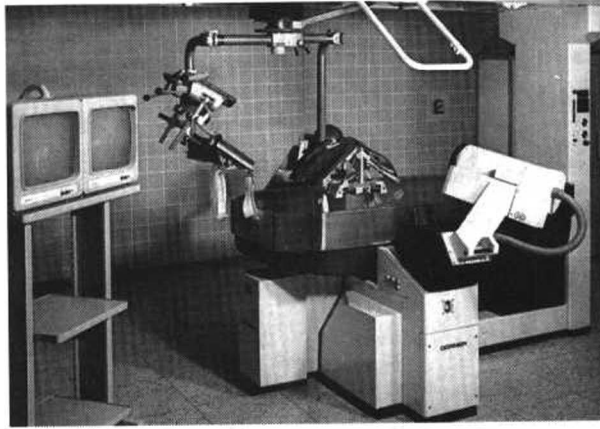
石机,第一台商用型碎石机,HM₃, Dornier 在德国斯图加特安装(图 1-5)。并开始在欧洲、美国和日本等国应用。从此,ESWL 迅速推广到世界各地,国际上出现生产体外冲击波碎石机的高潮。到 1987 年,国外生产厂家便有 11 家,各式碎石机相继推向市场。到 1989 年,国外碎石机台数超过 600 台,ESWL 治愈的患者已超过 200 万。

1985 年,在德国慕尼黑首次采用 ESWL 治疗胆囊结石。一年以后,在德国美因兹(Maiz)试制了第一台没有水槽的碎石机。

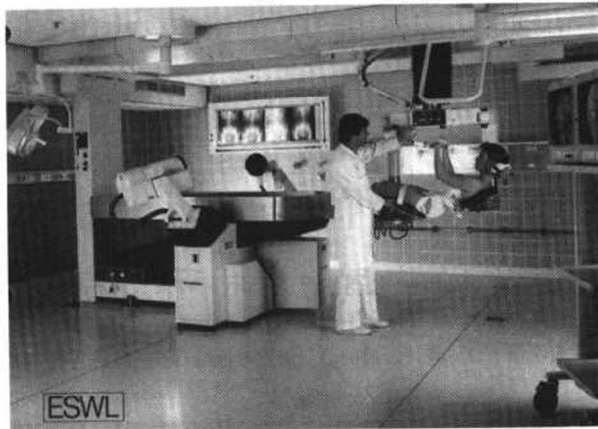
冲击波发生器的设计也在不断变化,1980 年研制出液电式(electro-hydraulic ellip-

(Historical overview of extracorporeal shock wave lithotripsy)

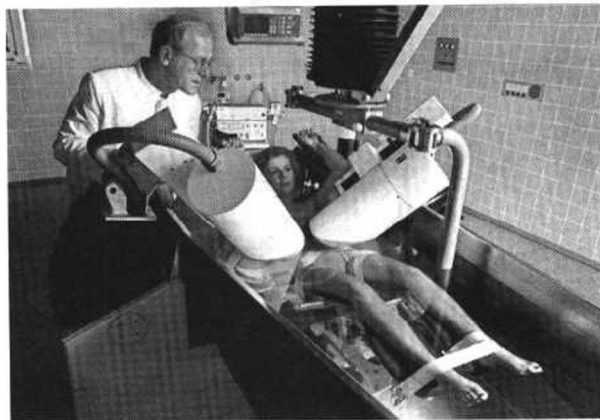
soid)碎石机(图 1-6),1985 年研制出压电式(piezo-electric sphere)碎石机(图 1-7),1986 年研制出透镜电磁式(electro-magnetic flat coil/lens)碎石机和 1989 年研制出圆筒电磁式(electro-magnetic cylinder coil/paraboloid)碎石机(图 1-8)。



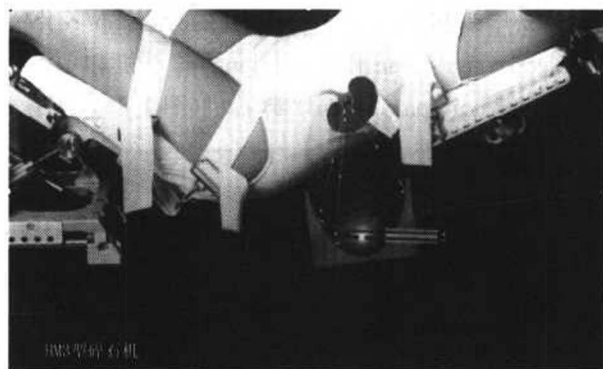
A



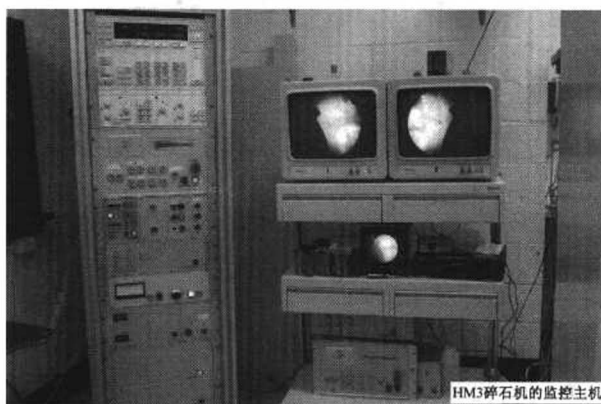
B



C



D



E

图 1-5 Dornier 公司生产的商用 HM-3 型碎石机

- A. 整机外型;B. 碎石时先将病人固定在托架上;C. 再将病人放入大水槽中;D. 将冲击波的第二焦点对准结石;E. 监控主机

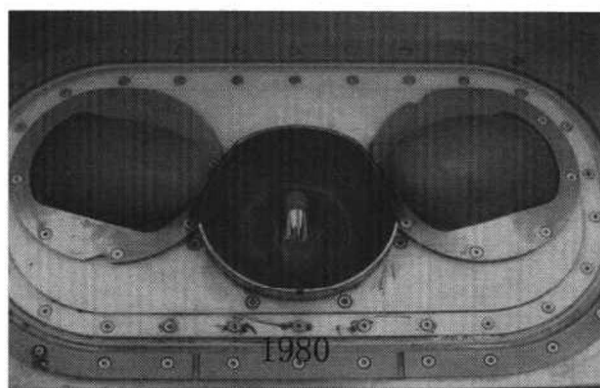


图 1-6 液电式(electro-hydraulic ellipsoid)碎石机示意图

1985 年超声波技术用于碎石机的结石定位。

1990 年后,国外碎石机出现了新的变化。碎石机改为“干式”,大的水槽代之以水囊