

赵彼得 主编

临床 电疗与光疗

人民军医出版社

临床电疗与光疗

LINCHUANG DIANLIAO
YU GUANGLIAO

主 编 赵彼得
编 者 常汉英 张 珍 刘延春
王兴林 李建人 李继华



A0051119

人民军医出版社

1992 • 北京

内 容 提 要

本书从直流电和直流电离子导入疗法、低频脉冲电疗法、中频电疗法、高频电疗法、磁场疗法、超声治疗、光疗法、电疗与光疗的临床应用基本原则,以及常见疾病的光电疗法,共九个方面详细介绍了电疗与光疗的基本原理、应用范围、使用方法、适应证和禁忌证等。其中,关于分米波、脉冲超短波、脉冲厘米波、超音频、波动电流、正弦调制中频、立体动态干扰、双动态调制中频、中频电刺激、短波紫外线、光量子等疗法,以及紫外线免疫学、直流电和高频热透治癌等新理论、新技术、新疗法概括了最近20年来国内外理疗学方面的基础研究成果和临床应用经验。

本书理论新颖、技术实用,可作为理疗医师、技师、护士和其他临床医务工作者的重要参考书。

责任编辑 黄翔兵

临床电疗与光疗

赵彼得 主编

人民军医出版社出版

(北京复兴路22号甲3号)

(邮政编码: 100842)

北京孙中印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行

开本: 787×1092mm1/16·印张: 16·字数: 393 千字

1992年8月第1版 1992年8月(北京)第1次印刷

印数1~4000 定 价: 9.70元

ISBN 7-80020-323-9/R·269

〔科技新书目: 270—213⑧〕

目 录

第一章 直流电和直流电离子导入疗法	(1)
第一节 直流电疗法.....	(1)
第二节 直流电药物离子导入疗法.....	(8)
〔附〕 直流电药物离子导入常用药物主要作用 和适应证	(14)
第三节 静电疗法.....	(19)
第四节 直流电治疗肿瘤.....	(21)
第二章 低频脉冲电疗法	(25)
第一节 感应电疗法.....	(26)
第二节 电诊断.....	(28)
第三节 间动电疗法.....	(32)
第四节 超刺激电疗法.....	(36)
第五节 电睡眠疗法.....	(37)
第六节 经皮神经电刺激疗法.....	(38)
第三章 中频电流疗法	(41)
第一节 概述.....	(41)
第二节 等幅正弦中频电疗法.....	(43)
第三节 干扰电流疗法.....	(44)
第四节 动态干扰电流疗法.....	(49)
第五节 正弦调制中频电流疗法.....	(50)
第六节 音乐电流疗法.....	(53)
第七节 波动电流疗法.....	(53)
第八节 超音频电流疗法.....	(54)
第九节 双动态调制中频电流疗法.....	(54)
第十节 电刺激疗法.....	(56)
第四章 高频电疗法	(60)
第一节 概述.....	(60)
第二节 达松伐尔疗法.....	(67)
第三节 中波疗法.....	(69)
第四节 短波疗法.....	(69)
第五节 超短波疗法.....	(74)
第六节 脉冲式超短波疗法.....	(79)
第七节 微波疗法.....	(80)
第八节 高频电疗法的共性与特性.....	(87)
第九节 高频透热治癌.....	(88)

第五章 磁场疗法	(97)
第一节 磁场疗法的物理基础	(97)
第二节 磁疗器械	(99)
第三节 磁疗方法和治疗作用	(102)
第六章 超声疗法	(109)
第一节 概述	(109)
第二节 超声波的产生及其物理特性	(109)
第三节 超声波的生物物理作用及其治疗原理	(112)
第四节 超声波对器官组织的作用	(116)
第五节 治疗技术	(118)
第六节 主要适应证与禁忌证	(122)
〔附Ⅰ〕 超声药物透入疗法	(122)
〔附Ⅱ〕 超声—电疗法	(123)
第七章 光疗法	(125)
第一节 光的基础知识	(125)
第二节 人体皮肤的组织结构及免疫功能	(130)
第三节 红外线疗法	(132)
第四节 特定电磁波辐射疗法	(138)
第五节 可见光疗法	(139)
第六节 紫外线疗法	(142)
第七节 激光疗法	(169)
第八章 电疗与光疗的临床应用基本原则	(178)
第一节 电疗与光疗的基础理论概要	(178)
第二节 电疗与光疗应用的基本原则	(180)
第九章 常见疾病的光电疗法	(184)
第一节 外科疾病	(184)
第二节 内科疾病	(219)
第三节 妇产科疾病	(232)
第四节 小儿科疾病	(239)
第五节 皮肤科疾病	(242)
第六节 五官科疾病	(244)

第一章 直流电和直流电离子导入疗法

本章主要阐述平稳直流电的理化作用，直流电和直流电离子导入的治疗原理和技术，临床应用及其特点。

第一节 直流电疗法

一、直流电治疗原理

(一) 定义 利用低电压平稳的直流电流治疗疾病的方法称直流电疗法，这是最早应用的电疗法之一。

直流电是一种电流方向不随时间变化的电流，若以横坐标表示时间，纵坐标表示电流强度和方向，电流方向和强度皆不随时间变化的电流称平稳直流电或稳恒直流电；若电流方向不变，电流强度随时间变化，称脉动直流电；电流强度变化不规则者称不规则脉动直流电；电流强度变化规则者称规则脉动直流电；若平稳直流电周期性通断电，则称断续直流电，又称方形波（图 1-1）。本章节仅阐述平稳直流电及其离子导入治疗作用、技术和临床应用。脉动直流电（如间动电疗），断续直流电（方形波）将在低频电疗章节阐述。

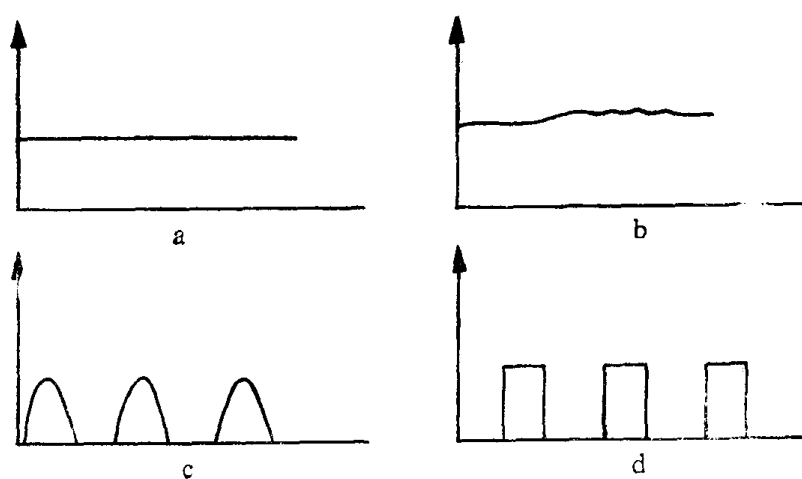


图1-1 直流电的波形

- | | |
|-------------|--------------|
| a. 稳恒直流电， | b. 不规则脉动直流电， |
| c. 规则脉动直流电， | d. 断续直流电 |

(二) 直流电的生物物理学作用和生物化学作用 人体内含各种复杂的成分，按其导电性来说有能导电的电解质成分(体液、肌肉等)和不能导电的电介质成分(骨骼、脂肪等)。

人体内各种体液是组织细胞进行代谢和功能活动的内在环境，体液中的电解质成分对维持细胞内外的渗透压、酸碱平衡、神经肌肉兴奋性等具有重要的作用，而一些微量元素是许多酶的激活剂。体液中能导电的离子和物质主要有 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 HCO_3^- 、

如 PO_4^{3-} 、 SO_4^{2-} 、有机酸根、氨基酸和蛋白质等，所以人体组织是能够导电的。直流电疗时，两电极间存在电位差，使人体组织内各种离子沿一定方向移动而形成电流。人体组织在直流电的作用下，产生离子移动，引起组织间体液离子浓度比例的变化是直流电生物物理学作用的基础。

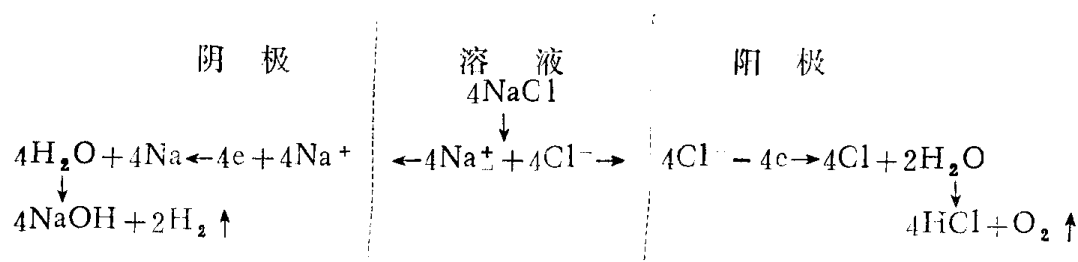
1. 电解 当电解质溶解于水时，它们的分子离解成带正电荷的阳离子和带负电荷的阴离子，这一过程称电离。电解质的电离过程是可逆的，呈动态平衡状态。

例如：



在电解质溶液中通以直流电后，离子在电场作用下，分别向与本身极性符号相反的电极移动，并在电极上失去或获得电子，变成中性原子或原子团，这一过程称电解。这些中性原子或原子团，化学性质稳定的可以从溶液分离出来，若新生的原子或原子团化学性质不稳定，则与溶剂或电极发生化学反应，变成新物质分离出来。由于电解作用，溶液中电解质的离子浓度逐渐降低，使未离解的电解质分子继续离解，使电离变为不可逆过程。

氯化钠的电解过程：

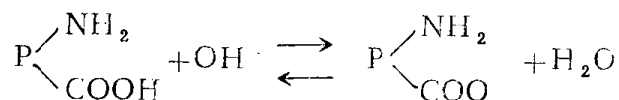


氯化钠溶于水，离解成钠离子和氯离子。在直流电场作用下，钠离子向阴极移动，从阴极得到电子而变成中性的钠原子，钠原子与溶液中的水产生反应生成氢氧化钠和氢气，因此，其在阴极下呈碱性；氯离子向阳极移动，在阳极失去电子变成氯原子，新生的氯与水反应生成盐酸和氧气，因此，其在阳极下呈酸性。由于直流电疗的电解作用产生强酸和强碱，若不加保护会导至电极下皮肤发生化学烧伤，因此，直流电治疗时，电极下必须放置厚度大于1cm的吸水衬垫，以吸附和缓冲电解产物。

在实际工作中，也有利用电解作用放出气泡多少来判别电极极性的简便方法。阴极放出氢气的量明显比阳极放出氧气的量多。

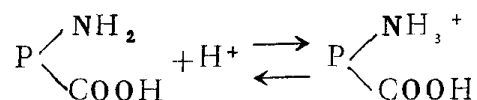
2. 电泳和电渗 这是胶体分散体系在直流电作用下同时出现的两种现象。胶体分散体系由两相物质组成。胶体粒子（分散质）和分散胶体粒子的液体（分散介质），在直流电作用下，胶体粒子向电荷符号相反的电极移动称电泳；分散介质，又称分散剂，向另一电极移动称电渗。

蛋白质溶于水就构成胶体溶液，蛋白质是分散质，水是分散剂。蛋白质属两性电解质，当蛋白质在碱性环境中（ $\text{pH} > 7$ 或高于该蛋白质的等电点）蛋白质的羧基离解出氢离子而带负电荷：



当蛋白质在酸性环境中（ $\text{pH} < 7$ 或低于该蛋白质的等电点），蛋白质的氨基结合氢离子

而带阳电荷：



由于人体体液的 pH 值偏碱性，因此人体蛋白质多带负电荷，在直流电作用下向阳极移动，水向阴极移动，阳极下使细胞胶体凝缩、膜致密、通透性降低，而阴极下使细胞膜胶体溶解度增大，胞膜变疏松，通透性增加。

当在某种酸碱度环境中，蛋白质的羧基放出的 H^+ 和氨基吸收的 H^+ 相等时，则蛋白质呈中性（不带电荷），此时的 pH 值称为该蛋白质的等电点，处于等电点的蛋白质由于失去静电斥力而易于聚结。不同蛋白质的等电点是不同的，就是同一蛋白质，其分子结构不同，它们的等电点也是有差别的，例如，结晶的胰蛋白酶制剂由三种不同等电点的同分异构体组成，等电点分别为 pH5.8、6.8、10，而以 pH5.8 占优势；糜蛋白酶的等电点为 pH8.3。了解蛋白质的等电点就能判定蛋白质在一定的酸碱度溶液中所带的电荷符号，确定酶制剂直流电离子导入治疗的极性。

3. 组织兴奋性的变化 神经肌肉的兴奋性需要体液中各种电解质离子维持一定的比例，其关系如下式：

$$\text{神经肌肉兴奋性} \propto \frac{[\text{K}^+] + [\text{Na}^+]}{[\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] + [\text{H}^+]}$$

在直流电作用下，体液中 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等阳离子向阴极移动，由于 K^+ 、 Na^+ 的水化膜较薄（水化膜的厚度与被水化的离子的原子量及化合价等因素有关），移动速度较快，所以在阴极下 K^+ 、 Na^+ 的浓度相对升高，pH 值也相对升高， H^+ 浓度相对降低，结果出现阴极下组织兴奋性升高。由于 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 水化膜较厚，向阴极移动缓慢，结果形成阳极下 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 浓度相对升高，所以在阳极下组织兴奋性降低。

直流电能改变细胞膜内外原有的电位水平（或称膜的极化状态）。阴极作用能使细胞膜内外产生一个外负内正的电位差，这个电位差使膜内外原有的外正内负的膜电位降低，使膜处于一种低极化状态，因而应激性升高。在阳极下，由于在膜内外产生一个外正内负的电位差，和原有的膜内外电位差方向相同，膜电位升高，处于一种超极化状态，因而应激性降低。

（三）直流电的生理作用

1. 使局部小血管扩张，促进血液循环 直流电作用后，可见电极下皮肤充血潮红，局部血流量可增加 140% 左右，并可持续 30~40min 以上，这种作用在阴极下更为明显。直流电引起血管扩张的机制是：组织间离子浓度的变化刺激了感觉神经末梢，通过轴突反射和节段反射引起血管扩张；电解作用使微量组织蛋白分解，释放出“H”物质等血管活性肽或组织胺，通过直接或轴突反射作用引起小血管扩张和微血管渗透性升高；离子移动冲击血管壁的机械作用。由于局部小血管扩张，血循环改善，细胞膜通透性升高，因而能加快物质代谢，加强组织营养，提高细胞的生活能力。

2. 对组织兴奋性的影响 当通以弱或中等强度的直流电流时，阴极下组织兴奋性升高，阳极下兴奋性降低。当通电时间过长或直流强度较大时，阴极下组织的兴奋性会由升高变为降低，若电流强度进一步加大或通电时间进一步延长，则阴极下组织兴奋性可以完全消失，称阴极抑制。这是因为 K^+ 、 Na^+ 浓度进一步升高时，膜结构更疏松，通透性过度增高，失去了对离子的选择性阻挡作用，不能维持正常的膜电位，而失去产生兴奋的基本条件。

直流电对神经系统功能有显著的影响，这是直流电作用特点之一。直流电对中枢神经系统的影响，因作用极性的不同会引起兴奋或抑制。例如，上行电流通过脊髓（阳极置腰骶部，阴极置后颈部），可使反射过程兴奋性升高；而下行电流（阳极置后颈部，阴极置腰骶部），可使反射过程的兴奋性降低。舞蹈症患儿，通以下行性电流能使抽搐和无意识的运动迅速减轻或消失；通以上行电流则使无意识运动增强。动物试验表明，直流电阴极置前额，阳极置后颈部，大脑软膜血管扩张；阳极置前额，阴极置后颈部，则大脑软膜血管收缩。

直流电能调节植物神经紧张度，使之趋向平衡。直流电刺激皮肤或粘膜的感觉神经末梢和内脏感受器，经相应节段到达植物神经高级中枢，或通过节段反射途径，使远隔部位、内脏组织发生功能性变化。例如，颈部直流电作用对甲状腺，腰部直流电作用对肾上腺，乳腺区直流电作用对性腺等功能都会产生影响。

3. 对某些器官的影响

(1) 前庭反应 前庭器官对直流电比较敏感。电极置于两侧乳突或颞部时，通以1~2mA直流电流，就可引起恶心和眩晕，继续增加电流强度，头部倾向阳极侧，可出现眼球震颤。直流电所引起的眩晕和眼球震颤，是由于刺激了内耳半规管感受器所致。如果产生的反应亢进或减弱，提示前庭器官有病理改变。

(2) 听觉反应 直流电刺激听觉感受器所引起的反应也有一定的规律性。电极置于耳屏前和后颈部，通以10~15mA直流电流，健康人不引起听觉反应，这是因为听觉器官被导电不良的骨所盖住。当患者听觉器官兴奋性增高或有颅内病变，听神经周围组织导电性增高时，通以5~6mA直流电流，就可听到一定音调的声音或噪音。

(3) 某些腺体的反应 直流电通过唾液腺时，唾液的分泌量增加，而且在阳极下唾液增多更显著。直流电对某些腺体的分泌功能有调节作用，例如，在直流电作用下，胃腺的分泌功能增强，阳极作用比阴极作用更显著，但胃酸过高者，直流电作用后胃的分泌功能受到抑制。

二、直流电治疗技术

(一) 治疗设备

1. 直流电疗机 直流电疗机结构比较简单，通过变压器将电源电压降至100V左右，利用晶体二极管或电子管（目前已很少采用）将交流电全波整流变为脉动直流电，再经过滤波电路使脉动直流电变为平稳直流电流输出。输出电压一般在100V以下，输出电流0~50mA，连续可调（图1-2）。干电池或蓄电池也可以作为直流电疗电源，但须安装指示电流强度的毫安表和输出调节电位器。

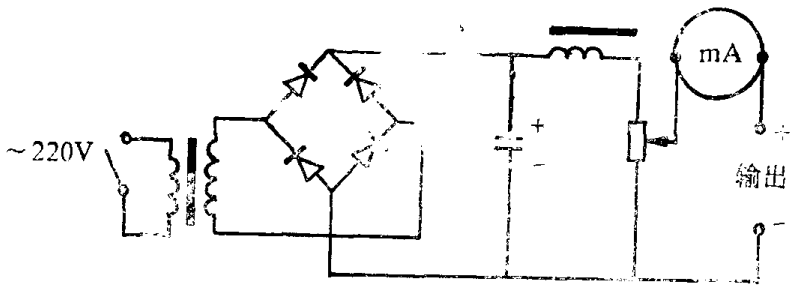


图1-2 直流电疗机电路

2. 电极 电极包括电极板和衬垫或特殊电极。电极板多采用柔软的薄铅板或薄铝合金板，也有采用导电橡胶作电极板，其形状和大小视治疗部位而定。由于多次治疗后在电极板上会产生电解产物的沉积而影响电极板的导电性，因此须经常清除电极板上的沉积物，以保持电极板良好的导电性。

治疗衬垫采用吸水性强的纯棉织品制成，厚1cm以上，其形状与电极板相配，但其边缘须超出电极板1~2cm。治疗时衬垫用温水浸湿，以利导电。衬垫贴敷在治疗部位的皮肤上（电极板放在衬垫上）。衬垫的作用在于使皮肤湿润、使衬垫与皮肤紧密接触，降低皮肤电阻，使电流分布均匀，吸附和稀释电极下产生的电解产物，避免皮肤发生化学灼伤。由于每次治疗后衬垫吸附大量的电解产物，因此每次治疗后须用清水将衬垫洗涤干净，并煮沸消毒。

3. 输出导线 输出导线一般选用绝缘良好的、柔软的颜色、白色或红色、蓝色导线，以便区分正负极。红色导线与机器阳极输出相联，白色或蓝色导线与机器阴极输出相联。输出导线的另一端焊接小夹子与电极板相联。

（二）电极放置的方法 最常用的方法是体表电极衬垫治疗。电极衬垫分作用极和非作用极，两种电极衬垫的面积可以相同。为了加强作用极的作用，作用极衬垫的面积也可以小于非作用极的面积（增大作用极的电流密度），作用极置于治疗的局部，非作用极可根据病情置于适宜的部位。

电极衬垫放置一般分为：

1. 对置法 一个电极置于患者的一侧，另一电极置于其对侧。这种放置法作用范围较局限，适于局部和病灶较深疾病的治疗。

2. 并置法 两个电极均置于患者身体的同一侧，这样电流作用范围较大，但作用较浅。适用于治疗周围神经、血管、长肌等病变。

此外，还有直流电水槽浴法，即电极板浸泡在水中，患者肢体置于水槽浴中进行治疗。

（三）剂量与疗程 剂量以电流强度和通电时间为指标。为避免过大的电流密度的刺激，电流强度以电流密度（单位： mA/cm^2 ）乘以电极衬垫面积计算，并以电流密度作为电流刺激强度的指标。

电流密度即电极衬垫单位面积（每平方厘米）的电流强度，成年人为 $0.05\sim 0.1\text{mA}/\text{cm}^2$ ，若电极衬垫面积较小时，电流密度可增大至 $0.15\sim 0.2\text{mA}/\text{cm}^2$ ，最高可达 $0.5\text{mA}/\text{cm}^2$ ；电极衬垫面积较大时，电流密度可酌减。小儿直流电治疗电流密度一般为 $0.02\sim 0.03\text{mA}/\text{cm}^2$ ；老年人反射疗法治疗的电流密度也应酌减。

每次治疗时间15~25min，每日治疗1次或隔日治疗1次，10~15次为1疗程。

（四）治疗方法举例 依疾病和病变部位不同，电极放置的方法各异，下面列举几种常用的治疗方法。

1. 额-枕部直流电疗法 $6\text{cm}\times 8\text{cm}$ 电极衬垫置于前额， $7\text{cm}\times 10\text{cm}$ 电极置于枕部发际下（图1-3）。

2. 眼-枕部直流电疗法 两个直径3~4cm的圆形电极衬垫置于闭合的眼睑上，用分叉导线相联，另一 $50\sim 70\text{cm}^2$ 电极衬垫置于枕部发际下（图1-4）。

3. 颈区直流电疗法 将面积 $1000\sim 1100\text{cm}^2$ 的披肩形电极衬垫置于上背部、肩、锁骨

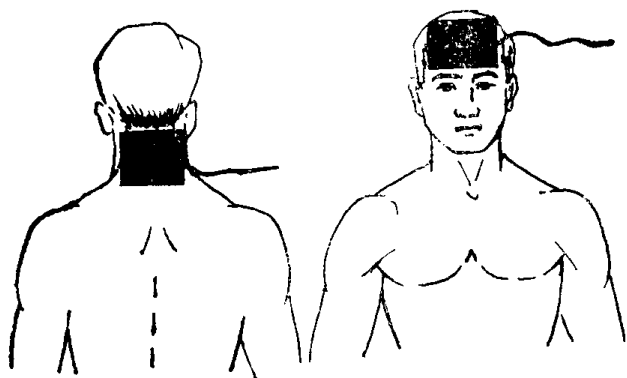


图1-3 额-枕部直流电疗法

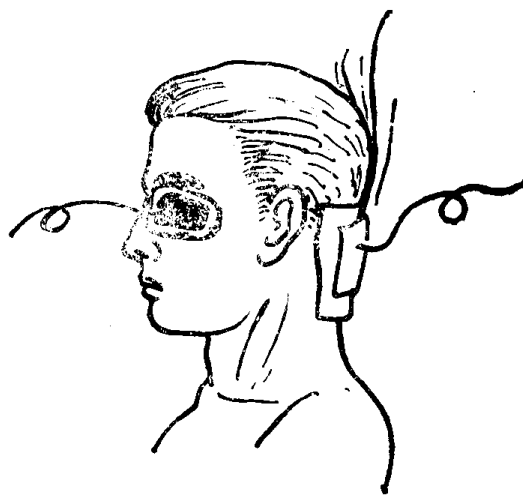


图1-4 眼-枕部直流电疗法

区，接阳极；另一 $400\sim 500\text{cm}^2$ 电极衬垫置腰骶部，接阴极（图1-5）。

4. 颈椎直流电疗法 将 $8\text{cm}\times 12\text{cm}$ 电极衬垫置于后颈部，另一 $15\text{cm}\times 9\text{cm}$ 电极衬垫置于一侧前臂（图1-6）。

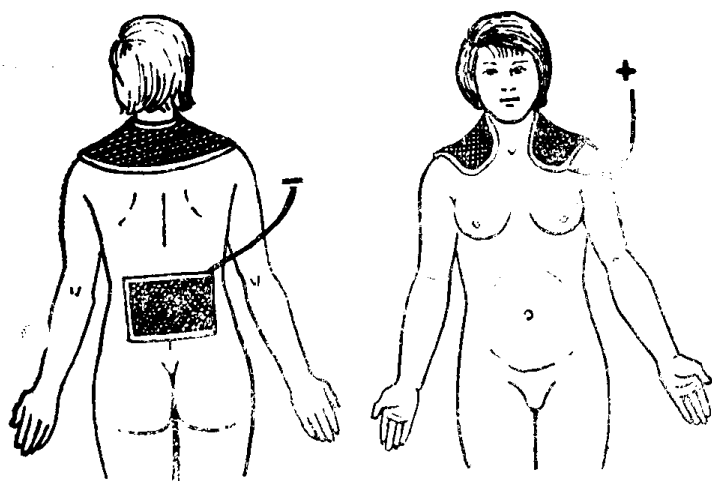


图1-5 颈区直流电疗法

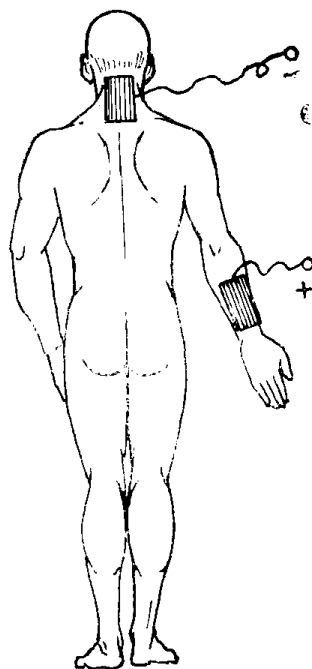


图1-6 颈椎直流电疗法

5. 脊柱区直流电疗法 将一 150cm^2 电极衬垫置于后颈、上背部，另一 150cm^2 电极衬垫置于腰骶部（图1-7）。

6. 肩胛间区直流电疗法 又称全身直流电疗法，将一 300cm^2 电极衬垫置于肩胛间，另两个 150cm^2 电极衬垫置于两小腿腓肠肌，用分叉导线相联（图1-8）。

7. 短裤区直流电疗法 将一 300cm^2 电极衬垫置于腰骶部与阳极相联，两个 150cm^2 电极衬垫置于双股前上 $1/3$ ，以分叉导线与阴极联接（图1-9）。

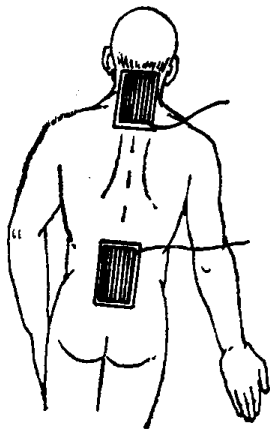


图1-7 脊柱后直流电疗法

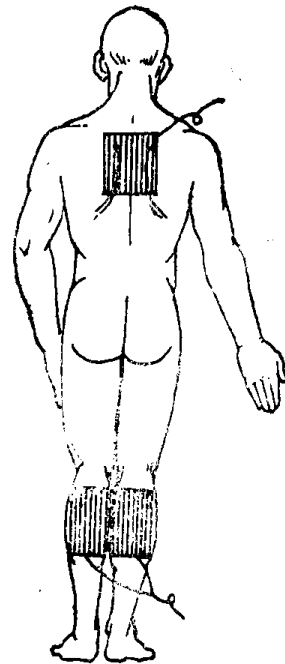


图1-8 全身直流电疗法

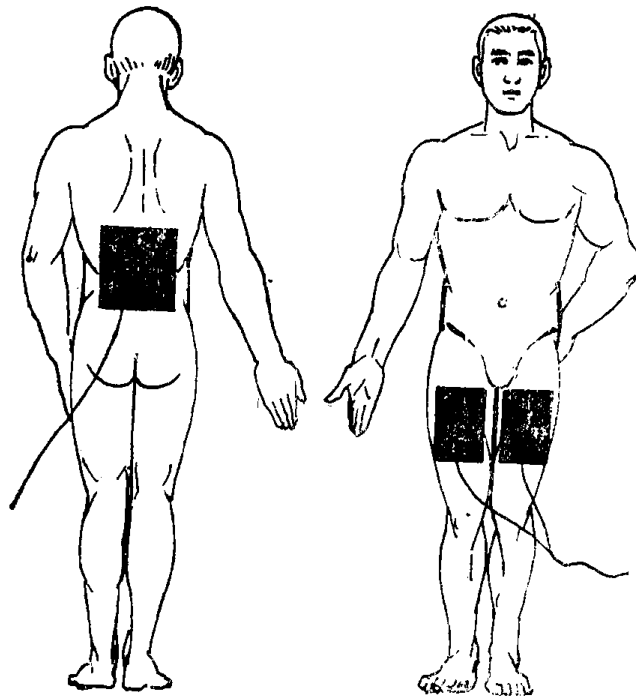


图1-9 短裤区直流电疗法

三、直流电临床应用

目前，单独应用直流电疗治疗疾病不多，一般都采用直流电药物离子导入疗法，但直流电有其独特的治疗作用和显著的治疗效果。

（一）调节神经的兴奋性 直流电有调整中枢和周围神经系统功能状态的作用。例如对皮层兴奋过程增高者，可使之弱化，产生催眠作用而植物神经失调或张力低下者，可使之

平衡。

(二) 消炎和促进肉芽组织生长 实验表明,在低电流密度($0.03\sim 0.06\text{mA}/\text{cm}^2$)直流电作用下,皮肤出现轻度无菌变质渗出性炎症,白细胞和巨噬细胞杀菌性增强,这些变化阳极下比阴极下更显著。肺部炎症在低电流密度的直流电作用下,炎症浸润显著减轻,细胞再生修复过程加速;在高电流密度($0.2\text{mA}/\text{cm}^2$)直流电作用下,则会加速炎症的化脓过程和结缔组织增生。

肺切除术后患者早期应用直流电疗(电极衬垫置切口两侧),效果良好,可使术后并发症大为减少。

(三) 微弱直流电流治疗冠心病 微弱直流电($1\mu\text{A}/\text{cm}^2$)阳极作用于心前区(200cm^2 电极衬垫置心前区,另一 200cm^2 电极衬垫置背部)治疗冠心病有良好的效果。这是一种生理性的治疗方法,微弱直流电流很接近生物电的电流强度,这种电流作用于心血管反射区的皮肤感受器,反射性地对异常的冠状动脉进行调节,使血流正常。

(四) 对静脉血栓的治疗 实验表明,在较大电流强度的直流电作用下,静脉血栓先从阳极一侧松脱,向阴极一侧退缩。当退缩到一定程度时,血管重新开通。

(五) 直流电解拔毛 适用于倒睫的治疗。针状电极接阴极,非作用极 30cm^2 电极衬垫置后颈部接阳极。消毒皮肤后将针沿倒睫毛干方向刺入毛囊深度 $1.5\sim 5.0\text{mm}$,电流强度 $0.25\sim 2\text{mA}$,通电时间 $10\sim 40\text{s}$,当毛孔逸出白沫即可断电,拔出针状电极和倒睫毛。

(六) 禁忌症 急性湿疹、出血倾向性疾病、恶液质、心力衰竭、对直流电过敏患者。

第二节 直流电药物离子导入疗法

一、电离子导入原理

(一) 定义 借助直流电将药物离子经皮肤、粘膜或伤口导入组织内以治疗疾病的方法,称直流电药物离子导入疗法。

(二) 离子导入的原理、途径、深度和药量

1. 离子导入原理 药物溶液中某些药物可以离解为离子,在直流电场力的作用下,带电荷的药物离子产生定向移动。在阴极衬垫中,带负电荷的药物离子向人体方向移动(同性相斥)进入人体组织内;在阳极衬垫中,带阳电荷的药物离子向人体方向移动进入人体组织内。以下两个实验证明,药物离子在直流电作用下进入动物和人体组织内产生药物的作用。

(1) 动物试验 将两只家兔串联在直流电路中,贴敷在两只家兔外侧皮肤的电极衬垫皆用 0.1% 硝酸土的宁溶液浸湿,贴敷在两只家兔内侧的电极衬垫用盐水浸湿(图1-10)。通以直流电 50mA , $40\sim 45\text{min}$ 后,1号家兔(阳极衬垫用硝酸土的宁浸湿)出现抽搐,最后死亡,表现典型的土的宁中毒症状;而2号家兔(用硝酸土的宁浸湿的阴极衬垫贴敷)无异常变化。本试验称勒杜克试验。以上试验说明,土的宁离子在直流电作用下从阳极衬垫处进入家兔皮肤;土的宁在直流电的作用下仍能保持药物原有的药理特性;土的宁离子进入家兔皮肤后,通过血液、淋巴循环进入家兔各重要的脏器,产生全身中毒症状。同时也说明土

的宁离子不能从阴极导入。

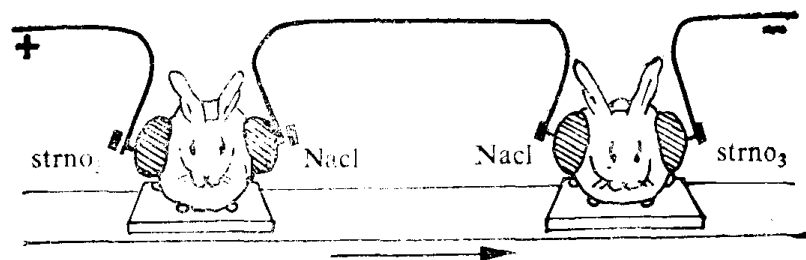


图1-10 勒杜克试验

(2) 人体试验 将与阳极相联的电极衬垫浸湿0.01% 盐酸肾上腺素，贴敷在前臂内侧皮肤，另一电极衬垫浸湿温水贴敷在前臂外侧皮肤与阴极相联。通以直流电 10min 后，取下电极衬垫，可见阳极衬垫下皮肤呈现苍白色，而阴极衬垫下皮肤稍充血（直流电流刺激所致）。阳极衬垫下皮肤苍白反应持续1~1.5h 后便消失，24h 后将不含肾上腺素的湿电极衬垫，以原极性和原部位通以直流电流，阳极衬垫下皮肤又呈现明显的苍白。

肾上腺素的作用可以引起毛细血管收缩。肾上腺素离子从阳极衬垫进入皮肤，可达皮肤乳头层，引起毛细血管收缩而使皮肤呈苍白色，而后逐渐消退。24h 后，在该部皮肤重新通以阳极电流（衬垫不含肾上腺素），皮肤又呈现苍白，说明肾上腺素导入皮肤后，在24h 内没有全部进入血液淋巴循环，仍有部分肾上腺素停留在皮肤表层，再通以阳极电流时，存留在皮肤表层的肾上腺素离子进入皮肤乳头层引起血管收缩反应。

2. 离子导入的途径、深度和数量

(1) 途径 皮肤的角质层很紧密，电阻也大，导电性差，药物离子不能穿透，但皮肤表面有大量的毛孔和汗腺管口，这些孔道是药物离子进入人体组织的入口。粘膜和溃疡伤口虽无紧密的角质层，由于细胞膜的阻抗很高，药物离子也不能进入细胞内，只能进入细胞间隙（超声波药物透入治疗时，药物可以进入细胞内，但数量很少）。

(2) 深度和分布：药物离子直接导入皮肤的深度是很浅的，依皮肤状况、药物性质、电压、电流强度、通电时间而定，在临床治疗剂量的条件下，一般只能导入皮内（深约1~1.5mm）。深部病变采用药物离子导入治疗，对病变不能起直接作用。

药物离子进入人体皮肤组织，在皮内形成离子堆，缓慢地通过血液、淋巴循环分布全身，药物离子在皮内可停留数小时至10余天，因此药物离子导入法的药物作用持续时间比其他给药途径（口服或注射给药）的药物作用持续时间长。

(3) 导入的药量 导入药物量与电流强度、通电时间、电流类型、药物离子直径大小、溶液浓度、溶剂的特性和人体各部位皮肤、粘膜导电性等多种因素有关。在临床治疗剂量条件下，电离子导入法导入的药量是很少的，以下的数据可供参考：电流强度 15mA，通电20min的剂量条件下，某些药物离子导入的量：钙离子1.49mg，溴离子 5.36mg，碘离子 8.52mg，水杨酸根11.51mg，醋酸4.96mg，普鲁卡因20.45mg。

简单的无机离子（ Ca^{2+} 、 I^- 、 Br^- 等），每次治疗导入的药量相当于在衬垫药物2%~5%；复杂的有机离子，导入的药量只有衬垫上药量的数1%。导入药物溶液的浓度一般以1%~5%为宜，某些剧毒药的溶液浓度应在1%以下，中药煎剂的浓度要求在10%以上。酶制剂溶液的浓度不能超过1%，高浓度的酶溶液极不稳定，会自行消化。苏联学者曾用离子

交换树脂薄膜隔离衬垫的寄生离子或以二甲基亚砷作溶剂可提高药物离子导入量1.5~2倍。直流电药物离子导入与中波、短波、微波、超声波等疗法并用皆可提高药物离子导入的数量。

(三) 电-药物离子导入疗法的特点

1. 提高药效 直流电不会破坏导入药物的药理作用,且只导入其有效成分。药物进入组织内,在局部表浅组织中的药物浓度比肌注途径用药高20~100倍,对表浅病灶治疗特别适用,而且在皮内形成药物“离子堆”,作用持续时间。除个别过敏者外,少量导入药物不会产生副作用。

2. 具有直流电和药物的综合作用 两者作用互相加强,其疗效比单纯直流电或单纯药物治疗的疗效高,故目前已很少单独应用直流电疗法,多采用直流电药物离子导入疗法。近年来,国内外广泛应用间动电流、半波正弦调制中频电流等低中频直流电作药物离子导入,其综合作用比采用平稳直流电药物离子导入更佳。

3. 具有神经反射治疗作用 将一定面积的电极衬垫放置在身体的某一部位,由于直流电引起该部组织内理化性质的变化和药物在皮内(粘膜)形成“离子堆”,构成对机体内外感受器的刺激,通过神经反射途径引起机体反应,特别是电极置于某些神经末梢分布丰富的部位,通过感觉、植物神经节段机理而影响相应节段的内脏器官和血管功能而治疗疾病。例如,颌区钙离子导入,可通过植物神经节段反射影响颅内中枢神经、颈、上肢的血液循环和心肺的功能。常用于治疗神经衰弱、血管性头痛、高血压病、脑震荡后遗症等。

二、电离子导入治疗技术

(一) 基本治疗技术 直流电药物离子导入技术的操作与直流电疗法基本相同,都用同样的直流电疗机,治疗分极性,治疗用电极衬垫等。

1. 注意事项 ①带正电荷的药物从阳极衬垫导入,带负电荷的药物从阴极衬垫导入。否则药物不能导入。②需导入的药物溶液洒在与衬垫面积相同的绒布或滤纸上。将沾有药液的湿绒布或滤纸贴敷在治疗部皮肤上,其上再放置衬垫及电极板,非作用极不放药物。③为防止衬垫上沾有寄生离子影响药物导入,每个衬垫只供一种药物使用,不宜混杂。每次治疗后必须用清水充分洗涤(洗净附在衬垫上的电解产物),并煮沸消毒。消毒时把导入不同药物的衬垫分开煮沸,把衬垫上的寄生离子减少至最低限度。④配制药液所用之溶剂,一般都用蒸馏水(禁用自来水)、酒精、葡萄糖溶液等,以免溶液内有寄生离子。⑤某些药物易被电解产物破坏,为防止药物被电解产物破坏,需采用非极化电极。⑥容易引起人体过敏的药物(如青霉素等),导入前需做皮肤过敏试验。⑦电离子导入治疗后,由于直流电作用、电解产物和药物的刺激,患者常产生电极衬垫下皮肤痒感、甚至出现皮肤小丘疹、干燥、皲裂。为保护皮肤,每次治疗后可在衬垫处的皮肤分别涂擦阴极止痒液和阳极止痒液。

2. 阴极止痒液($\frac{1}{2}$ H4.6)的配制 Na_2HFO_4 0.6g, NaH_2PO_4 4.0g, 甘油 50.0ml, 75%酒精 150.0ml, 加水至 500.0ml。

3. 阳极止痒液($\frac{1}{2}$ H9)的配制 NaH_2PO_4 0.5g, Na_2HPO_4 9.5g, 甘油 50.0ml, 75%酒精 150.0ml, 加水至 500.0ml。

(二) 电离子导入疗法的基本方式

1. 衬垫法 将洒有药液的湿绒布或滤纸置于作用极衬垫上，贴敷在治疗部皮肤上。此法适用于较平坦的部位，最常用。

溃疡、窦道电离子导入治疗基本采用衬垫法，但治疗前须按无菌技术操作，清除创面分泌物，将沾有药液的纱布或纱条填塞创面或窦道，在其上再贴敷治疗衬垫。电流密度以创面的面积计算 ($0.05 \sim 0.1 \text{mA/cm}^2$)。

2. 体腔法 将特制的体腔电极插入需治疗的体腔（阴道、直肠、耳道等）内，向体腔电极内注射一定量的药液，非作用电极衬垫置于邻近部位的皮肤上（须考虑体腔电极作用的电流回路）。

3. 水浴法 将药液注入水槽内，电极一般采用炭质电极，治疗部位浸入水槽内，非作用极置于身体相应部位皮肤上（图1-11）。本法适用于四肢末端及眼病的治疗（眼杯法）。水浴法治疗用药量比衬垫法药量大。

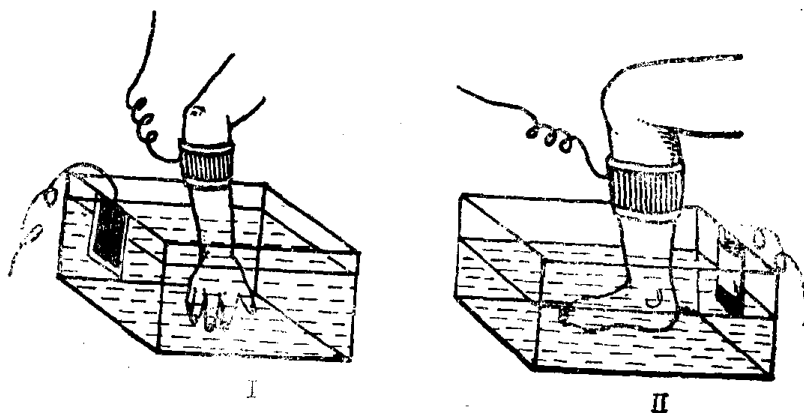


图1-11 手（I）和足部（II）电水浴法

（三）几种特殊部位的治疗方法

1. 眼部电离子导入疗法 眼电极有衬垫电极和眼杯电极两种，如果治疗眼病，宜采用眼杯电极。眼杯法电离子导入，前房液、玻璃体、晶体、视网膜脉络膜等眼组织的药物量比衬垫法高十几倍。眼杯法电离子导入也比结膜点眼、结膜下注射给药法进入眼组织的药量高十几倍。

（1）眼杯法 药液浓度不宜过高，电流强度也应酌减。治疗时患者要睁开眼，若不适应，可先滴入0.5%地卡因1~2滴，麻醉角膜及结膜。眼杯电极1只或2只，盛满药液，固定于眼部，插入白金电极。非作用极衬垫 60cm^2 置于后颈部（图1-12）。电流强度每只眼1~1.5mA，治疗持续时间10~15min，每日1次，10~15次为1疗程。

（2）衬垫法 先用药液点眼，然后闭眼，再在眼脸上放置浸有药液的绒布或滤纸，最后放置直径 5cm^2 的圆形电极衬垫。非作用极衬垫 60cm^2 置于后颈部。电流强度1~3mA（单眼），每次治疗10~20min，每日1次，10~15次为1疗程。

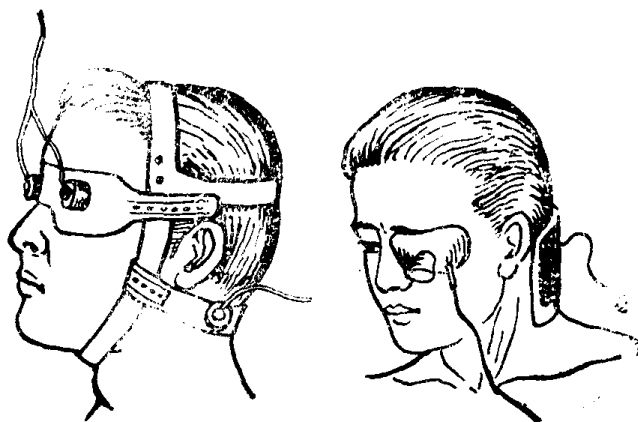


图1-12 眼杯法电离子导入

2. 耳道电离子导入法 用药液将棉条浸湿后塞入外耳道，若有鼓膜穿孔，可先滴入药液1ml，然后再塞入浸有药液的棉条。若需将抗生素（青霉素、四环素等）导入耳内，为避免电解产物破坏抗生素，应采用特制的缓冲电极。这种电极由细玻璃管、金属丝电极、生理盐水、琼脂组成（图1-13）。玻璃管直径0.3~0.5cm，长7~8cm，底部有小孔。管的底部和下半部充满以1%甘氨酸制备的琼脂，琼脂层以上充满生理盐水，金属丝电极浸没在生理盐水中。治疗时先将抗生素水溶液1~1.5ml滴入外耳道，然后插入缓冲电极，非作用极衬垫置于对侧颊部。电流强度1~2mA，每次治疗15~20min，每日1次，10~15次为1疗程。

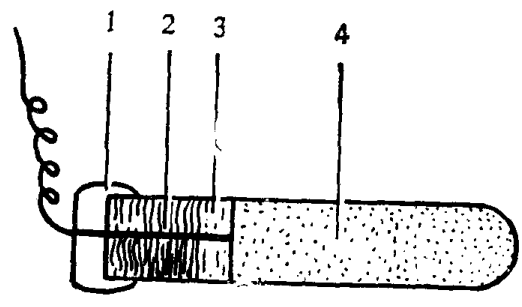


图1-13 耳部抗生素导入的缓冲电极
1. 橡皮膜, 2. 金属丝, 3. 生理盐水
4. 肉汤琼脂

3. 鼻粘膜药物离子反射疗法 将浸湿药液的棉条用镊子塞入鼻腔内，使其与鼻腔粘膜接触，在上唇部皮肤置一块小塑料布，将鼻腔露出之棉条与一块1cm×3cm的电极板相联（电极板置于小塑料布上），非作用极衬垫60cm²置于后颈部。电流强度从0.5mA开始，逐渐增加到2~3mA，每次治疗时间从10min开始，逐渐增加到20~25min，每日或隔日治疗1次，12~15次为1疗程。

鼻粘膜上有丰富的三叉神经末梢和嗅觉感受器，与面神经、舌咽神经、舌下神经、迷走神经有密切联系，刺激鼻粘膜可反射性影响上述颅神经，特别是影响迷走神经的功能，引起呼吸、心血管、胃肠系统和盆腔器官等功能的变化。

常用维生素E导入鼻粘膜反射疗法治疗湿疹，普鲁卡因、维生素B₁、钙离子导入治疗高血压、神经性头痛、脑外伤头痛等，普鲁卡因导入治疗三叉神经痛，普鲁卡因、氨茶碱导入治疗哮喘。

4. 前列腺药物离子导入法 前列腺体腔电极用有机玻璃或硬橡胶制成，长约20cm，前后径1.1cm，左右径1.5cm，呈扁圆形弯管，管的下半部（插入直肠腔部分）的上面有孔，管的上半部（体外部分）末端开口（图1-14）。以1×7cm铅板（外用浸以药液的纱布包绕）置于体腔电极的椭圆形窗口内。治疗前患者应排便或行清洁灌肠。患者取俯卧位，下腹部稍垫高。在体腔电极的下半部涂少许液体石蜡后，将体腔电极缓慢插入直肠，体腔电极凹面对准前列腺（腹侧），电极进入直肠内约9~10cm，然后从电极的上半部开口处注入加温的药液4~5ml。非作用极衬垫10cm×15cm，置下腹部。把体腔电极作为作用极，与药物导入离子电荷同名的极性相联。

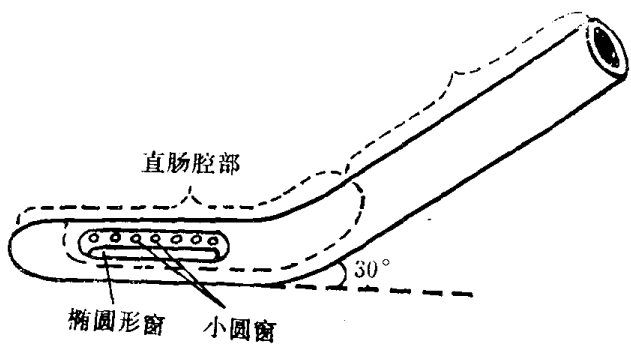


图1-14 直肠体腔电极

前列腺药物离子导入还有采用体内电泳法（灌肠法）和衬垫法。从药物离子导入的角度看，这两种方法都有疑问，体内电泳法治疗时，电流回路不一定通过直肠内的药液，这使离