



“十四五”职业教育国家规划教材

# 物理因子治疗技术

WULI YINZI ZHILIAO JISHU

主 编 丛 芳

物理因子治疗技术

主  
编  
丛  
芳



扫描二维码  
共享立体资源



中南大学出版社  
www.csupress.com.cn



中南大学出版社  
www.csupress.com.cn

---

图书在版编目 (CIP) 数据

物理因子治疗技术 / 丛芳主编. — 长沙: 中南大学出版社, 2019.10 (2023 重印)

全国医药卫生类院校精品教材

ISBN 978-7-5487-3822-0

I. ①物… II. ①丛… III. ①物理疗法—医学院校—教材 IV. ①R454

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 257117 号

---

物理因子治疗技术

丛芳 主编

---

责任编辑 代琴 陈海波

责任印制 易红卫

出版发行 中南大学出版社

社址: 长沙市麓山南路

邮编: 410083

发行科电话: 0731-88876770

传真: 0731-88710482

印 装 定州启航印刷有限公司

---

开 本 787×1092 1/16  印张 13.5  字数 309 千字

版 次 2019 年 10 月第 1 版  2023 年 6 月修订 2023 年 7 月第 3 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5487-3822-0

定 价 45.00 元

---

图书出现印装问题, 请与经销商调换

# 目录

<b>项目一 物理因子疗法总论</b>	<b>1</b>
任务一 物理因子治疗概述	1
任务二 物理因子治疗作用	5
任务三 物理因子治疗原则	9
<b>项目二 电疗法</b>	<b>14</b>
任务一 电疗法概述	14
任务二 低频电疗法	20
任务三 中频电疗法	30
任务四 直流电疗法	36
任务五 高频电疗法	48
<b>项目三 光疗法</b>	<b>65</b>
任务一 光疗法概述	65
任务二 红外线疗法	70
任务三 可见光疗法	74
任务四 紫外线疗法	77
任务五 激光疗法	87
<b>项目四 磁疗法</b>	<b>92</b>
任务一 磁疗法概述	92
任务二 静磁场疗法	98
任务三 动磁场疗法	101
任务四 经颅磁刺激治疗	105
<b>项目五 声波疗法</b>	<b>113</b>
任务一 声波疗法概述	113

任务二	超声波疗法	118
任务三	体外冲击波疗法	126
<b>项目六</b>	<b>传导热疗法与冷疗</b>	<b>132</b>
任务一	传导热疗法概述	132
任务二	常用的传导热疗法	136
任务三	冷疗	143
<b>项目七</b>	<b>压力疗法</b>	<b>147</b>
任务一	压力疗法概述	147
任务二	正压疗法	148
任务三	负压疗法	155
任务四	正负压疗法	158
任务五	体外反搏疗法	160
<b>项目八</b>	<b>生物反馈疗法</b>	<b>167</b>
任务一	生物反馈疗法概述	168
任务二	生物反馈的治疗作用及原理	170
任务三	肌电生物反馈疗法	173
<b>项目九</b>	<b>音乐放松治疗与音乐-电治疗</b>	<b>178</b>
任务一	音乐放松治疗概述	178
任务二	体感音乐治疗	181
任务三	音乐-电治疗	185
<b>项目十</b>	<b>水疗法</b>	<b>190</b>
任务一	水疗法概述	190
任务二	水疗的分类方法	195
任务三	水疗常用治疗技术	197
任务四	水疗的临床应用	203
<b>参考文献</b>		<b>207</b>

## 项目二

# 电疗法

### 学习目标

#### » 知识目标

1. 掌握各种电疗法的定义、分类及治疗作用。
2. 熟悉各种电疗法的生物学效应与临床应用。

#### » 能力目标

具有操作常用电疗设备的能力。

#### » 素质目标

根据患者的具体情况，为患者提供最佳的电疗方案。

近年来，电疗法得到了广泛的应用，尤其是在肢体残疾的康复治疗中，电疗法占有很大的比例。本项目主要介绍低中频电疗法及高频电疗法的分类、生物学效应、治疗作用及临床应用。

## ■ 任务一 电疗法概述

### 一、电疗法的定义及分类

#### (一) 电疗法的定义

电疗法是指应用电流作用于人体组织，以引发特定的生物学效应，促进功能恢复的方法。

1965年，Melzack和Wall发表了“疼痛的闸门控制理论”，引发了医学界对低中频电疗治疗疼痛的兴趣，使得经皮神经电刺激以及其他电疗设备在医疗领域得到了广泛的应用。近年来，电疗法已广泛应用于多种临床适应证，包括疼痛、神经肌肉系统疾病、



运动受限、创面愈合以及水肿管理等。

## (二) 电疗法的分类

电疗法有不同的分类方法，常用的方法是按照刺激电流的频率分为三类：

1. **低频电疗法** 这是指采用频率为  $0\sim 1\ 000\text{Hz}$  的电流治疗疾病的方法，包括直流电疗法、感应电疗法、间动电疗法、经皮电神经刺激疗法 (transcutaneous electrical nerve stimulation)、神经肌肉电刺激疗法 (neuromuscular electrical stimulation, NMES) 疗法、痉挛肌电刺激疗法、功能性电刺激疗法等。

2. **中频电疗法** 这是指采用频率为  $1\sim 100\text{kHz}$  的电流治疗疾病的方法，包括等幅正弦中频电疗法、调制中频电疗法、干扰电疗法、音乐电疗法等。

3. **高频电疗法** 这是指采用频率在  $100\text{kHz}$  以上的电流治疗疾病的方法，包括共鸣火花疗法、中波疗法、短波疗法、超短波疗法、微波疗法，其中微波疗法又包括分米波疗法、厘米波疗法、毫米波疗法。

## 二、电疗法的基础知识

为了更好地理解电疗法的治疗作用与临床应用，有必要先复习一下相关的物理概念和安全知识。

### (一) 电疗法的相关物理概念

1. **电与电荷** 有电荷存在和电荷变化的现象称为电；有电性的物体称为带电体或电荷，呈正电性者为正电荷，呈负电性者为负电荷；电具有同性相斥、异性相吸的特性。

2. **电场** 电荷所作用的周围空间称为电场，电荷与电场不可分割，进入电场中的任何带电物体都将受到电场的作用。

3. **磁场** 磁体的磁力所能作用到的空间称为磁场，任何运动的电荷或电流周围均有电场和磁场的存在。

4. **电磁场** 任何电场的变化都会使其周围产生磁场，任何磁场的变化都会使其周围产生电场；强度、方向不断变化的电场及与其密切关联的磁场称为电磁场。

5. **电磁波** 电磁场在空间中以波的形式迅速传播扩大称为电磁波。

(1) 电磁波的波长：电磁波呈波状传播，从一个波峰至下一个波峰之间的长度为波长 ( $\lambda$ )。电磁波波长的计量单位为米 (m)、厘米 (cm)、毫米 (mm)、微米 ( $\mu\text{m}$ )、纳米 (nm)。

(2) 电磁波的传播速度：电磁波在真空中传播速度 ( $V$ ) 为  $3\times 10^8\text{m/s}$ ，相当于光速。

(3) 电磁波的频率：单位时间内电磁波波动的次数为频率 ( $f$ )。电磁波频率的计量单位为赫 (赫兹, Hz)、千赫 (kHz)、兆赫 (MHz)、吉赫 (GHz)，各级之间按千进位换算。

(4) 电磁波的周期：从一个电磁波的起点至下一个电磁波起点之间的时间称为周期 ( $T$ )，周期的计量单位为秒 (s)、毫秒 (ms)、微秒 ( $\mu\text{s}$ )。

(5) 周期、波长、频率、波速之间的换算关系：周期 =  $1/\text{频率}$ ，波长 = 波速 / 频率。

6. **电流** 电荷在物体内部流动形成电流，以正电荷移动的方向代表电流的方向，单位时间内流过的电量称为电流强度 ( $I$ )，电流强度的计量单位为安培 (A)、毫安 (mA)、微安 ( $\mu\text{A}$ )。



### 人体各种组织的导电性

能传导电流的物体称为导体，不能传导电流的物质称为绝缘体。人体组织的导电性各有不同，可以根据其导电性的大小分为以下4类：

- 优导体：包括血清、血浆、血液、淋巴液、脑脊液、胆汁、胃液等含水多的液体。
- 良导体：包括肌肉、肝、肾、脑、神经等。
- 不良导体：包括干燥的皮肤、结缔组织、脂肪、骨等。
- 绝缘体：包括干头发、指甲、牙齿等。

可见，干燥的皮肤导电性较差，在进行直流电或低中频电疗法治疗时，可以利用温湿（不滴水）衬垫等以增强局部的导电性。

【知识链接】



⋮

7. 电阻 电流流过物质时所遇到的阻力称为电阻 ( $R$ )，电阻的计量单位为欧姆 ( $\Omega$ )、千欧姆 ( $k\Omega$ )、兆欧姆 ( $M\Omega$ )。

8. 电压 驱使电流流过电阻的“压力”称为电压 ( $U$ )，电压的计量单位为伏 ( $V$ )、千伏 ( $kV$ )、毫伏 ( $mV$ )、微伏 ( $\mu V$ )。

9. 电功率 单位时间内电能所做的功称为电功率 ( $W$ )，电功率计量单位为瓦特 ( $W$ )、千瓦 ( $kW$ )、毫瓦 ( $mW$ )、微瓦 ( $\mu W$ )。

10. 电流 ( $I$ )、电压 ( $U$ )、电阻 ( $R$ ) 之间的换算关系 即欧姆定律，电流强度  $I = \text{电压 } U / \text{电阻 } R$ 。

## (二) 用电安全

### 1. 安全电压与电流

(1) 安全电压：电压越高时人的危险性越大。直流电的安全电压一般  $< 65V$ ，在潮湿的情况下  $< 40V$ ，绝对安全电压为  $24V$ ；交流电的电压一般  $< 36V$ ，水疗室、泥疗室的绝对安全电压应  $< 12V$ 。

(2) 安全电流：电流越大对人的危险性也越大， $50Hz$  交流电电流应  $< 10mA$ ，直流电应  $< 50mA$ 。

2. 电疗仪器接地 电疗仪器接地主要是避免触电。如机壳短路带电，工作人员操作时机壳上的电会流经人体进入地下，具有触电的危险；如机壳接有地线，机壳上的电就会流经导电良好的地线进入地下，而不流经工作人员身体。

### 3. 安全设施

(1) 环境：电疗室的地面应是木板地或铺绝缘板。暖气管和上下水管外应加绝缘罩，与治疗床、治疗椅的距离应超过治疗时患者的手能够触摸到的位置。治疗床、椅应由绝缘材料制成。

(2) 电源：电疗室的电源开关、插座、电源线、地线等必须按照安全用电要求设计安装，应该设有分电闸与总电闸。

(3) 设备：所有设备必须接地，具有良好的绝缘，最好自带漏电保护或保险设计。

(4) 高频电疗仪需要设立屏蔽装置，以防高频辐射泄漏。



#### 4. 安全操作要求

- (1) 使用前, 应先检查设备是否完整无损, 禁止使用有故障、破损、接触不良的设备。
- (2) 操作者手足、皮肤和衣物应保持干燥, 潮湿时操作设备易引发电流短路。
- (3) 患者治疗部位有金属物品、植入体内金属异物, 或者治疗局部有汗液、尿液、湿敷料等, 应禁止电疗, 待局部干燥后再治疗。
- (4) 患者接受电疗时, 应保持安静、清醒。不得随意挪动体位, 不得触摸周围金属管道或设备外壳, 不得自行调节电疗设备。
- (5) 患者在治疗过程中, 如有异常感觉, 应及时告知工作人员。
- (6) 电疗部位存在感觉障碍或血液循环障碍者, 应严格禁止大剂量电疗。
- (7) 植入心脏起搏器者不得进行高频电疗, 也不能进入高频室, 以免高频辐射对心脏起搏器造成干扰。
- (8) 手表、手机、助听器、收音机等均应远离高频电场。

#### 5. 电灼伤的原因

电灼伤通常与以下因素有关:

- (1) 安全设施未按要求接地线。
- (2) 设备绝缘不良, 存在导线破损、绝缘区潮湿等。
- (3) 电压、电流强度过大, 超过规定数值。
- (4) 设备安装错误, 设备本身漏电等。
- (5) 使用者缺乏电学知识, 盲目操作, 修理设备时未切断电源等。

### 三、常用的电极衬垫与电疗剂量

#### (一) 电极

##### 1. 电极放置方式

(1) 对置法: 对置法指在低中频电疗法或超短波电容场法治疗时, 两个电极分别放置于身体部位的对侧, 作用深度会更大。

(2) 并置法: 并置法是指在低中频电疗法或超短波电容场法治疗时, 两个电极分别放置于身体部位的同侧, 作用范围会更大。

**2. 主电极与副电极** 电流作用于人体表面时, 需要通过两个电极与皮肤紧密接触, 构成闭合环路, 才能使电流输入人体。如果电流强度固定不变, 而两个电极面积不等, 那么电极的面积越大, 作用于此电极的电流密度就越小; 相对面积小的电极下电流密度就大, 引发的刺激反应更强, 而面积大的电极只是作为一个辅助电极, 构成电流闭合环路; 因此构成闭合环路的两个电极分别被称为:

(1) 主电极: 又称为有效电极、作用电极、刺激电极, 是指相对面积小的电极。

(2) 副电极: 又称为非有效电极、非作用电极、非刺激电极, 或者辅助电极, 是指相对面积大的电极。

##### 3. 电极的放置部位。

(1) 低中频电疗法。

①直流电疗法通常将主电极放在具体的病灶部位, 副电极放在附近的身体平坦部位, 目的主要是构成电流的闭合环路; 选择定位时, 需要考虑直流电阳极和阴极下不同



的治疗作用差别。

②低中频电疗法治疼痛时，可以将电极直接放置于疼痛区域、神经的体表投影区、针灸穴位、运动点、触发点或与疼痛区域密切相关的皮肤节段表面。

③NMES时，主要作用于病肌，如果肌群较小可用单极法置于病肌，通常选用阴极为主电极；如果肌群较大可用双极法作用于病肌部位。

④ITC的作用区域在两路或三路电流位于体内的交叉处，而非电极下；即干扰效应最强处并非感觉最强处，因此，电极定位准确非常重要。

(2)高频电疗法：短波、超短波的电容场法治疗时，常用对置法或并置法，选择合适大小、形状的电极，使电力线分布区覆盖病灶部位，通过调节电极与体表的间隙大小等来调节其作用深度；分米波、厘米波、毫米波疗法多采用非接触辐射法，将辐射器对准治疗部位，按要求调整与皮肤的间距即可，详见各项目的叙述。

## (二) 衬垫

直流电与低中频电疗法使用衬垫的主要目的是保护皮肤不受电解产物的侵害，防止交叉感染，以及采用温湿的衬垫可增加治疗时局部皮肤的导电性等。

1. 直流电疗法 单纯直流电疗法与直流电药物离子导入疗法需要较厚的衬垫，厚度1cm，周边超过导电电极1cm。因为直流电有强电解作用，可在电极下产生强酸强碱，会对局部皮肤造成伤害。

2. 低中频电疗法 进行低频电疗法或中频电疗法治疗时，如果设备输出的脉冲电流是双相对称的电流，那么其电解作用不明显，可以选用薄衬垫，或直接采用粘附式电极接触皮肤。如果设备输出的脉冲电流是半波整流或双相不对称的电流，那么就会有部分电解作用，可在电极下产生强酸强碱，对局部皮肤造成伤害，因此，必须使用一定厚度的衬垫。电解作用越强，所需要的衬垫就应该越厚。

3. 高频电疗法 进行高频电治疗时，高频电极大多不需要接触皮肤，相反，高频电极与皮肤表面需要保持一定的间隙距离，详见高频电疗法的叙述。

## (三) 治疗剂量分级

1. 直流电疗法 直流电疗法的治疗剂量通常按照电流密度来计算。电流密度是指单位平方厘米面积衬垫上的电流量，而电流量可由治疗仪控制面板上直接显示。

2. 低中频电疗法 进行低中频电疗法治疗时，可参照患者的感觉或肌肉收缩强度进行治疗剂量的分级。

(1) 参照患者感觉分级。

①感觉阈下：刚感觉有电刺激时再稍调小至感觉消失，但治疗仪控制面板上显示有输出。

②感觉阈：刚有电刺激感或麻颤感。

③感觉阈上：有明显电刺激感或麻颤感。

④耐受限：是指可耐受的最大强度，常用于疼痛的治疗。

(2) 参照患者运动分级。

①运动阈下：治疗仪控制面板上显示有输出，但肌肉无收缩反应。

②运动阈：刚引起肌肉收缩反应的电流强度。



③运动阈上：有明显肌肉收缩反应的电流强度。

### 3. 高频电疗法

(1) 短波和超短波疗法：短波和超短波的电容场法类似，治疗时常采用对置法或并置法。以超短波治疗为例，如果患者感觉功能正常的话，可根据患者的感觉分为四级，通过调整电极与体表之间的空气间隙的大小等，获取不同程度的剂量。具体剂量分级方法如下：

I级 无热量，无温热感。

II级 微热量，有微弱的温热感。

III级 温热量，有明显的温热感。

IV级 热量，有强烈热感（主要用于消除肿瘤的射频疗法）。

(2) 微波疗法：微波波段接近光波，除了具有电磁波特性和外，还具有光波的特性，即束状单向传播。在微波疗法中，分米波、厘米波和毫米波的治疗仪均采用辐射法，微波疗法的治疗剂量均可在治疗仪的控制面板上直接显示。分米波和厘米波在连续输出时以温热效应为主，具体的温热感觉与照射距离有关；分米波和厘米波在脉冲输出时非热效应明显，而毫米波治疗仪只有非热效应，不产生温热作用。

## 四、电疗法的注意事项与设备维护

### (一) 电疗法的注意事项

(1) 电疗设备不能用于植入心脏起搏器或脊髓刺激器等临时刺激器周围，因为有可能干扰这些设备的正常运行。

(2) 低中频电流禁止应用于颈动脉窦附近，因为有可能产生异常的血管反应。

(3) 低中频电流禁止应用于开放性切口及皮肤破损处，因为电流可能过于集中在皮肤破损或薄弱处引发电灼伤。

(4) 电疗法禁用于孕妇下腹及腰骶部，因为可能对胚胎发育产生不利影响，或者刺激子宫收缩导致流产。

(5) 低中频电流禁用于深静脉血栓形成处，因为有可能诱发血管平滑肌收缩，使深静脉血栓脱落而导致重要脏器缺血，严重者可危及生命安全。

(6) 对于皮肤感觉障碍或存在认知障碍的患者，在治疗时需要谨慎，操作错误可造成电灼伤。

(7) 推荐各个设备使用配套的专用电极，因为不同品牌的电极加工参数不一样，错配电极可能增加皮肤灼伤的风险。

(8) 低中频电疗仪不应与高频电疗仪同放一室，如果条件不允许，低中频电疗仪应距离高频电疗仪 3m 以上，并且低中频电疗仪和高频电疗设备不可同时开机，否则会产生干扰，使正常情况下使用安全的电流突发强度过大，导致电灼伤。

### (二) 设备维护

(1) 电疗设备及配件需要定期检修、维护，并应记录设备使用及维修情况。

(2) 金属导线与电极片接口需要紧密接触，如有破损需要及时更换。



(3) 设备使用期间应注意防止尘埃、异物等进入设备内部导致设备损坏。

### 课程思政

对于局部体内植入金属内固定的患者来说,电疗设备大多数是禁止使用的。在治疗前,需要详细了解患者病史及既往治疗,并严格按照电疗的诊疗规范进行操作。对于存在局部感觉障碍的患者,需要给予更多的关爱,如增加巡视次数等,以防医疗不良事件的发生。

## ■ 任务二 低频电疗法

### 案例导入

#### 案 例

患儿,女,5岁,主因“下腰动作致双下肢运动感觉及二便功能障碍30天”入院。患儿上舞蹈课练习下腰动作时摔倒,当时感觉双下肢疼痛、无力,2小时后双下肢运动功能消失,排尿、排便困难,次日行胸腰段MRI检查示脊髓内可见异常信号,诊断为“无骨折脱位型脊髓损伤”。经药物治疗后,双下肢运动感觉功能无好转,为进一步康复治疗入院。查体:双侧最低正常感觉平面位于胸10,双侧胸11及其以下平面感觉消失,直肠深感觉消失,双下肢肌肌力0级,肛门括约肌无自主收缩。双下肢膝、踝反射未引出,双侧髌阵挛及踝阵挛阴性,双侧Babinski征阴性。辅助检查:胸腰段MRI示胸4椎体水平以下脊髓内可见长T2异常信号,胸10、胸11椎体水平脊髓内可见长T1异常信号。入院诊断:创伤性截瘫,胸10完全性脊髓损伤,神经源性膀胱,便秘。

#### 思 考

1. 该患儿功能障碍的原因是什么?
2. 该患儿是否适合进行电刺激治疗?
3. 不同频率的电刺激所引发的肌肉收缩反应有何不同?
4. 生理性收缩与电刺激引发的收缩有何不同?



应用频率 1 000Hz 以下的脉冲电流治疗疾病的方法，称为低频电疗法 (low frequency electrotherapy, LFE)，其中使用低频脉冲电流治疗疾病的方法称为低频脉冲电疗法。因为频率在 1 000Hz 以下，尤其是脉冲频率在 100Hz 以下时，可以使受到电流刺激的运动神经和肌肉发生兴奋而产生肌肉收缩反应；当频率大于 1 000Hz 时，单个刺激周期短于运动神经和肌肉组织兴奋所需的绝对反应期，不能引起兴奋反应。

## 一、低频电基础知识

### (一) 脉冲电流的波形

交流电与直流电不同，其方向与强度随着时间的变化可发生周期性的变化。脉冲电流是指电流或电压按一定规律反复地从某一电位水平上瞬间出现，又瞬间消失的电流。LFE 常用的脉冲电流的波形分为以下五种：

1. **正弦波电流** 这是指电流强度呈正弦波的形式变化的电流。
2. **方波电流** 这是指将直流电不断通断所获得的波形呈矩形或正方形的电流。
3. **三角波电流** 这是指电流强度缓升缓降呈三角形的电流。
4. **指数曲线波电流** 这是指波形类似于三角波电流，脉冲缓慢上升与下降，按指数曲线规律变化的电流。
5. **梯形波电流** 这是指波形类似于等腰梯形的电流。

### (二) 脉冲电流的电解作用

脉冲电流按照电流流动的方向，又可分为单相脉冲和双相脉冲。单相输出的脉冲电流，其脉冲的方向固定不变，按一定规律出现，含有直流电成分，具有一定的电解作用，治疗时电极与皮肤之间需要衬垫，以保护皮肤不受电解产物的伤害。为了减少单相脉冲的电解作用，临床上常使用双相脉冲电流，使电流在两个方向上流动，以减少极化现象，这种电流又称为非极化电流。

根据双相脉冲的形状，又分为对称双相脉冲和不对称双相脉冲。其中，不对称双相脉冲含有直流电成分，具有一定的电解作用，治疗时电极与皮肤之间需要衬垫，以保护皮肤不受电解产物的伤害；对称双相脉冲无电解作用，治疗时电极与皮肤之间可以不用衬垫，或只需使用薄衬垫。

### (三) 其他治疗参数

1. **有效波宽** 波宽是指脉冲的持续时间，波宽的计量单位为毫秒 (ms)、微秒 ( $\mu\text{s}$ )。
  - (1) 三角波的有效波宽为上升时间 ( $t_{\text{升}}$ ) 与下降时间 ( $t_{\text{降}}$ ) 之和。
  - (2) 梯形波的有效波宽为上升时间 ( $t_{\text{升}}$ )、平顶部分时间与下降时间 ( $t_{\text{降}}$ ) 之和。
2. **脉冲上升时间 ( $t_{\text{升}}$ )** 指脉冲电流从脉冲起点上升至波峰顶点的时间。
3. **脉冲下降时间 ( $t_{\text{降}}$ )** 指脉冲电流从波峰顶点下降至脉冲终点的时间。
4. **脉冲间歇时间 ( $t_{\text{止}}$ )** 指前一个脉冲结束至下一个脉冲出现的间期，即脉冲周期减去波宽的时间。



5. **通断比** 指脉冲电流持续时间与脉冲间歇时间的比值。

6. **占空比** 指脉冲电流持续时间与脉冲周期的比值，通常用百分比(%)来表示。

7. **脉冲重复频率** 指每秒钟内脉冲波组出现的次数，其计量单位为赫兹(Hz)；频率与周期互为倒数。

## 二、低频电生物学效应

### (一) 兴奋神经肌肉组织

(1) 低频脉冲电刺激引起组织兴奋的前提条件是具有大于阈值的刺激强度，一定的刺激持续时间和刺激强度变化率。

(2) 引起组织兴奋所需要的最小刺激强度与刺激的持续时间成反比。

(3) 不同组织的绝对不应期不同，对各种脉冲电流的反应也不同。电刺激的脉冲宽度必须大于各种组织的绝对不应期才能引发肌肉收缩反应。例如，神经纤维的绝对不应期为 0.5ms，骨骼肌细胞的绝对不应期为 2ms，心肌细胞的绝对不应期为 200~400ms。

(4) 10Hz 以下的低频脉冲电流可引起肉眼可见的单肌肉收缩，而 20~50Hz 的低频脉冲电流可引发肌肉不完全性或完全性强直收缩。

### (二) 促进局部血液循环

低频脉冲电流作用于人体时可改善局部组织的血液循环。其作用机制与轴突反射、P 物质与组胺的释放、局部肌肉代谢产物增多等因素有关。

1. **轴突反射** 皮肤感受器接受低频脉冲电流刺激后产生冲动，经传入神经，再沿轴突的传出神经。传导至小动脉壁，引起小动脉扩张。

2. **P 物质** 感觉神经受低频脉冲电流刺激后可释放 P 物质，从而影响血管舒张。

3. **组胺** 低频脉冲电流刺激皮肤可使局部分解释放组胺，组胺可使毛细血管扩张，引起局部充血。

4. **肌肉代谢产物** 低频脉冲电流刺激引起肌肉收缩，使局部乳酸、ADP、ATP 等代谢产物增多，具有强烈的扩张血管作用，可以改善局部血液循环。

### (三) 调节自主神经功能

(1) 低频脉冲电流作用于交感神经节，可引起相关区域血管扩张。

(2) 1~10Hz 的低频脉冲电流兴奋交感神经作用较强。

(3) 100Hz 的低频脉冲电流降低交感神经兴奋性作用较强。

### (四) 镇痛

#### 1. 即时镇痛作用

(1) 闸门控制学说：1965 年，Melzack 和 Wall 发表了疼痛的闸门控制学说。这一学说认为低频脉冲电流对皮肤的刺激为非痛性刺激，可经感觉神经粗纤维传至脊髓；因粗纤维的兴奋阈值较低、传导速度较快，所负责传导的震颤等感觉传导至脊髓后，可使脊髓后角胶质细胞兴奋，关闭疼痛的闸门；而细纤维兴奋阈值较高、传导速度较慢，所负



责传导的痛觉冲动传入受阻，因而达到镇痛效应。

(2) 体液机制：低频脉冲电流作用于人体时，可引起中枢神经系统释放神经介质，如内源性吗啡样物质（脑啡肽、内啡肽），起到镇痛效应。

(3) 皮质干扰假说：低频脉冲电流的刺激与痛觉冲动同时上传至大脑皮质，在皮质互相干扰而引起镇痛效应。

## 2. 镇痛作用叠加

(1) 单次低频脉冲治疗引发的即时镇痛作用叠加后，具有更强、更久的镇痛作用。

(2) 局部血管扩张、血液循环改善可以减轻局部组织的缺血及酸中毒，加速致痛物质、代谢产物、病理产物的排出，从而减轻疼痛。

## (五) 消散炎症

低频脉冲电流可以促进局部血液循环，减轻局部水肿，促进炎症产物排出，因而可以消散局部炎症。

## 三、常用的低频电疗法

### (一) NMES 疗法

1. 定义 NMES 是一种应用低频脉冲电流刺激运动神经或肌肉，引起肌肉收缩，以促进神经肌肉功能恢复的治疗技术。NMES 主要刺激运动神经末梢，对有神经支配的肌肉进行运动性刺激，可改善运动控制，防治废用性肌萎缩，增强肌力和耐力；用于失神经支配肌肉的治疗，有利于维持肌肉的容积；也可以刺激 A $\beta$  神经纤维，产生镇痛效应；还可用于缓解痉挛。

2. 分类 物理因子治疗中的 NMES 通常包括以下三类：

- (1) 失神经电刺激疗法：用于刺激失神经肌肉。
- (2) 痉挛机电刺激疗法：用于刺激痉挛肌及其拮抗肌。
- (3) 电体操疗法：用于废用性肌萎缩的防治。

### 3. 治疗作用

- (1) 加速神经再生，促使失神经支配肌肉的运动功能恢复。
- (2) 引发肌肉收缩的泵效应，可改善肌肉的血液循环，减轻水与电解质代谢紊乱，防止、减轻废用性肌萎缩，延缓肌肉纤维化。
- (3) 对痉挛肌及其拮抗肌进行电刺激，通过交互抑制，使痉挛肌松弛、拮抗肌兴奋，从而达到肌力平衡。

### 4. 失神经电刺激技术

(1) 治疗设备：采用能输出三角波的低频脉冲电疗仪，电流频率为 0.2~50Hz，波宽为 1~1 000ms，脉冲上升及下降时间可调。电刺激的极性选择通常以阴极为主电极，放置在靶肌肉的运动点上；阳极为辅助性电极。电极大小的选择取决于靶肌肉的大小。在刺激大肌群时，应选用较大的电极，以产生空间累积效应。

(2) 波形与参数的选择：失神经肌肉的耐受性较差，需要采用强度变化率低的三角



波才可引起肌肉收缩，并且可以避免刺激正常的肌肉和感觉神经。肌肉失神经程度越严重，引起肌肉收缩所需的频率越低、波宽越宽、刺激间歇时间越长。

(3) 操作方法：患者取舒适体位，暴露治疗部位，确定需刺激的肌肉运动点。电极放置方法的选择如下。

①单极法：主电极与衬垫接阴极，置于患肌运动点上；另一个较大的电极与衬垫为辅助电极接阳极，置于病肌附近的平坦处，如上肢治疗时置于颈背部，下肢治疗时置于腰骶部。

②双极法：取两个电极置于患肌肌腹，近端放置阳极，远端放置阴极，缓慢调节电流强度，以不引起过于强烈但明显可见的肌肉收缩为宜。电流强度过大易于引发病肌的疲劳反应，临床表现为肌肉收缩时伴有颤抖、收缩先强后弱、治疗后仍有僵硬不适感等现象。随着病情的好转，需要及时调整治疗参数。

**5. 痉挛肌电刺激技术** 采用痉挛肌电疗仪，将两组波宽与频率相同、但出现时间有一定时差（如 0.3s）的方波，分别刺激于痉挛肌（如肱二头肌）及其拮抗肌（如肱三头肌），使二者发生交替收缩。刺激痉挛肌的一路电流作用于肌腱处，而刺激拮抗肌的另一路电流作用于肌腹部位。两路电流大小可调、时差可调。其余同前所述。

## 6. 临床应用

(1) 适应证：下运动神经元损伤或疾病所致的肌肉失神经支配、废用性肌萎缩、习惯性便秘、子宫收缩无力等；上运动神经元疾病或损伤所致的痉挛性瘫痪，如脑卒中导致的偏瘫、脑性瘫痪和脊髓损伤后瘫痪等。

(2) 禁忌证：植入心脏起搏器、血管支架、孕妇下腹部及腰骶部、开放性伤口或皮肤破损、急性感染、良/恶性肿瘤、活动性结核、骨髓炎等。认知交流障碍者、皮肤感觉功能受损者慎用。

【知识链接】

### 改善皮肤电流传导功能的方法

应用凝胶填充电极与皮肤的间隙。

治疗前，用温湿布衬垫敷盖皮肤，以保持局部潮湿温暖，可以降低皮肤电阻。

必要时，可剔除治疗局部的毛发。

如果局部皮肤干燥、有皮屑，可用消毒纱布去除死皮，但是不能用砂纸，因为表皮质的破坏，容易引起电刺激时局部皮肤受损。

## (二) 经皮电神经刺激疗法

**1. 定义** 应用一定频率、一定波宽的低频脉冲电流作用于体表，通过刺激感觉神经达到镇痛目的的治疗方法，称为 TENS。TENS 与传统的 NMES 疗法的区别在于：传统的 NMES 主要是刺激运动神经纤维，而 TENS 则是以刺激感觉纤维为主，因而有时也被称为周围神经粗纤维电刺激疗法。



TENS 治疗仪可输出双相的对称或不对称的方波或三角波，频率为  $1\sim 150\text{Hz}$ ，脉冲宽度为  $2\sim 500\mu\text{s}$ ，可连续调节或分挡调节，电流强度可达  $80\text{mA}$  以上。波形通常由 TENS 生产厂商预先设定。TENS 治疗中常用的波形为对称分布的双相波或不对称双相波（图 2-1）。对称双相波的应用有助于防止电极下电荷累积对皮肤的刺激，在较长时间的 TENS 治疗过程中，避免对皮肤的过度刺激是非常重要的。

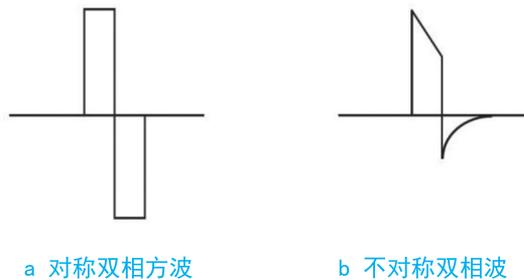


图 2-1 TENS 治疗仪常用的双相波形

## 2. 分类

(1) 通用型 TENS 治疗仪：输出频率为  $75\sim 100\text{Hz}$ 、波宽为  $10\sim 200\mu\text{s}$  的电流，常用的治疗强度以舒适的麻颤感为主，镇痛作用起效较快，但持续时间较短，此治疗仪可用于急慢性疼痛的治疗。

(2) 针刺型 TENS 治疗仪：输出频率为  $1\sim 4\text{Hz}$ 、波宽为  $200\sim 300\mu\text{s}$  的电流，常用的治疗强度以运动阈上为主，一般是感觉阈的  $2\sim 4$  倍，镇痛作用起效较慢，但持续时间较长，此治疗仪可用于急慢性疼痛的治疗。

(3) 短暂强刺激型 TENS 治疗仪：输出频率为  $150\text{Hz}$ 、波宽  $>300\mu\text{s}$  的电流，常用的治疗强度以引起局部肌肉强直收缩为主，镇痛作用较强，但持续时间较短，此治疗仪可用于小手术或致痛性操作过程中加强镇痛效果。

## 3. 治疗作用

(1) 治疗各种急慢性疼痛：不同类型 TENS 仪器输出电流的参数不同，镇痛的起效速度、持续时间和镇痛强度均有不同；兴奋粗纤维神经最适宜的电流是  $100\text{Hz}$  的方波。

(2) 改善局部血液循环。

(3)  $1\sim 4\text{Hz}$  的针刺型 TENS 可用于促进神经损伤后残余肌力的恢复。

## 4. 治疗技术

(1) 设备：大多数经皮神经电刺激设备是由电池充电的便携式设备，通过表面电极将电流导入皮肤，体积小、应用广泛。通常可由物理治疗师教会患者如何使用后，患者可以按照所教授的方法，在家中或者病床上自行管理或使用设备。有时患者会需要一些指导，学会如何确定最佳的刺激参数和电极放置方法。常用的 TENS 电极片有两种：碳化硅电极片和自粘式水凝胶电极片，电极的大小和形状会影响电流密度的大小和电流的分布。电极越小，电流密度越大；电极的边缘应该呈圆形，以减少电流分布的不均匀性。不对称分布的双相波可能会有类似直流电的电解作用，可选用一定厚度的衬垫。



(2) 操作方法：在临床实践中，TENS 电极可直接放置于疼痛区域、神经的体表投影区、针灸穴位、运动点、触发点或与疼痛区域密切相关的皮肤节段表面。治疗时将两个电极对置或并置，根据治疗需要选择电流强度、频率、波宽、治疗时间等。一般每次 20~60 分钟，每日多次，可长时期连续治疗。

### 5. 临床应用

(1) 适应证：术后伤口痛、神经痛、扭挫伤、肌痛、关节痛、头痛、截肢后残端痛、幻肢痛、分娩宫缩痛、骨折、伤口延迟愈合等。

(2) 禁忌证：植入心脏起搏器、颈动脉窦部位、孕妇下腹部与腰骶部、开放性伤口或皮肤破损、急性化脓性感染、肿瘤、活动性结核、骨髓炎等。认知交流障碍者、皮肤感觉功能受损者慎用。

### (三) 功能性电刺激疗法

1. 定义 利用一定强度的低频脉冲电流，通过预先设定的程序来刺激一组或多组肌肉，诱发肌肉进行功能性活动或模拟正常的自主运动的治疗方法；或者是以低频脉冲电刺激产生的即时效应来代替或矫正器官或肢体已丧失功能的治疗方法，称为功能性电刺激疗法 (functional electrical stimulation, FES)。FES 属于 NMES 范畴，是 NMES 的一种特殊类型。FES 与 NMES 的区别在于，FES 可模拟正常的自主运动，以增强肢体功能活动能力，所刺激的肌肉必须有完整的神经支配；而 NMES 可以产生肌肉收缩，但不一定能引起功能性活动。

FES 可由便携式治疗仪输出电流，兴奋有神经支配的肌肉，触发肌肉收缩反应，从而产生功能性活动。这种疗法常用于代偿或恢复中枢神经损伤（如脊髓损伤、脑外伤或脑卒中）后的瘫痪肢体的功能。

1961 年，Liberson 首先提出应用 FES 改善脑卒中患者的步态，此后有大量文献报道，FES 可诱发肌肉收缩，有效地改善下肢功能。例如，用于脑卒中后足下垂或脑瘫步态的矫正训练。足下垂步态源于踝背屈肌力不足，通过在患者的鞋内安置足部开关，可使背屈肌在迈步相的起始时受到电刺激而产生踝背屈动作。FES 还可改善脊髓损伤患者的步态，提高患者步行速度，改善其摄氧量及心血管的反应性。除了下肢康复外，FES 还可用于改善脑卒中后上肢功能，尤其是手的功能。有文献报道，FES 也可用于治疗偏瘫患者的肩关节半脱位和肩痛。

#### 2. 功能性电刺激分类

(1) 人工心脏起搏器用于补偿病态窦房结综合征、房室传导阻滞者所丧失的心搏功能。

(2) 膈神经刺激器可用于调整呼吸功能。

(3) 刺激膀胱相关的神经和肌肉可改善排尿功能。

(4) 助行器通过功能性电刺激来补偿或矫正足下垂步态。

3. 治疗作用 FES 常用于上运动神经元病损所致的肢体运动功能障碍，此类患者下运动神经元良好，神经反射弧通路存在，并有应激反应功能，只是因为失去了来自于上



位中枢的运动信号而不能产生正常的肌肉随意收缩。FES 可以通过电刺激以产生相应的肌肉收缩, 补偿所丧失的肢体运动功能; 同时也刺激了传入神经, 经脊髓投射到高级中枢, 有利于促进神经功能重建以及患者心理状态的调整。

#### 4. 治疗技术

(1) 设备: 采用 1 至多个通道能输出低频脉冲电流的电刺激器。脉冲波形通常为方波(波宽为 0.1~1ms)、脉冲组宽度可达 1.8 秒、频率为 20~100Hz, 各通道的电流参数独立可调。

(2) 操作: 按照某一动作发生时各肌群的收缩程序, 设定各通道按一定的延时, 先后刺激不同的肌群。按照相关运动点放置电极, 并与治疗仪各通道连接。开始刺激时, 每次 10 分钟, 每日数次; 随着功能的好转, 逐渐延长刺激时间, 调整刺激参数。

#### 5. 临床应用

(1) 适应证: FES 用于脑损伤与脊髓损伤后的步行障碍和手功能障碍, 以及脊髓损伤后的排尿功能障碍等。

(2) 禁忌证: 植入心脏起搏器者。意识不清、肢体骨关节挛缩畸形、下运动神经元损伤、神经应激反应异常者。

### (四) 感应电疗法

1. 概述 1831 年, Faraday 制成了感应线圈, 并产生感应电流, 后人即称之为 Faraday 电流。感应电流是指应用感应线圈所获得的双相不对称低频脉冲电流, 电压峰值可达几十伏, 频率为 50~80Hz, 脉冲波的尖峰部分为高尖三角形, 波宽为 1~2ms。新感应电流以低频振荡方式产生, 波形类似于传统的感应电流, 电压峰值可达百余伏, 频率为 50~100Hz, 波宽为 0.1~2ms, 又称为感应电样电流。应用感应电流治疗疾病的方法称为感应电疗法, 也称 Faraday 电疗法。由于此种频率的电流能引起正常神经支配肌出现强直收缩, 故又称之为致强直电流。

#### 2. 治疗作用

(1) 兴奋神经肌肉: 感应电流的脉冲持续时间很短, 因而电解、电泳、电渗作用不明显; 对于正常神经支配肌具有明显的兴奋神经肌肉的作用, 可引起骨骼肌强直性收缩。

(2) 暗示作用: 感应电流对感觉神经有强烈的刺激作用, 又可引起肌肉强直收缩, 提高肌张力, 因而是一种强烈的暗示因子, 可促进皮质的病理性抑制的解除, 常用于癔症性瘫痪或癔症性失语的治疗。

(3) 改善局部血液循环: 感应电流刺激可以使局部血管扩张, 同时感应电流刺激肌肉引起节律性收缩, 类似“泵”作用, 可促进静脉淋巴回流。

(4) 镇痛: 感应电流对感觉神经有强烈的刺激作用, 可降低感觉神经兴奋性, 起到镇痛作用。

#### 3. 治疗技术

(1) 设备: 采用感应电疗仪, 设备配有铅板电极、手柄电极或滚式电极。



(2) 操作方法如下。

①固定法：使两个铅板电极与以温水浸湿的衬垫对置于患部，或并置于患处肌腹两端。电流强度以引起肌肉收缩为宜，每次 20 分钟，每日 1 次，10~15 次为一个疗程。

②单极法：以手柄电极为主电极，紧压于患肌运动点上，另一个较大电极为辅助电极，置于肢体近端。使用手柄电极治疗时，以手柄上的断续开关对运动点进行断续刺激。电流强度以引起明显肌肉收缩为宜。每次 20 分钟，每日 1 次，10~15 次为一个疗程。

③滚动法：以滚式电极为主电极，另一个较大电极为辅助电极，置于平坦处。操作者手持滚式电极在患肌上连续滚动，引起所到之处的肌肉相继收缩，不需通断控制，每次 20 分钟，每日 1 次，10~15 次为一个疗程。

④暗示电刺激治疗：治疗癱症性瘫痪时，可采用单极法或滚动法在患肢上进行强刺激，引起肌肉强烈收缩，同时结合语言暗示，令患部活动，每次治疗数分钟，治疗 1~3 次即可。

#### 4. 临床应用

(1) 适应证：神经失用症、废用性肌萎缩、肌张力低下、癱症性瘫痪或癱症性失语等。

(2) 禁忌证：痉挛性瘫痪禁用，其余同直流电疗法。

### (五) 间动电疗法

1. 定义 间动电流是在直流电基础上，叠加经半波或全波整流后的 50Hz 正弦电流所构成的一种脉冲电流。叠加时可经过或经过调幅，从而构成 6 种不同组合的单相正弦脉冲电流，用这种电流治疗疾病的方法称为间动电疗法 (diadynamic electrotherapy)。因由 Bernard 创始应用，间动电疗法又称为 Bernard 电疗法。

#### 2. 间动电流的基本脉冲波形

(1) 密波：50Hz 正弦交流电流经全波整流后叠加在直流电上，频率为 100Hz，无间断。

(2) 疏波：50Hz 正弦交流电流经半波整流，频率为 50Hz，脉冲持续 10ms，间歇 10ms。

(3) 疏密波：疏波与密波交替出现，各持续 1 秒。

(4) 间升波：疏波与密波交替出现，密波持续 8~10 秒，疏波持续 4~6 秒，密波部分由两组疏波组成，一组疏波的幅度不变，而另一组疏波穿插其中，幅度缓升缓降。

(5) 断续波：疏波断续出现，通电与断电时间各 1 秒。

(6) 起伏波：变形的断续波，通电与断电时间各 4 秒，通电时幅度缓升缓降。

以上是间动电流的几种基本脉冲波形 (图 2-2)，可以组合为多种形式的脉冲输出。

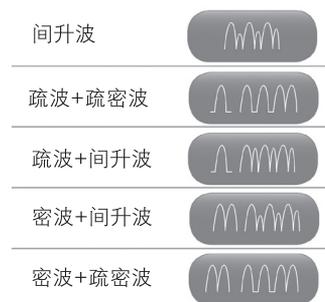


图 2-2 间动电脉冲波形示意图



### 3. 治疗作用

(1) 镇痛：间动电流的镇痛作用强于直流电、感应电，间升波、疏密波的镇痛作用最强，其次为密波、疏波。

(2) 改善局部血液循环：密波、疏密波作用较明显。

(3) 兴奋神经肌肉：刺激周围神经，引起肌肉收缩，断续波、起伏波作用较明显。

### 4. 治疗技术

(1) 设备：采用间动电疗仪。

(2) 操作方法：治疗时主电极接阴极，置于痛点或患部；辅助电极接阳极，置于周边的平坦部位。调节电流强度及脉冲波形，逐渐增加强度至耐受限。每次治疗可选用1~3种波形，每种波形3~5分钟，每日1~2次，5~10次为一个疗程。

### 5. 临床应用

(1) 适应证：神经痛、扭挫伤、网球肘、肩关节周围炎、肌纤维组织炎、颞下颌关节功能紊乱、雷诺病等。

(2) 禁忌证：同直流电疗法。

---

## 【案例分析】

1. 患儿功能障碍的原因：

- (1) 双下肢运动感觉功能障碍；
- (2) 二便功能障碍；
- (3) 依赖轮椅；
- (4) ADL 依赖护理。

2. 目前患儿的双下肢肌肌力0级，可以进行电刺激治疗以维持肌肉容积，防止肌肉纤维化。

3. 不同频率的电刺激所引发的肌肉收缩反应不同，<4 Hz 的低频脉冲电刺激可产生肉眼可见的单个肌肉收缩，增加刺激频率至20~50Hz后，这种收缩会合并为肌力更强、更具有功能性的半强直或强直性收缩。

4. 生理性收缩与低频脉冲电刺激引发的肌肉收缩的区别：在生理性肌肉收缩时，不同类型的肌纤维所产生收缩的时间不同步，首先募集慢收缩纤维，之后才是快收缩纤维。然而，进行低频脉冲电刺激时，募集的次序是由肌纤维大小所决定的，首先募集快收缩纤维，之后才是慢收缩纤维。快收缩纤维耐性较差，患者接受电刺激治疗后常会感觉肌肉疲劳，延长脉冲间歇期可减轻电刺激引起的肌肉疲劳现象。



低中频电疗法的电流输出



## ■ 任务三 中频电疗法

### 案例导入

#### 案 例

患者，男，38岁，腰痛反复发作半年，伴右下肢疼痛2天。半年前，无明显诱因开始腰痛，久坐加重，休息后减轻，未做特殊治疗。2天前在搬重物时突发腰痛加重，并向右下肢放射，右足背侧麻木。查体：腰椎生理曲度变直，腰4、5棘突间隙及其右旁骶棘肌处压痛并放射至右小腿。右下肢直腿抬高试验(+)，直腿抬高加强试验(+)。右足踇指背伸肌力4级，膝腱及跟腱反射存在，病理反射(-)。辅助检查：腰椎X线片示腰椎生理曲度减小，腰4、5椎间隙狭窄。MRI示腰4、5椎间盘向右后侧突出。

#### 思 考

1. 该患者最可能的诊断是什么？需要与哪些疾病鉴别？
2. 该患者的治疗方案包括哪些？
3. 如果选用干扰电治疗，电极如何放置？

中频电疗法 (medium frequency electrotherapy, MFE) 是指采用频率为 1~100kHz 的电流治疗疾病的方法，包括等幅正弦中频电疗法、调制中频电疗法、干扰电疗法、音乐电疗法等。

### 一、中频电基础知识

1. **电容** 两个相互靠近的导体被电介质所隔开，构成电容；电容可储存电荷。
2. **容抗** 指交流电通过电容时的阻力，容抗的大小与电流的频率成反比。
3. **调制** 一种频率较高的电流幅度或频率随着另一种频率较低的电流幅度变化而变化。
4. **调制波** 指调制较高频率电流的较低频率的电流。
5. **载波** 载送、传递较低频率电流的较高频率的电流。
6. **调幅波** 指较高频率的电流被较低频率的电流调制时，被调波发生的幅度的变化。
7. **调幅度** 指调幅波幅度的变化量与未被调制前电流振幅之比。



8. 调频波 这是指电流被调制时，被调波发生的频率的变化。
9. 差拍 这是指两种不同频率的交流电相互重叠时，合成后的电流的幅度变化。
10. 差频 这是指两种不同频率的交流电相互重叠时，合成后的电流的脉冲频率。

## 二、中频电生物学效应

与 LFE 相比，MFE 有以下特点。

### （一）阻抗明显降低

电流频率越高，人体对电流的阻抗越低，故人体组织对中频的阻抗明显低于低频电；人体还有电容特性，频率较高的电流易于通过电容，故中频交流电比低频交流电更容易通过电容。人体对中频交流电的阻抗和容抗都低于低频交流电。因此，中频交流电电流更易于透过人体组织，即 MFE 对人体的作用深度要大于 LFE。

### （二）无电解作用

1 000Hz 以上的中频电流作用于人体，在电流的每 1 个周期（ $<1\text{ms}$ ）的正半周与负半周时间里，人体组织内的离子都会朝向不同方向往返移动，人体内的带电离子不能移到电极下产生电解反应，电极下也不产生酸碱产物，因此，中频电疗时可以使用较薄的衬垫，或者不需要衬垫。患者皮肤不会受到电解产物的刺激，故可进行较长疗程的治疗。

需要注意的是，个别患者在中频电疗后出现局部组织损伤，不是因电解作用所致，而是因为局部电流强度过大、电极衬垫不平整或皮肤破损等原因，导致局部电流密度过大而引起的。

### （三）无兴奋神经肌肉作用

1 000Hz 以上的中频电流对神经肌肉一般无兴奋作用，只有综合多个周期的连续作用，并且达到足够强度时，才能引起一次肌肉收缩。

### （四）镇痛作用

中频电流对感觉神经没有强烈刺激，并且镇痛作用明显。感觉阈上的中频电作用于人体时，电极下只有轻微的震颤感；电流强度增大时会有针刺感，无明显不适和疼痛；持续通电时针刺感逐渐减弱，电流强度很大时才出现束缚感。

中频电流对周围感觉神经粗纤维的非痛性刺激可产生镇痛效应，其机制可能与闸门控制、皮质干扰、内源性啡样物质释放、局部血液循环改善等因素有关。

### （五）改善局部血液循环

MFE 可改善局部血液循环，增强组织营养，促进局部代谢，促使水肿消散与致痛、致炎物质的排出。

### （六）提高生物膜通透性

中频电流作用可提高局部组织细胞膜的通透性，扩大细胞间隙或组织间隙，从而促进物质代谢和有害物质的排出。同时，还具有较好的松解粘连、软化瘢痕等作用。



### (七) 低中频组合电流的生物学效应

(1) 调制中频电流、干扰电流、音乐电流等低频调制的中频电流，既克服了低频电流对皮肤刺激大、有电解作用等缺点，又保留了中频电流的优点。例如，阻抗低、作用电流强、作用深度大、电极下不发生电解反应、治疗时不需使用衬垫等。

(2) 患者更易于耐受较大电流强度、较长时间和疗程的低中频组合电流的治疗。低中频组合电流的波形、频率、幅度变化多样，在治疗过程中不易产生适应性。

(3) 调制后，如果低中频组合电流的脉冲组频率较低并且电流强度足够大时，仍然可以兴奋运动神经，引起较强烈的骨骼肌收缩以及内脏平滑肌的收缩。

(4) 整流后半波输出的电流，具有类似直流电的作用，可使电极下发生电解反应，可用于药物离子导入治疗（需要较厚衬垫保护皮肤）。

## 三、常用的 MFE

### (一) 等幅 MFE

1. 定义 采用频率为 1~20kHz 的等幅正弦电流治疗疾病的方法，称为等幅正弦中频电疗法，又称为等幅 MFE、音频电疗法 (audio-frequency current therapy)。应用最广泛的电流频率为 2 000~8 000Hz。

#### 2. 治疗作用

(1) 镇痛作用：6 000~8 000Hz 的等幅中频电流刺激时可应用较大的强度，常用于镇痛。

(2) 改善局部血液循环，消散慢性炎症、血肿、硬结等。

(3) 软化瘢痕及松解粘连：可使瘢痕颜色变淡、质地变软、缩小变平，并使粘连松解。

(4) 经过半波整流的等幅中频电流再与直流电叠加，可用于药物离子导入治疗。

#### 3. 治疗技术

(1) 设备：采用等幅中频电疗仪或有“音频电”处方的电脑中频电疗仪，能输出 2~10kHz 的等幅正弦电流。

(2) 操作：将电极和温水浸湿的衬垫对置或并置于治疗部位。电流强度以患者有麻、颤、刺感为宜，电流密度一般为 0.1~0.3mA/cm<sup>2</sup>。在治疗过程中，如果电极下的电刺激感觉减弱，可略微调大电流强度。治疗时间 20 分钟，每日 1 次，15~20 次为一个疗程，但治疗瘢痕、粘连时，疗程宜长。

#### 4. 临床应用

(1) 适应证：瘢痕、术后粘连、炎症后浸润硬化、血肿机化、狭窄性腱鞘炎、肌纤维组织炎、注射后硬结、肩关节周围炎、血栓性静脉炎、慢性盆腔炎、肠粘连、慢性咽喉炎、声带肥厚、关节炎、肱骨外上髁炎、神经炎、神经痛、带状疱疹后神经痛等。

(2) 禁忌证：恶性肿瘤、活动性结核、高热、急性炎症、出血倾向、置有心脏起搏器者、心区、孕妇下腹部等。



## (二) 调制中频电疗法

**1. 定义** 调制中频电疗法(modulated medium frequency current therapy, MMFCT) 又称脉冲中频电疗法、脉冲调制中频电疗法。调制中频电流的低频调制波频率多为1~150Hz, 常见的脉冲波形有正弦波、方波、三角波、梯形波等, 中频载波频率多为2 000~8 000Hz。

**2. 调制波分类** 调制中频电流因调制方式的不同, 调制波可分为以下四类(图 2-3)。

- (1) 连续调制波: 调幅波连续出现。
- (2) 间歇调制波: 调幅波与等幅波交替出现。
- (3) 断续调制波: 调幅波与断电交替出现, 断续出现调幅波。
- (4) 变频调制波: 两种不同频率的调幅波交替出现, 为频率交替变化的调幅波。

**3. 调制波的波形变化** 为了治疗的需要, 上述调制波还可进行一些调制处理, 常见的调制波波形变化如下。

(1) 半波输出: 各种调制波以正半波或负半波的形式输出(具有类似直流电的电解作用, 治疗时需要衬垫保护皮肤不受电解产物损害)。

(2) 调幅度: 各种调制波可有不同的调幅度, 当调幅度为0时, 即为等幅中频电流, 没有低频成分; 当调幅度逐渐增加时, 调制中频电流中的低频成分逐渐增大, 低频脉冲刺激作用也逐渐增强。

(3) 电脑中频电疗仪所输出的治疗处方中, 已预置了由不同种类、不同调幅度的调制波组合的多个处方, 适用于多种疾病的治疗, 操作简便快捷, 但是不可单独调节治疗参数。

**4. 治疗作用** 由于调制中频电流含有中频电与低频电两种成分, 电流的波形、幅度、频率和调制方式不断变换, 人体不易对其产生耐受性, 而且治疗作用也因此得到强化。如果调制波的正负半波对称输出, 则不产生电解作用, 对局部皮肤无酸碱产物刺激; 反之, 如果调制波的正负半波不对称, 则会产生电解产物, 需要衬垫保护。具体治疗作用如下。

- (1) 镇痛: 100Hz 的连续调制波、变频调制波有较好的镇痛作用。
- (2) 促进血液循环: 断续调制波、连续调制波改善局部血液循环作用较显著。
- (3) 促进淋巴回流: 间歇调制波与变频调制波促进淋巴回流作用明显。
- (4) 锻炼骨骼肌: 断续调制波可引起失神经支配的肌肉收缩, 可用于防止肌肉萎缩。
- (5) 提高平滑肌张力: 连续调制波、断续调制波可提高内脏平滑肌张力, 促进胃肠蠕动。
- (6) 消散炎症: 各种调制波均可促进慢性非化脓性炎症消散, 松解粘连, 软化瘢痕。

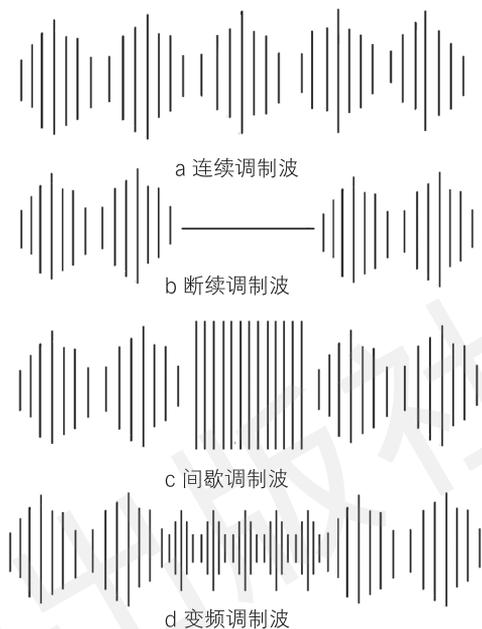


图 2-3 调制波



(7) 调节神经功能：调制中频电流作用于颈交感神经节可以改善大脑的血液循环，作用于脊髓下颈段、上胸段可以改善上肢及心脏的血液循环，作用于腰交感神经节可以改善下肢的血液循环。

### 5. 治疗技术

(1) 设备：采用调制中频电疗仪或者电脑中频治疗仪，后者应用微机与数控技术，内存了多个按不同需要编制的多步程序处方，操作简便。

(2) 操作：治疗时，根据患者病情需要，选取治疗部位与治疗参数。具体操作方法同前。

### 6. 临床应用

(1) 适应证：颈椎病、肩关节周围炎、骨性关节炎、肱骨外上髁炎、肌纤维组织炎、腱鞘炎、瘢痕、粘连、血肿机化、注射后硬结、坐骨神经痛、面神经炎、周围神经病、废用性肌萎缩、溃疡病、胃肠张力低下、慢性盆腔炎、弛缓性便秘、术后肠麻痹、尿潴留等。

(2) 禁忌证：与等幅中频电疗法相同。

## (三) 干扰电疗法

1. 定义及分类 干扰电疗法 (interferential current therapy, ICT) 是指应用干扰电流 (Interferential current, IFC) 治疗疾病的方法，又称交叉电流疗法 (图 2-4)。

采用两路或三路频率不同 (差频  $0\sim 100\text{Hz}$ ) 的正弦交流电流，交叉地输入人体，在体内交叉处形成干扰场；在干扰场中，按无线电学上的差拍原理“内生”出  $0\sim 100\text{Hz}$  的低频调制的中频电流，称为干扰电流，又称为交叉电流。

ICT 分为静态干扰电疗法、动态干扰电疗和立体干扰电疗法三种。

(1) 静态干扰电疗法：两路输出频率为  $4\ 000\text{Hz}$  与  $(4\ 000\pm 100)\text{Hz}$ ，即差频  $0\sim 100\text{Hz}$  的正弦交流电，分别通过两组电极交叉输入人体，在人体内的干扰场中“内生”出  $0\sim 100\text{Hz}$  的低频调制的中频电流。采用这种电流治疗疾病的方法，称为静态干扰电疗法 (static interferential current Therapy; SICT)。

(2) 动态干扰电疗法：动态干扰电流是使两路  $4\ 000\text{Hz}$ 、 $(4\ 000\pm 100)\text{Hz}$  电流的幅度被波宽为 6 秒的三角波所调制，使两路电流的输出强度发生周期为 6 秒的节律性的幅度变化，通过两组电极交叉作用于人体。动态干扰电流产生节律性动态变化，使人体不易产生适应性。利用动态干扰电流治疗疾病的方法称为动态干扰电疗法 (dynamic interferential current therapy, DICT)。

(3) 立体动态干扰电疗法：立体动态干扰电流是同时将三路  $5\ 000\text{Hz}$  的交流电叠加、交叉作用于人体，干扰电流受到三维、动态的调制而发生缓慢的幅度变化，可产生立体

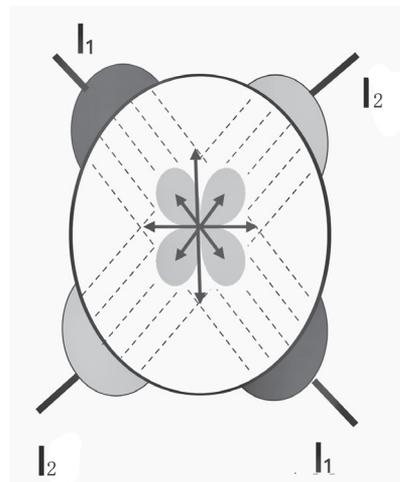


图 2-4 干扰电流示意图



的、多方位的动态刺激作用，并且作用更加均匀。利用立体动态干扰电流治疗疾病的方法称为立体动态干扰电疗法（stereo dynamic interferential current therapy, SDICT）。

**2. 治疗作用** ICT 最大的电场强度发生于电极之间的电流交叉处，而非电极下，因此作用部位较深，作用范围较大。两路或三路电流的差频可以调节，差频的变化可以避免人体产生适应性。不同的差频与相应频率的低频电流有相似的治疗作用，不同之处是 ICT 作用深度更大，治疗作用更强。

(1) 镇痛作用：干扰电流作用可抑制感觉神经的痛觉传导，可使痛阈升高，镇痛作用明显。100Hz 差频的镇痛作用最明显，90~100Hz、50~100Hz 差频也有较好的镇痛作用。

(2) 促进血液循环：干扰电流可使局部毛细血管与小动脉扩张，50~100Hz 差频可有效改善局部血液循环，加速炎性渗出物的吸收；25~50Hz 差频可引起骨骼肌不完全性或完全性强直收缩，通过肌肉收缩产生的泵作用，可有效地改善局部血液循环。

(3) 兴奋神经肌肉：干扰电流可在无痛情况下引起骨骼肌明显的收缩反应。25~50Hz 差频可引起骨骼肌不完全性或完全性强直收缩，常用于废用性肌萎缩的治疗。1~10Hz 差频可引起肉眼可见的骨骼肌单收缩，常用于失神经肌肉的治疗。

(4) 对内脏器官的作用：20~100Hz 差频的干扰电流作用较深，可改善内脏器官的血液循环，提高平滑肌张力，促进胃肠蠕动等。

(5) 对自主神经的作用：100Hz 差频的干扰电流作用于颈、腰交感神经节，可分别调节上肢、下肢血管的功能，改善肢体的血液循环。

(6) 加速骨折愈合：有文献报道 50~100Hz 差频的干扰电流可促进骨折愈合。

### 3. 治疗技术

(1) 设备。

①采用干扰电疗仪，或者有干扰电输出的电脑中频电疗仪、电疗工作站等设备。治疗仪通常配有片状电极，或负压电极（吸附式杯状电极）。

②治疗时，可选用片状电极或吸附式杯状电极。吸附式杯状电极除了具有导电作用外，可对患者治疗电极局部的组织产生按摩效应。但是，使用吸附式杯状电极也有不足之处，因为某些感觉功能减退或障碍的患者分辨不清是电流刺激的感觉还是吸附效应的感觉。治疗师需要先调节吸附的压力，然后再增加刺激电流的强度。个别皮肤敏感的患者在接受较强的干扰电治疗后，杯状吸附电极下会出现水疱或红斑。对伴有急性肿胀（如急性踝扭伤）的患者，应格外注意，吸力过强会加重局部肿胀；慢性期肿胀患者比较适合选用吸附式电极治疗。

(2) 操作：使两路或三路电流的电极交叉放置（使病变部位处于电流交叉的中心），按照患者病情需要，选择合适的电流差频，每次治疗可选用数种差频，每种差频治疗 5~10 分钟，每次治疗 20 分钟；电流强度以引起患者电极下局部麻颤感或出现明显的肌肉收缩为宜。使用负压吸附电极治疗时，电极下会同时产生规律性的抽吸按摩感，吸附的频率随负压的变化而波动。其余操作技术同前。

### 4. 临床应用

(1) 适应证：适用于各种肌肉骨骼性疼痛，如关节痛、肌肉或软组织痛、术后痛、



颈椎病、肩关节周围炎、关节炎、扭挫伤、肌纤维组织炎、坐骨神经痛、术后肠粘连、肠麻痹、弛缓性便秘、尿潴留、压迫性张力性尿失禁、胃下垂、失用性肌萎缩、雷诺病、骨折延迟愈合等的治疗。

(2) 禁忌证：植入心脏起搏器或内置刺激器、孕妇下腹部及腰骶部、急性化脓性感染、深静脉血栓形成、血液循环障碍、出血倾向、开放性伤口或皮肤破损、局部过敏或皮肤病、肿瘤等。禁止跨越身体中线的电极放置或用于距离心脏太近的治疗部位。皮肤感觉功能受损者或认知交流障碍者慎用。

### 【案例分析】

1. 患者最可能的诊断是腰4、5椎间盘突出症。需要与肌筋膜炎、腰椎管狭窄症、梨状肌综合征、结核、肿瘤等鉴别。

2. 治疗方案包括：急性期可卧床休息、佩带腰围、药物治疗，可以进行无热量的高频电疗及腰椎牵引治疗，好转后，可循序渐进地进行核心稳定性训练或相关肌群的肌力增强训练等。

3. 如果选用干扰电疗法治疗，电极的放置方法是使两路或三路电流的电极交叉放置，使病变部位处于电流交叉的中心。

## ■ 任务四 直流电疗法

### 案例导入

#### 案 例

患者，男，50岁，工人。车祸致右股骨干骨折，在骨外科行“股骨骨折小切口复位+交锁髓内针固定术”，术后2个月因“右膝关节活动受限”就诊。查体：神清，一般情况可，右大腿肿胀，右大腿外侧可见15cm左右手术瘢痕，右膝关节内侧可见5cm手术瘢痕，触之硬且难以推动。右膝关节活动度 $0^{\circ}\sim 10^{\circ}$ ，四肢肌力、肌张力正常，感觉无减退。

#### 思 考

1. 该患者功能障碍的原因是什么？
2. 针对该患者的主要功能障碍，临床主要有哪些治疗方法？
3. 如进行直流电离子导入疗法，可选择哪些药物？如何操作？



## 一、直流电疗法概述

直流电疗法 (galvanization) 是传统物理治疗方法之一。在临床应用中, 因直流电药物离子导入疗法具有药物和直流电的双重作用, 使用更为广泛, 而单独运用直流电治疗较少。但近年来, 随着直流电在改变中枢神经系统兴奋性、促进骨的再生修复方面具有明确的疗效, 又重新在临床上被重视。

### (一) 定义

临床上将应用方向不变、强度也不随时间改变而改变的电流, 作用于人体一定部位来治疗疾病的方法称为直流电疗法。通常是应用的低电压 ( $<100\text{V}$ )、小强度 ( $50\sim 100\text{mA}$ ) 的稳恒直流电作用于机体, 引发一系列的生物理化效应, 改善病理生理过程, 从而达到治疗疾病的作用。

### (二) 物理特性

**1. 人体产生生物理化效应的基础** 人体内各种体液是组织细胞进行各种代谢和功能活动的内在环境, 体液中含有各种电解质。体液中的电解质对维持细胞内外液的容量和渗透、酸碱平衡、神经肌肉兴奋性等具有重要作用, 而一些微量元素是许多酶的激活剂。体液中的阳离子主要有  $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  等, 而阴离子主要有  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{HPO}_4^{3-}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、有机酸离子和蛋白质等, 所以人体体液是电解质溶液, 人体组织是电解质导体, 能够导电。当直流电作用于人体组织时, 两电极间存在着稳定的电势差, 组织内各种离子、胶体微粒和水分子向一定方向迁移, 产生电解、电泳和电渗等一系列生物理化效应。

**2. 电解及电解产物** 直流电通过电解质溶液时, 溶液中的离子发生迁移, 在阴阳两侧电极发生氧化-还原反应, 得到或失去电子, 形成新的化学产物, 这个过程称为电解。其中, 和溶剂发生化学反应的过程是与直流电疗法有密切关系的电解。下面以经典的氯化钠溶液电解实验了解其电解过程。

在氯化钠溶液两侧接入电极, 通以低压直流电,  $\text{Na}^+$  向阴极移动, 从阴极上得到电子成为钠原子, 钠原子再与水发生反应生成氢氧化钠, 同时释放出氢气;  $\text{Cl}^-$  向阳极移动, 并在阳极上放出电子而变成氯原子, 新生的氯原子与水发生化学反应, 形成盐酸并释放出氧气。结果在阴极下产生碱性化学物质, 在阳极下产生酸性化学物质。

非侵入性直流电治疗时, 由于皮肤属于不良导体, 不可能传递电子, 在两个电极板间出现电子得失、产生气泡现象, 但两侧仍会存在酸碱变化, 产生化学性烧伤。在临床操作中, 电极下必须放置足够厚的衬垫来吸附和缓冲可能的电解产物, 以减小对皮肤的刺激。

**3. 离子的水化** 电解质溶液中, 离子均以水化离子形式存在。在接近第一层的水分子, 由于离子和水偶极子强大电场作用, 两者结合牢固并强烈定向, 定向排列在离子周围的这层

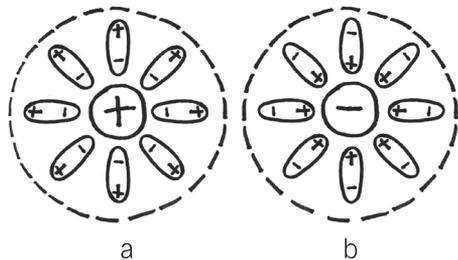


图 2-5 离子的水化膜



水分子就是该离子的水化膜。离子的水化膜厚度与该离子的化合价、原子量成正比：即离子的化合价越高，原子量越大，水化膜的厚度就越厚（图 2-5）。

同一直流电场中，离子的移动速度与该离子的有效半径成反比，离子的有效半径和其水化膜的厚薄有关，即水化膜越厚，离子的移动速度越慢。在  $K^+$ 、 $Na^+$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$  四种离子中， $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$  周围的水化膜比  $K^+$ 、 $Na^+$  的厚，那么  $K^+$ 、 $Na^+$  的移动速度比  $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$  的快，所以直流电阴极下  $K^+$ 、 $Na^+$  相对较多，而阳极下  $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$  相对较多。

**4. 电泳和电渗** 蛋白质为两性电解质。在碱性溶液中，蛋白质的羧基离解出氢离子而带负电荷呈酸性；在酸性溶液中，蛋白质的氨基结合氢离子而带正电荷呈碱性。正常情况下，人体的血液、淋巴液和脑脊液等体液为弱碱性，蛋白质表面带负电荷；带正电荷的离子被蛋白质表面的负电荷吸引，形成一种独特的电荷分布：蛋白质表面的负电荷和其所吸引的少数正电荷离子构成吸附层，吸附层四周的正电荷离子构成扩散层。吸附层虽有少数正电荷，但仍以负电荷居多，因此带负电；扩散层则为正电荷组成。这两层间产生一定的电位，称为 Zeta 电位。直流电作用于人体时，蛋白粒子及其吸附层向阳极移动，称为电泳；扩散层正离子连同其水化膜向阴极移动则为电渗。由于蛋白胶体的移动影响了蛋白的分布和密度；同时，由于电渗，将使阴极下的水分相对增多，而阳极下则相对脱水，这些将对生理活动产生影响。

## 二、直流电疗法的作用机制及治疗作用

### （一）单纯直流电疗法

#### 1. 作用机制

（1）酸碱度改变：在直流电作用下， $K^+$ 、 $Na^+$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$  等向阴极移动，而许多酸根和有机酸向阳极移动；同时由于阴极下产生碱性电解产物而阳极下产生酸性电解产物，所以在阴极下碱性升高，而阳极部位酸性升高。当两极下的酸碱电解产物蓄积到很高浓度时，可以破坏组织而引起烧伤。

（2）组织含水量变化：在直流电作用下，由于发生电泳和电渗，阴极下水分子增加，蛋白质吸收水分而分散、膨胀和变得松软；而阳极下组织水分减少，蛋白质分散度降低，组织较干燥致密，可用于消除水肿。

（3）细胞膜通透性变化：细胞膜通透性与膜上运输离子的载体蛋白、通道蛋白等有关。在直流电作用下，阳极由于脱水，偏酸性，膜蛋白表面的电性和蛋白间的静电力减弱或消失，蛋白质分散度降低，易于聚集凝结，而且阳极下  $Ca^{2+}$  浓度相对增高，细胞膜变得较致密，因此，阳极使细胞膜通透性降低，物质经膜交换减慢。阴极组织含水量增加，偏碱性，偏离蛋白质的等电点，蛋白质分子分散度升高，而且阴极下  $K^+$  浓度相对升高，细胞膜变疏松，通透性升高，物质经膜交换增快，加速了病理产物的排出。

（4）组织兴奋性变化：神经肌肉的兴奋性与组织发生反应时，与所受刺激的强度（即阈刺激）有关，阈值越小，兴奋性越强；相反，阈值越大，兴奋性越低。通常情况下，细胞安静时膜两侧内负外正的状态称为膜的极化状态。当膜电位向膜内负值增大方向变化时，称为超极化；相反，膜电位向膜内负值减小方向变化，称为去极化。在直流电的



作用下，体液中  $K^+$ 、 $Na^+$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$  都向阴极方向移动，由于  $K^+$  和  $Na^+$  的水化膜较薄，移动速度较快，所以在阴极下  $K^+$  和  $Na^+$  的浓度相对升高，以及阴极下碱性升高， $H^+$  浓度较低；而阳极下的  $Ca^{2+}$  和  $Mg^{2+}$  的浓度相对增加， $H^+$  浓度较高。结果，导致细胞膜两侧原有的膜电位的水平改变（改变膜的极化状态）。阴极使膜的两侧产生一个外负内正的电位差，这个电位差将使膜两侧原有的外正内负的膜电位的数值减少，使膜处于一种低极化状态，因而应激性升高；而阳极下，由于在膜的两侧产生一个外正内负的电位差，和膜两侧原有的电位差同方向，膜电位增高，处于一种超极化状态，因而应激性降低。

## 2. 治疗作用

(1) 促进局部血液循环、增强组织代谢：直流电促进局部小血管扩张，改善血液循环，加强组织的营养，促进新陈代谢，加速代谢产物的排除；因而直流电有促进炎症消散，提高组织新陈代谢，促进组织再生过程等作用。另一方面，直流电刺激皮肤或黏膜的感觉神经末梢，通过轴索反射和节段反射而引起深部脏器组织小血管扩张。此外，直流电的作用影响蛋白质的稳定性，使微量蛋白质变性分解而产生一些分解产物，也有扩张血管的作用。

(2) 对神经系统的影响：直流电对神经系统的作用表现为多方面，主要表现在镇静和兴奋作用上，一般来说，当通过弱或中等强度的直流电时，阳极下神经兴奋性降低而阴极下兴奋性升高，当电流增大或通电时间延长时，阴极下会由兴奋性升高转向降低。

如脊髓部位通以下行电流（阳极置于脊髓上端，阴极置于骶尾部）具有抑制作用，可以使舞蹈病患者的抽搐及无意识动作迅速消失；而上行电流（阳极置于骶尾部，阴极置于脊髓上端）具有兴奋作用，可以使抽搐再现甚至加强自发运动；下行电流还有降低肌张力、升高血压等，而上行电流具有增高肌张力、降低血压等作用。在临床应用中，用下行电流或阳极为主电极来达到镇静催眠、镇痛和缓解痉挛等目的；而用上行电流或以阴极为主电极来治疗器官功能低下、神经麻痹和知觉障碍等疾病。

(3) 对骨骼肌肉的影响：稳恒直流电在断续刺激神经干或骨骼肌时，离子的浓度发生急剧变化，在直流电通断瞬间可引起神经肌肉的兴奋而出现肌肉收缩反应，可用于治疗神经传导功能失常和防治肌肉萎缩。另外，根据直流电的极性、电流强度等参数的变化可引起运动神经肌肉组织不同的反应，临床上用直流电来对神经、肌肉组织的疾病进行诊断。将直流电阴极直接插入骨不连接处，阳极电极置于附近的皮肤上，可明显改善骨折部位的组织代谢，促进骨折愈合。

(4) 其他作用：直流电还可以促进静脉血栓溶解、软化瘢痕，通过改变电极下组织的理化效应改变肿瘤组织的微环境，杀死肿瘤细胞。

## (二) 直流电药物离子导入疗法

### 1. 作用机制

(1) 直流电药物离子导入原理：直流电药物离子导入是利用直流电场下带电离子的定向迁移及同性电荷相斥、异性电荷相吸的特性，使无机盐或有机化合物的药物离子、带电的胶体微粒进入人体。在恒稳电流中，药物溶液解离成离子或带电的胶体微粒，阴



极下带负电荷的药物离子或阳极下带正电荷的药物离子向异性电极定向迁移，透过皮肤表面汗腺和皮脂腺、毛孔等的孔道进入人体。下面以肾上腺素组胺导入试验(图 2-6)来了解其原理。

取两个小电极(A 电极、H 电极)放置在右前臂屈侧，一个大电极放置在右前臂伸侧，A 电极衬垫用 0.01% 的盐酸肾上腺素液浸湿，H 电极用 0.01% 的磷酸组胺液浸湿，两电极都接直流电的阳极。右前臂伸侧的电极衬垫用盐酸肾上腺素液或磷酸组胺液浸湿，连阴极，通电 10 分钟后，取下电极观察局部皮肤，A 电极下皮肤出现苍白斑点，表示肾上腺素已进入体内；H 电极下皮肤明显充血、水肿、出现荨麻疹，证明组胺已进入人体；右前臂伸侧电极下皮肤则无明显反应，提示药物没有进入皮肤。

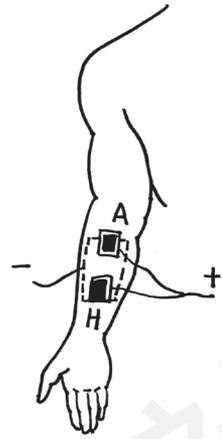


图 2-6 肾上腺素组胺导入试验

通过以上试验可以分析直流电药物离子导入具有以下特点：  
①根据电学中“同性电荷相斥，异性电荷相吸”的原理利用直流电能将药物离子经完整皮肤导入到体内；  
②导入到体内的药物能保持原有的药理性质；  
③阳离子只能从阳极导入，阴离子只能从阴极导入。

(2) 药物离子导入的途径和分布：由于人体皮肤表面有大量的毛孔、皮肤腺和汗腺导管的开口。药物离子通过直流电导入体内的主要通道是皮肤汗腺导管的排泄孔。在皮肤内形成离子堆，一部分药物离子经汗腺管口进入皮肤后，较长时间的存留于皮肤表层，形成所谓“皮肤离子堆”，然后逐渐进入血流。不同种类的药物离子在皮肤内存留的时间不同，可短至数小时，长达数十天，一部分与局部组织发生化学反应，达到治疗作用；另一部分进入淋巴液和血液循环，对远处的器官或全身发挥作用，如碘离子主要停留在甲状腺，磷离子大部分存留于中枢神经系统和骨骼中。

(3) 影响药物离子导入的因素：药物离子导入数量与直流电的电流强度和作用时间、溶液的浓度和纯度、治疗部位的导电性、溶剂的特性和药物离子的直径等多种因素有关。因此，一定范围内，通电时间越长，电流强度越大，药物离子导入数量就越多；溶液的浓度越高，导入的药量越多；但电流强度增加到一定值，如通电时间超过 30 分钟时，药物的导入量不再随之增加。人体不同部位对同一种药物所导入的数量也有所不同，其中以躯干导入的最多，上肢次之，下肢特别是小腿最少。另外，在直流电药物离子导入前进行红外线、超短波等温热治疗，或同时进行超声波治疗，可有效增加离子的导入量。

## 2. 治疗作用

(1) 既具有直流电的治疗作用，又具有导入药物治疗作用的特点：两者作用相互加强，其治疗效果优于两者单独治疗。

(2) 神经反射治疗作用：直流电药物导入疗法可引起神经反射性的治疗作用。在进行直流电药物导入治疗时，将治疗电极放置在身体某些部位，当直流电引起组织内理化性质变化以及药物在表层形成“皮肤离子堆”，刺激周围的内外感受器，通过反射途径



引起机体其他部位及功能的反应。特别是电极放置在某些神经分布节区，通过感觉—植物神经节段反射机制而影响相应节段的内脏器官和血管的功能。

### 三、直流电疗法的治疗技术

#### (一) 设备

1. **直流电疗机** 通过变压器、晶体二极管、滤波电路将电源电压降至 100V 以下，能输出 0~100mA 的恒流直流电；输出插口应标明 (+)、(-) 极性，有的仪器设有极性转换开关和电流量程分流器。

2. **电极板** 普通电极多采用 0.3cm 厚的导电橡胶板或 0.10~0.15cm 厚的铅板制成面积不同的矩形和圆形电极；另外根据不同部位，可采用眼杯电极或阴道和直肠电极，一般采用碳棒电极；电水浴法可采用陶瓷或塑料盆（盆壁插以碳棒电极或铅电极）。

3. **衬垫** 多采用吸水良好的纯棉绒布制成衬垫套，接触治疗部位的一面厚度要求达到 1cm，衬垫的四边长度要比电极板长 1cm 左右。

#### (二) 常规操作方法

1. **确定主副电极** 进行直流电治疗时，因为电极极性、电流强度强弱、面积大小和电极位置不同而获得的疗效不同，所以需要根据治疗的目的不同而选用阳极或阴极作用于治疗部位发挥作用，则这个电极称为主电极；而另一电极仅作为电流的通路，这个电极称为副电极。副电极可酌情安放在远离治疗部位的项背部、腰骶部等平坦且电阻较小的皮肤上。为了增强主电极的治疗作用，一般使用面积较小的电极板作为主电极。

2. **选择并配制导入药物** 进行药物离子导入治疗前，首先要明确药物的有效成分和极性，根据“同性电荷相斥，异性电荷相吸”的原理，选择同性电极。选择导入用药时应当从以下几个方面综合考虑：①药物适用范围、效果明确；②拟导入药物的有效成分的极性必须明确；③药物有效成分单一，不宜同时采用几种药物联合应用；④易溶于水，易于电离、电解。将配制完成药物浸入纱布或纸巾待用。临床上直流电离子导入疗法常用药物的理化特点、主要治疗作用和适应证，如表 2-1 所示。

表 2-1 直流电离子导入常用药物表

导入物质	极性	药物名称	浓度	主要作用	主要适应证
钙	+	氯化钙	3%~5%	保持神经、肌肉的正常反应性，降低细胞膜通透性，消炎收敛	神经炎，神经根炎，局限性血管神经性水肿，神经官能症，功能性子宫出血，过敏性结肠炎
镁	+	硫酸镁	3%~5%	降低平滑肌痉挛，舒张血管降低血压，利胆	高血压病，冠心病，肝炎，胆囊炎
锌	+	硫酸锌	0.25%~2%	降低交感神经兴奋性，收敛杀菌，改善组织营养，促进肉芽生长	溃疡病，慢性胃炎，创面，过敏性鼻炎



续表

导入物质	极性	药物名称	浓度	主要作用	主要适应证
钾	+	氯化钾	3%~5%	提高神经、肌肉组织兴奋性	周围神经炎, 周期性麻痹
碘	-	碘化钾	1%~5%	软化疤痕, 松解粘连, 促进慢性炎症吸收	疤痕增生, 术后粘连, 神经根炎, 蛛网膜炎, 角膜浊浑, 视网膜炎
溴	-	溴化钾	3%~5%	增强大脑皮质的抑制过程	高血压病, 神经官能症, 失眠, 脑外伤后遗症, 溃疡病
硫	-	亚硫酸钠	3%~5%	促进慢性炎症吸收, 利胆	慢性关节炎, 盆腔炎, 肝炎, 胆囊炎
枸橼酸	-	枸橼酸钠	1%~5%	抗凝剂	类风湿关节炎之关节肿胀
阿司匹林	-	阿司匹林	2%~10%	解热, 镇痛, 抗风湿	风湿关节炎, 神经炎, 神经痛, 肌炎, 肌痛
组胺	+	盐酸组胺	0.01%~0.02%	使微循环舒张, 通透性增高	静脉炎, 血栓闭塞性脉管炎, 扭伤
苯海拉明	+	盐酸苯海拉明	1%~2%	抗组胺, 抗过敏	过敏性鼻炎, 局限性血管神经性水肿, 皮肤瘙痒症
普鲁卡因	+	盐酸普鲁卡因	1%~5%	局部麻醉, 降低组织兴奋性	各种疼痛(用于镇痛时加入适量肾上腺素) 溃疡病, 高血压, 脑血肿, 脑外伤后遗症
氯丙嗪	+	盐酸氯丙嗪	1%~2%	安定, 降血压	神经官能症, 高血压症, 皮肤瘙痒症
新斯的明(普罗色林)	+	溴化新斯的明	0.02%~0.1%	缩瞳, 加强胃肠道、膀胱平滑肌张力和蠕动	青光眼, 尿潴留, 肠麻痹, 重症肌无力, 面神经麻痹
加兰他敏	+	氢溴酸加兰他敏	0.05%~0.2%	使平滑肌收缩、横纹肌兴奋	面神经麻痹, 脊髓灰质炎后遗症, 脊神经根炎
阿托品	+	硫酸阿托品	0.02%~0.1%	散瞳, 缓解平滑肌及微血管痉挛, 抑制汗腺、唾液腺分泌	虹膜炎, 虹膜睫状体炎, 胃肠道痉挛, 多汗症
肾上腺素	+	盐酸肾上腺素	0.01%~0.02%	使皮肤、腹腔内脏血管收缩, 骨骼肌、心肌血管舒张, 支气管平滑肌松弛, 抗过敏	支气管哮喘, 过敏性鼻炎
麻黄碱	+	盐酸麻黄碱	1%~2%	使皮肤、腹腔内脏血管收缩, 支气管平滑肌松弛	支气管哮喘, 过敏性鼻炎
青霉素	-	青霉素钠盐	10 000~20 000 U/mL	对革兰氏阳性菌, 阴性球菌有抑制杀菌作用	浅部组织感染
庆大霉素	+	硫酸庆大霉素	2 000~4 000 U/mL	对绿脓杆菌, 大肠杆菌, 金黄色葡萄球菌有抗菌作用	浅部组织感染



续表

导入物质	极性	药物名称	浓度	主要作用	主要适应证
维生素 B <sub>1</sub>	+	盐酸硫胺	1%~2%	参加体内糖代谢过程, 维持神经、消化系统正常功能	多发神经炎, 周围神经损伤, 溃疡病
维生素 B <sub>12</sub>	+	V-B <sub>12</sub>	50~100μg/mL	抗恶性贫血, 神经炎, 肝炎	神经炎, 神经痛
维生素 C	-	抗坏血酸	2%~5%	与结缔组织形成有关, 促进伤口愈合, 增强抵抗力	角膜炎, 冠心病, 创面
肝素	-	肝素	5 000U	抗血凝	冠心病、浅血栓静脉炎
透明质酸酶	+	透明质酸酶	50~100U	提高组织通透性, 促进渗出液吸收	局部外伤肿胀, 血肿, 注射后吸收不良, 疤痕, 硬皮症
氯化考的松	+	氯化考的松	10~20mg/次	抗炎, 脱敏	类风湿关节炎, 变态反应性疾病
促皮质素	+	水溶性促皮质素	10~15U/次	刺激肾上腺素皮质激素制造及释放皮质激素	类风湿关节炎, 变态反应性疾病
大蒜	+	大蒜原液	1%~5%	对革兰氏阳性及阴性菌有抑制作用	痢疾, 前列腺炎
草乌	+	草乌总生物碱	0.1%~0.8%	消炎, 镇痛	关节痛, 神经痛
延胡索	+	延胡索乙素硫酸盐	30~40mg/次	镇痛, 镇静	胃肠道及肝胆系统疾病的疼痛, 脑外伤后遗症
川芎	-	川芎煎剂	30%	扩张血管	高血压病, 冠心病, 脑动脉供血不足

**3. 电极放置方法** 暴露治疗所需部位, 治疗部位的皮肤如有破损, 用绝缘胶布遮盖。可以选择使用绒布衬垫金属板电极、橡胶电极等, 先将药物浸湿的大小合适的纱布放置于主电极衬垫上, 再紧紧放置于治疗部位, 将辅助电极与主电极对置或者并置于适当的部位。①对置法: 一个电极置于病灶一侧, 另一电极置于对侧; 适合局部和较深的疾病。②并置法: 两个电极均放置在身体同侧; 适合面积较大, 或周围神经、肌肉的疾病。检查电极导线与治疗输出口的极性是否与治疗要求相符。

#### 4. 操作步骤

- (1) 核对治疗处方, 确认有无禁忌证, 向患者交待注意事项。
- (2) 患者取合适治疗体位, 暴露治疗所需部位, 检查治疗部位皮肤是否完整。
- (3) 根据治疗要求, 确认主、副电极, 将电极板放入合适温度、湿度的衬垫内备用。
- (4) 检查治疗仪的旋钮是否归于起始位, 极性转换开关和导线连接极性是否正确。
- (5) 依照治疗处方选择合理放置电极, 如需导入药物, 则将药物浸湿的大小合适的纱布放置于主电极衬垫上, 再紧紧放置于治疗部位, 用固定带或沙袋固定; 再次确认极性后, 缓慢旋转旋钮, 调节电流, 使电流表指针平稳上升, 并注意询问患者感觉; 如果



采用电水浴法，则需要将手、足浸入治疗盆中，保持稳定不动。另一个辅极置于肢体近端或颈背、腰骶部，然后调节电流输出。

(6) 通常衬垫法治疗成人的电流密度为  $0.03\sim 0.1\text{mA}/\text{cm}^2$ ，儿童为  $0.02\sim 0.08\text{mA}/\text{cm}^2$ ；电水浴法单个肢体采用  $10\sim 15\text{mA}$  电流，两个肢体采用  $15\sim 20\text{mA}$  电流，四个肢体采用  $25\sim 40\text{mA}$  电流。

(7) 治疗结束：治疗结束时缓慢将旋钮旋回到起始位，取下电极；检查皮肤情况，关闭电源。

### (三) 特殊的电极治疗方法

在临床治疗中，还需要根据不同部位的特殊性和治疗要求，采用一些特殊电极进行特定部位的治疗。

#### 1. 衬垫法常用的治疗方法举例

(1) 眼—枕法：先向眼内滴入药液，将两  $3\times 4\text{cm}^2$  椭圆形电极置于闭合的两眼上，用分叉线连接作为主电极，另一极取  $6\times 10\text{cm}^2$  的电极置于枕项部位，作为副电极，电流强度为  $2\sim 5\text{mA}$ 。此方法适用于眼科疾病的治疗（图 2-7）。

(2) 额—枕法：取一个  $5\times 10\text{cm}^2$  的电极置于额部作为主电极，另一个  $7\times 10\text{cm}^2$  的电极置于枕部作为副电极，电流强度  $3\sim 6\text{mA}$ 。此方法适用于脑血管病变、神经衰弱等疾病的治疗（图 2-8）。

(3) 面部治疗法：取一个 E 形电极置于患侧面部作为主电极，另一个  $150\sim 200\text{cm}^2$  电极置于对侧上臂或肩胛间区作为副电极，电流强度为  $8\sim 15\text{mA}$ 。此方法适用于三叉神经痛和面神经麻痹等疾病的治疗（图 2-9）。



图 2-7 眼—枕法



图 2-8 额—枕法



图 2-9 面部治疗法

(4) 心前区治疗法：取两个  $10\times 15\text{cm}^2$  的电极分别置于心前区及左背部，电流强度为  $0.2\text{mA}$ 。此方法适用于冠心病等疾病的治疗（图 2-10）。

(5) 乳腺区反射治疗法：取两个直径  $12\text{cm}$  的圆形电极（中央有一圆孔使乳头露出）置于两侧乳房区，用分叉导线连一极作为主电极，另一极取  $250\sim 300\text{cm}^2$  的电极置于肩胛间区或耻骨联合上作为副电极，电流强度为  $8\sim 12\text{mA}$ 。此方法适用于乳腺炎、月经不调和痛经等妇科疾病的治疗（图 2-11）。

(6) 颌区反射治疗法：一个  $1000\text{cm}^2$  披肩式电极置于颌区，另一个电极  $400\text{cm}^2$  置于腰骶部。从  $6\text{mA}$ 、6 分钟的治疗量开始，每隔一日增加  $2\text{mA}$ 、2 分钟，至  $16\text{mA}$ 、16 分钟为止。每日一次， $12\sim 16$  次为一个疗程。此方法适用于血管性头痛、神经衰弱、哮喘



和高血压等疾病的治疗（图 2-12）。

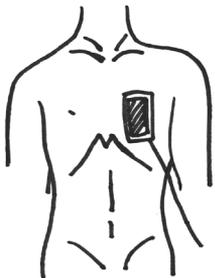


图 2-10 胸前区治疗法

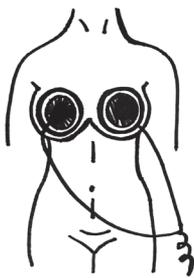


图 2-11 乳腺区反射治疗法



图 2-12 颈区反射治疗法

**2. 电水浴法** 治疗时将治疗部位浸入水槽内水面以下，主电极接水槽内的电极（一般用碳棒或铅板），副电极置于身体相应部位。常用的治疗方法包括全身水浴法、四槽直流电水浴、双槽浴和单槽浴等。此方法适用于全身和手、足等凹凸不平部位的治疗。

**3. 体腔法** 将用药浸湿的棉条塞入（耳道、鼻腔）或有特制的体腔电极插入（阴道、直肠）治疗部位作为主电极。副电极置于邻近部位上。常用的方法包括耳道药物离子导入法、鼻黏膜离子导入疗法、直肠前列腺离子导入法、阴道离子导入法等。

**4. 体内电泳法** 先将药物以不同的方式（如口服、注射、灌肠、导尿管导入等）输入体内，然后在体表相应部位放置电极进行治疗。在直流电的作用下，体内药物离子朝一定方向移动，在治疗部位可以聚集较高浓度的药物，发挥疗效。常用的方法包括胃内离子导入法、膀胱内离子导入法、直肠离子导入法等。

**5. 创面离子导入法** 治疗时，先将创面进行清创处理，然后用抗菌素或其他药物浸湿的无菌纱布敷于创面或填入窦道内，再将电极衬垫紧密贴敷于创面作为主电极；副电极置于创面对侧。创面离子导入法可使药物在创面内的浓度增高，并能达到较深层组织，或者创面表面形成变性蛋白膜保护伤口，具有药物和直流电的协同作用。

**6. 穴位导入法** 将直径 2~3cm 的圆形电极放置在穴位上作为主电极，副电极放在颈部或腰骶等部位。

## 四、直流电疗法的临床应用

### （一）适应证

直流电与直流电药物离子导入疗法适用于周围神经炎、神经根炎、神经损伤、神经症、自主神经功能紊乱、高血压病、慢性关节炎、慢性炎症浸润、慢性溃疡、血栓性静脉炎、雷诺病、瘢痕、粘连、颞下颌关节功能紊乱、慢性盆腔炎等。

### （二）禁忌证

恶性肿瘤（局部直流电化学疗法除外）、高热、昏迷、活动性出血、妊娠、急性化脓性炎症、急性湿疹、局部皮肤破损、置有心脏起搏器者、对直流电过敏者、对拟导入的药物过敏者。



### (三) 注意事项

(1) 治疗前要仔细核对患者的治疗方式、部位、剂量，有无禁忌证；检查仪器是否处于完好状态，旋钮是否归零，确认导线极性。

(2) 治疗部位皮肤如有破损时，应以胶布或绝缘布隔离；如毛发过多，宜用温水浸湿或剃除。

(3) 放置电极板时，衬垫应用合适水温浸湿；两电极之间宜保持一定距离，严禁相互接触，做好绝缘防漏电；治疗部位凹凸不平时，应使电极板紧密接触皮肤或加厚衬垫；检查电极板是否裸露于衬垫外，或衬垫是否有破损，防止发生烧灼伤。

(4) 做离子导入疗法时，要了解常用药物的物理和化学特性（如抗生素、酶类等药物易被电解产物所破坏），治疗时需采用非极化电极（由内向外分别为药液浸湿的纱布、浸水衬垫、缓冲液浸湿的滤纸、浸水衬垫和电极板）。

(5) 用药物导入治疗时，要检查药物是否在有效期，观察有无质量变化；了解患者有无过敏史，必要时做过敏试验。

(6) 开始治疗调节电流输出时，旋转旋钮必须缓慢，使电流表指针恒速上升；禁止骤升骤降。常规治疗时先调节电流强度到所需治疗量的一半，观察患者反应，待患者适应后，再增加到治疗量。

(7) 治疗中，治疗师应经常巡视电流表指针是否平稳、是否在所调节的电流强度上，注意观察患者的表情、询问患者感觉，随时增补或减小电流。如患者感觉电极下有局限性疼痛或烧灼感，应立即调节电流至“0”位、中断治疗进行检查（电流强度是否过大，电极衬垫是否滑脱，导线夹是否直接接触皮肤等），局部皮肤若有烧伤，则应该停止治疗，予以妥善处理；如无烧伤，对不符合要求的情况予以纠正后继续治疗。

(8) 行电水浴治疗时，盆槽绝缘性能良好，不接地，不得与下水道直接相通。禁止在患者进入盆槽前打开电源。多槽浴时各槽内的水量应一致；治疗中，患者肢体不得离开水面，不得触摸电极，不得向盆槽内增加或减少浴水；结束时，必须在患者出盆槽前关闭电源。

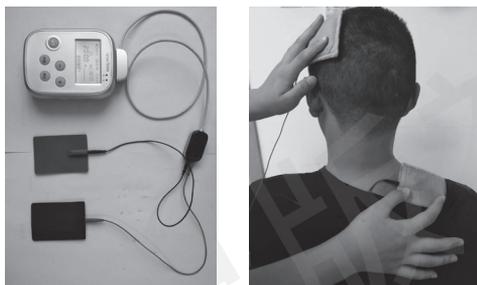
(9) 患者不得触摸治疗仪或其他金属物，不得任意挪动体位，以免电极衬垫位置移动而影响疗效或者电极脱落直接接触皮肤而引起烧伤。

(10) 治疗结束后，应及时清洗电极板、衬垫，并煮沸消毒。



### 经颅直流电刺激

经颅直流电刺激 (transcranial direct current stimulation, tDCS) 是一种利用恒定、低强度直流电 (1~2mA) 非侵袭性调节大脑皮质神经元活动的一种治疗方法 (图 2-13)。刺激效果具有直流电的极性特点, 阳极刺激使皮质兴奋性提高, 而阴极刺激降低皮质的兴奋性, 刺激结束后的效应取决于刺激的强度和刺激持续的时间。临床上采用的治疗电流密度为  $0.05\text{mA}/\text{cm}^2$ , 电极板大小为  $5 \times 7\text{cm}^2$ , 刺激持续时间在 30 分钟以内。大量的实验证明, tDCS 可以改变大脑皮质神经元的活动及兴奋性而诱发脑功能的代谢水平的变化。刺激大脑的不同部位可有效地改善患者功能, 常用于昏迷状态、运动功能障碍、吞咽和言语功能障碍等的治疗 (图 2-13a、图 2-13b)。



a 经颅直流电疗法设备      b 电极放置方法

图 2-13 经颅直流电刺激

【知识链接】



...

### 【案例分析】

1. 患者主要的功能障碍是膝关节活动受限, 主要原因是患侧大腿及膝关节部位软组织瘢痕限制了组织的柔韧性和延展性。
2. 患者病史 2 个月, 目前瘢痕组织处于重塑期, 临床主要可采用直流电离子导入疗法、超声波、音频疗法、蜡疗等, 以软化瘢痕、消除肿胀, 可采用关节松动训练及肌力训练改善关节活动范围和关节的稳定性。
3. 如进行直流电离子导入疗法, 可选择 1%~5% 碘化钾溶液, 从阴极导入。



## ■ 任务五 高频电疗法

### 案例导入

#### 案 例

患者，女，42岁，因“右踝关节扭伤1天”就诊，患者自诉昨天早晨下楼梯时不慎扭伤踝关节，并逐渐肿胀，行走困难。查体：一般情况可，右踝关节局部肿胀、压痛明显，关节活动受限，纵轴挤压试验阴性。右踝X线片检查未见骨、关节异常。

#### 思 考

1. 该患者应首选哪种物理因子治疗？
2. 治疗时剂量、时间怎么选择，如何进行治疗？

### 一、高频电疗法概述

1892年，法国人达松伐(d'Arsonval)开始对高频率交流电的生理作用及治疗效果进行研究，发明了共鸣火花电疗法。此后至20世纪上半叶，相继出现了中波疗法、短波疗法、超短波疗法、微波疗法。目前应用较为广泛的是短波疗法、超短波疗法、微波疗法。高频电疗法所具有的热效应、非热效应已被临床广泛地应用。

#### (一) 定义

临床上应用频率 $>100\text{kHz}$ 的交流电作用于人体以治疗疾病的方法称为高频电疗法。

#### (二) 物理特性及生物物理效应

1. 具有电磁波的特性 由于变化的交流电都会在它周围的空间产生磁场，而变化的磁场都会在它周围的空间产生电场，因此高频率的交变电流电场和磁场共同存在，相互转变，并越来越广地向空间传播，使整个空间同时充满着不均匀的、变化的电场和磁场，这样变化的电场和磁场成为永远不可分割的整体，这就是电磁场。高频率的交变电流能够产生足够强的电磁场。

#### 2. 高频电作用特点

(1) 对神经肌肉无兴奋作用：刺激人体组织的脉冲电持续时间必须 $>0.01$ 毫秒，才能引起神经、肌肉兴奋，而高频电流的脉冲持续时间 $<0.01$ 毫秒，所以对人体神经肌肉无兴奋作用，即使连续多个周期的刺激也不会引起肌肉的收缩反应。

(2) 治疗时电极可以不接触皮肤：高频电流离开皮肤时，在电极与皮肤之间形成了



一个电容。高频电可以通过电容场作用于人体，因此在治疗时电极（或辐射器）可以不直接接触皮肤而使能量达到人体的深部。

(3) 无电解作用：高频电流属正弦交流电，周期性变换电流方向，不会像低、中频电流有阴阳极及半波的形式出现。因此高频电流无电解、电泳、电渗现象，不会产生电解产物刺激皮肤。

### 3. 高频电生物物理效应

(1) 作用基础：在高频电流作用下，人体各组织对高频电流的作用可表现为导体、电介质、导磁体、电容体等。人体组织中的血液、淋巴液和其他各种体液含有大量水分子、电解质离子（ $K^+$  及  $NaHCO^-$  等）以及带电荷的蛋白质分子等，这些离子在溶液中可以导电，具有导体性质；而在肌肉组织中，肌细胞膜就有电容性质，在肌肉组织、肌细胞间隙组织和细胞外液含有水和电解质，能导电属阻成分，直流电、低频电流、中频电流、高频电流均容易通过。但肌细胞膜的电阻很高，属电介质很难导电，直流电、低频电流、中频电流不能通过。这样肌细胞内外就构成了一个电容体。在高频电流作用时，由于频率很高，电容的容抗随着频率的升高而降低，所以高频电流可以通过细胞膜，使电场线分布均匀。人体干燥的皮肤、肌腱、韧带、脂肪、骨膜等均具有电介质特性。电介质虽然在直流电或低频电流中，被认为是绝缘体，但在高频电场作用下，电介质原子中的电子和带正电荷的原子核在原子内发生位移，这种现象称为电介质的取向或极化，形成偶极子。电介质偶极子随着电场方向的高速变化，不断反复取向而发生  $180^\circ$  旋转，致使偶极子在其原来的位置上来回转动而相互摩擦生热。

(2) 热效应：高频电流作用于人体后，一方面引起组织体液的电解质及带电胶体颗粒随电场正负变化发生快速振荡产生传导电流，微粒相互冲撞摩擦引起欧姆耗损而产生热能；另一方面电介质偶极子发生急剧旋转或高速摆动形成位移电流，微粒之间或与周围媒质发生冲撞、摩擦，引起介质耗损而产生热能。两方面作用产生的热效应又称为“内生热”。

(3) 非热效应：当高频电流强度小到不足以产生体温升高时，高频电流仍可使离子、带电胶体、偶极子发生振动和转运，亦可以改变组织的理化特性。由此，产生的生物学效应称为非热效应。非热效应对机体的影响包括促进生长发育加速；白细胞吞噬作用加强，急性炎症加速消退；神经纤维再生加快等。临床上常用高频电的非热效应治疗急性炎症、神经炎等。

## (三) 高频电疗法分类

1. 按波长分类 医疗上所用高频电疗按波长（频率）分类，分为长波疗法、中波疗法、短波疗法、超短波疗法、微波疗法。其中，微波疗法又分为分米波、厘米波、毫米波疗法。

2. 按振荡形式分类 产生高频电磁波的振荡电流的类型可以分为减幅振荡电流、等幅振荡电流、脉冲振荡电流。

(1) 减幅振荡电流：电流波幅依次递减至零。临床上常用的有共鸣火花疗法（达松伐疗法）。

(2) 等幅振荡电流（振荡电流）：电流波幅不变。这是高频电疗最常用的波形，目前临床上中波疗法、短波疗法、超短波疗法、微波疗法都是采用这种电流。



(3) 脉冲等幅振荡电流：电流以脉冲的形式出现，通电时间短，断电时间长。临床上脉冲短波疗法、脉冲超短波疗法、脉冲微波疗法均采用这种电流。

**3. 按电流作用于人体的方式分类** 按照电流作用于人体的方式不同，可以将高频电疗法分为火花放电法、直接接触法、电容电场法、电感法、电磁波辐射法五类。

(1) 火花放电法：治疗时玻璃电极与体表保持极为狭小的间隙，利用玻璃电极与体表间的高电压产生火花放电，刺激体表感受器以治疗疾病，如共鸣火花疗法。

(2) 直接接触法：即治疗时电流直接与人体皮肤或黏膜接触，这多用在频率较低的高频电疗法，如中波疗法。

(3) 电容电场法：治疗时电极与人体相距一定的距离，整个人体和电极与人体间的空气（或棉毛织品）作为一种介质放在两个电极之间，形成一个电容，人体在此电容中接受电场作用，称为电容电场法。由于这种电容容量较小，容抗较大，因此，只有频率较高的高频电流才能通过，如短波疗法、超短波疗法属此类。

(4) 电感法：用一根电缆将人体或肢体围绕数圈，电缆中通过高频电流，由于电磁感应作用在电缆圈内产生磁场，引起人体内产生涡电流，从而起到各种治疗作用，如短波电感法属此类。

(5) 电磁波辐射法：当高频电流的频率很高时，其波长接近光波，很多物理特征与光相似。在其发射电磁波的无线装置周围安装类似灯罩状的辐射器，使电磁波像光一样经辐射器反射作用到人体，如微波疗法属此类。

**4. 按功率分类** 可分为小功率输出、中功率输出、大功率输出。

(1) 小功率输出：适用于小器官和较表浅部位治疗，如 40~60W 的五官超短波治疗仪。

(2) 中功率输出：用于较大部位和较深的内脏部位治疗，如 100~300W 的超短波治疗仪。

(3) 大功率输出：主要用于治疗恶性肿瘤，功率至少可达 1 000W，如大功率短波、超短波、微波治疗仪。

## (四) 安全与防护

### 1. 高频电的不良影响

(1) 过热现象：高频电疗对组织的加热作用，通常会在含水量丰富、导电性能好的组织中明显。如短波能够使皮下脂肪的温度增加 15℃，3~5cm 深的肌肉内温度提高 4~6℃。对于治疗局部有汗、含液体的空腔、金属物品，可产生过热区，造成局部损伤。

(2) 电磁辐射：当高频电疗机工作时，会向空间传播电磁辐射。电磁辐射属于非电离辐射，对人体健康的损害不像放射线电离辐射那样严重，而且随着距离的增加场强迅速减低。但有研究报道接触高频治疗的女性治疗师流产率增加和婴儿出生体重减低，说明对人体健康仍然有一定的影响，高频治疗的工作环境的安全性仍要引起重视。有研究证实长期接受较大剂量高频辐射者可能会出现一系列机体反应，包括神经系统、心血管系统、消化系统、血液系统的反应，如眩晕、失眠、多梦、嗜睡、情绪不稳、记忆力减退、乏力、心悸、血压降低、心动过缓、心律不齐、食欲减退、消化不良、白细胞总数减少、淋巴细胞减少等。这些反应多属可逆性的，脱离高频电辐射的工作环境后就会逐渐消失、恢复正常，对大脑、心脏、造血器官不会造成器质性的损伤。短时间内接受大



剂量高频电辐射的组织、器官尤其是敏感器官可能出现器质性损伤，如白内障、睾丸的曲细精管变性等。

## 2. 安全技术

### (1) 基本设施的安全措施。

①治疗室要求：高频电治疗必须设立单独治疗室，地面应该铺绝缘的木板或橡胶板，采用20~60目铜网制成的2m高的防护屏风或四面包围式的屏蔽间或六面全封闭式的屏蔽室。注意屏蔽间框架交界处要求铜网搭接，不留空隙。屏蔽室要求接地，电阻约4Ω。室内保持干燥避免潮湿。治疗室内所需的桌、椅、床及其他物品应尽量为木制品或其他绝缘的非金属制品。高频治疗机的放置应远离房间内暖气管和上下水管设备，暖气片外应使用木板遮挡，避免治疗操作时，操作者及患者接触这些金属管道。治疗室内的各种电源开关、插座、电源线、地线必须按照安全用电的要求进行设计、安装，并且应该设计总电闸。

②仪器设备要求：高频治疗仪应该选择漏能强度在国家标准以内的高频治疗机，不能购买未经国家监测部门认证的治疗机。使用前要先进行安全检查，检查机器是否正常工作，电极、电缆、辐射器是否破损，开关、调节器是否有故障，接头是否牢固，不能将有故障、破损、接触不良、输出不正常的治疗机及其附件用于治疗。应该定期维护，防止使用不合格、不安全的治疗设备。不要随意更换不符合安全要求的电极、电缆和附件。

③维修：高频治疗机或电源发生安全故障后，应由经过专业训练的维修人员负责安装、检查、修理、改装，未经专门训练的人员不能擅自进行维修和改装。

### (2) 操作的安全要求。

①操作者应该掌握安全用电的基本知识与触电、电伤的处理方法，操作前进行高频电安全操作技术与防护知识培训，考核合格才能上岗。

②操作前准备：**a.** 患者不能穿化纤、尼龙衣服，操作者和患者的衣服、皮肤应该保持干燥，操作者不能湿手进行治疗操作。患者治疗部位有汗水时应予擦干，有湿敷料时应予撤换，昏迷或截瘫者治疗时应防止尿液流入治疗部位。**b.** 患者治疗部位及其附近的金属物品（如手机、金属饰品、钥匙等）应予除去，患者体内有金属物品（如骨科内固定物、气管金属导管、金属节育环、金属碎片等）的部位禁止进行高频电疗，以免烫伤，必要时只能进行无热量、短时间的治疗。**c.** 置入心脏起搏器者不能进入高频电治疗室或靠近高频电治疗机，更不能接受高频治疗，以免高频电磁波干扰起搏器正常工作而发生意外。**d.** 检查患者皮肤有无破损，有无感觉障碍，嘱患者不得入睡或随意挪动身体，治疗时如有过热或灼痛，应立即断电寻找原因。患者在治疗中发生烫伤后，应及时处理。

③操作时：**a.** 患者和操作者身体任何部位都不能接触接地的金属物（如暖气管、水管、治疗机外壳、金属床等）或潮湿地面。如果患者必须在金属床上，则治疗时患者身体、电缆与金属床或物品之间必须以棉被、毡垫或橡胶布相隔。**b.** 电感法治疗时电缆与患者身体接近部位应该隔以棉垫或毡垫，注意不要将电缆直接搭在患者身上，电缆之间不能直接接触、交叉，容易形成短路而减弱其远端的输出，甚至烧毁电缆。治疗时输出电缆不能打圈，以免由于电磁感应在线圈内产生反向的感应电流而抵消线圈内原有的输



出电流，减弱治疗电流剂量。c. 关节骨突起部位相互接触处应使用棉垫或毡垫分离，以免电场线集中该处造成烫伤。d. 头部一般不进行大功率的温热量或热量高频电治疗。

### 3. 操作辐射防护要求

(1) 辐射环境的卫生标准。关于辐射工作环境的安全性问题，世界各国都做了相应的标准，但是由于着眼点不同，执定的高频电辐射卫生标准并不统一。1989年，原卫生部发布了中华人民共和国国家标准：《环境电磁波卫生标准》(GB 9175-88)、《作业场所微波辐射卫生标准》(GB 10436-89)、《作业场所超高频辐射卫生标准》(GB 10437-89)。对工作环境辐射标准提出具体标准，对于保护高频电作业场所作业人员、接受高频电诊断治疗的患者以及居民的身体健康具有指导意义。主管高频电的劳动卫生主管部门定期对正在工作的高频电疗室进行高频电辐射强度的测量，重点是治疗机泄漏强度和工作人员经常逗留处的受辐射强度。如果治疗室内高频电疗机多、工作量大、防护措施不足，操作人员应该定期进行体格检查，并且可与其他治疗室的操作人员轮换。

(2) 治疗中辐射防护。

①遵守操作规程，减少电磁波向空间辐射。短波、超短波治疗时，治疗机必须在谐振状态下工作，电极与人体皮肤之间的间隙不大于6cm，电极下面垫毡垫，不采用单极法治疗。

②微波疗法治疗时应该先调节辐射器，辐射器口朝下对准治疗部位，然后开机调节剂量，不让有输出的辐射器空载。有条件时可采用经介质辐射法或接触式辐射器。

③切勿正视正在辐射的微波辐射器输出口，必要时佩戴微波防护眼镜。

④完成高频电治疗操作后及时离开治疗机，不在机旁作不必要的停留。

⑤在有微波辐射的环境中工作时，身穿面料中含有金属的服装，可以起到反射微波、减少对微波吸收的作用，环境中若有强辐射时，可以穿微波防护服或微波防护围裙。

## 二、短波疗法

短波疗法(short wave therapy)是应用波长为10~100m，频率为3~30MHz的高频电流作用于人体以治疗疾病的方法。

### (一) 物理特性

短波电流作用于人体主要产生热效应，又称为透热疗法。一种方式是感应场法，多采用27.12MHz的电流，在组织中产生涡流电流，引起偶极子发生急剧旋转或高速摆动，造成微粒之间或与周围媒质发生冲撞、摩擦，引起介质耗损而产生热能，通常会在含水量多、导电性能好的组织，如肌肉中产热最明显；另一种方式是电容场法，多采用13.56MHz电流，利用电场加热，在含水量少的组织，如脂肪、韧带、肌腱、关节囊中产热明显。

短波治疗机可发出脉冲输出或连续输出，以热作用为目的时选用连续输出；强调非热效应时，选用脉冲输出。

### (二) 作用机制及治疗作用

#### 1. 作用机制

(1) 促进血液循环和淋巴回流：短波能使人体深部组织明显的血管扩张及血流加速，



改善血液循环，增强新陈代谢，激活酶的活性，增强白细胞吞噬机能，因此，具有消炎作用。

(2) 增强内脏功能：短波可增强肝脏的解毒功能，促进胆汁分泌，增强胃肠道的吸收分泌功能。

(3) 杀死肿瘤细胞：大功率短波可用于肿瘤治疗，可使肿瘤组织温度高于正常组织，从而达到杀灭肿瘤细胞而不损伤正常组织的作用。临床上将短波与放疗、化疗、手术综合应用，可明显提高治疗效果。

## 2. 治疗作用

(1) 消炎作用：短波治疗的热效应明显且作用部位深可达肌层，短波治疗能使血管扩张，改善血液循环，加强组织供养，加速炎症和代谢产物的清除，促进水肿吸收。

(2) 镇痛及缓解痉挛：短波治疗可降低感觉神经兴奋性，升高阈值而达到镇痛作用；加热作用能加速致痛物质的清除达到止痛的作用；也可使支配肌肉的梭内  $\gamma$  纤维传导减弱，缓解痉挛。

(3) 抗癌作用：大功率短波可用于肿瘤治疗。

## (三) 治疗技术

1. 设备 采用：输出波长为 22.12m、频率为 13.56MHz 的短波治疗机或输出波长为 11.06m、频率为 27.12MHz 的短波治疗机，功率为 250~300W。用于恶性肿瘤的短波治疗仪功率 1~2kW。脉冲短波治疗仪的脉冲波组持续时间为 25~400ms，脉冲峰功率为 1kW，平均功率为 80~120W。常用的电极有电容电极、电缆电极、盘状电极等。

2. 常规操作方法 进行短波治疗时，需要根据病变的性质、部位、范围来选择恰当的治疗方式。常用的治疗方式有电缆电极法、涡流电极法和电容电极法。现在使用较多的是电容电极法，而电缆电极法使用较少。

(1) 电极的选择。

① 电缆电极法：根据治疗需要，采用高压绝缘电缆。治疗时将电缆绕成不同形状盘于治疗部位(图 2-14)。电缆与皮肤之间应垫以毡垫、棉垫等衬垫物，以免浅层组织过热。电缆电极法曾经应用很普遍，但由于安全隐患和操作摆放时间长等原因，现在基本被鼓状电感透热探头(图 2-15)和板状电感透热探头所取代。



图 2-14 电缆电极



图 2-15 鼓状电感透热探头



②电容电极法：电容电极由薄金属片或金属网外包以橡皮、毡子制成。根据病变的情况，常采用对置法、并置法。根据病变部位深浅，调节皮肤电极间隙的距离。a. 对置法，两个电极相对放置，电力线集中于两极之间，横贯治疗部位，此方法主要用于深部病变的治疗（图 2-16）。放置电极时要注意两个电极之间的距离要大于一个电极的直径。电极与治疗部位之间保持一定的间隙，如电极贴近皮肤则由于电场线密集于表浅部位，作用表浅；反之，则作用较均匀、较深。b. 并置法，两个电极并列放置于治疗部位表面，电力线分散，只通过表浅组织，作用表浅，此方法多用于表浅病变的治疗（图 2-17）。放置电极时还应该注意两点：电极与皮肤之间的距离不宜过大，以免电场线散向四周空间而不能通过人体；两个电极之间的距离不应大于电极的直径，并且不小于 3cm，电极间距离过大会使电力线分散，影响作用的强度与深度；电极间距离过小则使电力线集中于两极间最短路径处，使病变部位处于两极电场之外。临床常用短波电疗机输出功率为 200~300W，用于较大、较深部位的治疗；小型超短波电疗机（五官超短波）输出功率为 50~80W，主要用于五官或较小、较表浅部位的治疗。

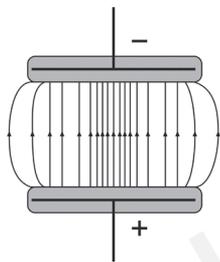


图 2-16 对置法电力线分布

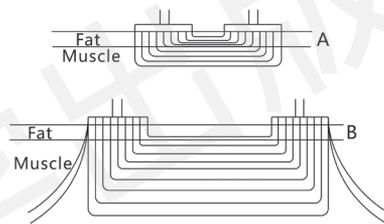


图 2-17 并置法电力线分布

(2) 治疗剂量：按患者治疗时的温热感觉程度划分，一般分为四个等级。

①无热量（I 级剂量）：患者无温热感，氖光管刚启动，光暗，适用于急性疾病。

②微热量（II 级剂量）：有刚能感觉的温热感，氖光管微亮，适用于亚急性、慢性疾病。

③温热量（III 级剂量）：有明显而舒适的温热感，氖光管明亮，适用于慢性疾病和局部血液循环障碍。

④热量（IV 级剂量）：有明显的强烈热感，但能耐受，氖光管辉亮，适用于恶性肿瘤的治疗。

(3) 时间和疗程：治疗急性伤病时采用无热量，5~10 分钟，每日 1~2 次，5~10 次为一个疗程；治疗亚急性伤病时采用微热量，10~15 分钟，每日 1 次，15~20 次为一个疗程；治疗急性肾衰竭时采用温热量，30~60 分钟，每日 1~2 次，5~8 次为一个疗程。

### 3. 操作步骤

(1) 检查仪器设备的各项仪表是否正常、处于起始位置，接通电源、将输出旋钮旋转至“预热”位，预热 2~3 分钟待“预热”指示灯熄灭。

(2) 核对治疗处方，确认有无禁忌证，告知患者治疗注意事项。



(3) 检查取出患者所有金属物品，帮助患者选择合适的体位，治疗部位不能穿化纤、尼龙衣服。

(4) 按病情需要选择相应的电极及治疗方法，不同类型的电极操作方式不同：①选用电缆电极时，将电缆按治疗部位的形状盘绕成各种形状，电缆电极留出的两端应等长，电缆一般盘绕3~4圈，电缆圈间应相距2~3cm。盘形电极、鼓形电极、电缆电极与皮肤之间间隔1~3cm，其间可垫以毡垫、棉垫等衬垫物；②采用电容电极时，选用治疗所需的电极，电极与皮肤之间间隔1~3cm。

(5) 按照治疗剂量、治疗部位的深度调整电极与皮肤之间的间隙，微热量治疗时，小功率治疗仪浅作用时电极皮肤间隙为0.5~1cm，大功率治疗仪浅作用时电极皮肤间隙为3~4cm；无热量与温热量治疗时适当加大或减小间隙。

(6) 将输出旋钮旋至“治疗”挡，人工或者自动调谐，输出时不论应用何级剂量，必须使仪器输出谐振。

(7) 治疗剂量按患者治疗时局部的温热感觉分为无热量、微热量、温热量、热量四级。

(8) 治疗结束后，将输出旋钮调回到零位，关闭高压与电源，取下电缆，移开电极。

#### 谐振与调谐

1849年，在法国昂热市一队士兵为了向市民展示威武雄壮的军姿，在指挥官的口令下，迈着正步、整齐划一地通过市区一座大桥。当走到桥中间时，桥梁突然发生强烈的颤动并断裂坍塌。经调查，原因是大队士兵齐步走时，产生的一种频率正好与大桥的固有频率一致，使桥的振动加强，当它的振幅达到最大限度直至超过桥梁的抗压力时，桥就断裂了。这种现象，在物理学里称为共振。而在电学中，振荡电路产生的共振现象称为“谐振”。当外加电磁波的频率等于电路的固有频率时，电路的电磁振荡的振幅也将达到峰值。

日常生活中，收音机就利用了谐振现象，转动收音机的旋钮时，实际上是在改变里边电路的固有频率。当电路的频率和空中传播的电磁波的频率相同时，就发生了谐振，远方的声音从收音机中传出来，这声音就是谐振的产物。而调节一个振荡电路的频率使它与另一个正在发生振荡的振荡电路(或电磁波)发生谐振的过程，称为调谐。



#### (四) 临床应用

1. 适应证 软组织、五官、内脏、骨关节的炎症感染，关节炎、扭挫伤、神经炎、神经痛、胃十二指肠溃疡、慢性结肠炎、肾炎、骨折愈合迟缓、颈椎病、肩关节周围炎、腰椎间盘突出症、静脉血栓形成、急性肾衰竭等。



2. **禁忌证** 恶性肿瘤（热量短波、超短波治疗与放疗、化疗联合应用时除外）、活动性出血、结核、局部金属异物、置有心脏起搏器、颅内压增高、青光眼、妊娠。

### 3. 注意事项

(1) 治疗用床、椅选用木制品或其他绝缘的非金属制品，治疗机必须接地线。各种设施应符合电疗技术安全要求。

(2) 患者身上不能有金属物，治疗局部身体内无金属异物，治疗部位保持干燥。

(3) 治疗部位不平整或有骨突部位时应适当加大治疗间隙或置衬垫于中间。

(4) 治疗机治疗前应预热后再使用，以免损伤机器；治疗时要调谐，使治疗机始终处于谐振状态。

(5) 两电极电缆不能交叉、打卷，以防短路；电缆与皮肤间需以衬垫隔离，以免烫伤。要注意各类电极的放置方法。

(6) 治疗中患者不能触摸仪器及其他物品，治疗师应经常询问患者的感觉，伴有感觉障碍者治疗时要小剂量治疗并密切观察，以防烫伤。

## 三、超短波疗法

应用频率为 30~300MHz、波长为 1~10m 的高频电流作用于人体以治疗疾病的方法，称为超短波疗法 (ultra short wave therapy)。超短波疗法是临床应用非常广泛的治疗方法之一能产生热效应和非热效应。

### (一) 物理特性

超短波波长为 1~10m，频率为 30~300MHz。国产超短波治疗机波长通常为 6m (50MHz)、7.37m (40.68MHz)、7.7m (38.96MHz) 等几种。由于超短波波长短、频率高，超短波电流很容易通过电介质，因此治疗时电极不需要直接接触皮肤。临床上主要采用电容场法进行治疗。

超短波和短波一样，作用于人体主要产生热效应和非热效应，由于其频率更高，电介质的阻力就更小，体内产生的位移电流成分占优势，以介质损耗产热为主，对组织作用比短波更均匀。选用小剂量或脉冲超短波治疗时，其非热效应比短波疗法更明显。

### (二) 作用机制及治疗作用

#### 1. 作用机制

(1) 对神经系统的影响：神经系统对超短波电场十分敏感，小剂量超短波治疗能加速不全断离的神经纤维再生。中小剂量超短波作用于头部时，除有温热感外，常伴有嗜睡等中枢神经系统抑制现象，这些症状在停止接触或采取预防措施后迅速消失。在临床工作中因剂量小一般不出现不良反应。有研究证明，小剂量超短波有抑制交感神经、兴奋迷走神经的作用。

(2) 对心血管系统的影响：超短波治疗对心血管系统的影响，一部分是通过抑制交感神经、兴奋迷走神经的作用来完成，另一部分是对血管感受器和血管平滑肌有直接作用。当用小剂量超短波作用于体表投影区时，即可引起深部内脏血管扩张增强，并可保



持数小时。而血管扩张、血流加速、组织器官血液循环改善、血管壁通透性增高,对一些血管病和炎症有好的疗效。

(3)对血液免疫系统的影响:当小剂量超短波作用后,能促进血细胞总数增加,骨髓造血机能增强;血清总蛋白量稍高,白蛋白降低, $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 球蛋白均增高,尤其 $\gamma$ 球蛋白增高明显,体内抗体和协同抗体杀灭病毒或溶解细菌的补体均增加。但大剂量长时间超短波治疗时则具有相反作用。

(4)对结缔组织的影响:临床与实验证明,超短波有促进肉芽组织和结缔组织再生的作用,也能加速伤口愈合和结痂作用,但大剂量长时间作用则可使伤口及周围结缔组织过度脱水、老化、坚硬,反而影响伤口愈合。

(5)对炎症过程的影响:大量的临床和实验证明,无热量超短波对急性炎症有良好作用。微热量或温热量对亚急性、慢性炎症也同样有治疗效果。其作用包括通过改善神经功能、改善血液循环、增强机体免疫功能、促进肉芽和结缔组织生长外,还包括消除组织的酸中毒达到抗炎作用。

(6)其他:超短波可缓解胃肠痉挛,具促进肝脏解毒、胆汁分泌的作用,促使肾血管扩张,对急性肾炎有明显疗效。

## 2. 治疗作用

(1)提高机体免疫功能、消炎作用:超短波能促进血液循环,改善组织新陈代谢,增强机体免疫能力,达到抗炎作用。

(2)镇痛解痉作用:超短波治疗能降低肌肉及附属结缔组织的张力,减轻痉挛,并具有消除水肿、促进血液循环作用,对各种痉挛性、缺血性及神经性疼痛均有良好效果。

(3)促进组织生长:超短波治疗具有修复神经损伤、促进结缔组织再生的作用。

(4)杀死肿瘤细胞:大剂量的超短波治疗所产生的高热具有杀死肿瘤细胞的作用。

## (三) 治疗技术

1. 设备 超短波治疗机常用输出波长为7.7m、频率为38.96MHz,波长为7.37m、频率为40.68MHz,波长为6m、频率为50MHz。用于五官等小部位,选功率为50~80W的仪器,较深部位的治疗仪功率为250~300W;用于恶性肿瘤的治疗仪功率为1kW。脉冲超短波治疗仪的脉冲波组持续时间为10~100ms,脉冲周期为1~10ms,脉冲重复频率为100~1000Hz,脉冲峰功率为1~10kW,平均功率为100W。

## 2. 治疗方法

(1)电极:超短波疗法以电容电场法治疗为主,这些电极由金属网或金属板构成,治疗时为避免金属直接接触造成烫伤,金属外面用绝缘物覆盖,电极和皮肤间隙以空气或用干毛巾棉垫隔开。电容电极板按照其形状可分为板状电极、圆形电极和体腔电极三种。

(2)电极的放置方法:电极的放置方法有双极的对置法、并置法、体腔法,还有只使用一个电极的单极法,其中临床以对置法、并置法最常用。

①对置法:治疗时将两个电极相对放置,电力线集中于两极之间且分布均匀,作用部位较深。注意两个电极放置之间的距离不应小于一个电极的直径。与骨性突起和不规



则部位接触时，垫以衬垫物，以免电场线集中造成烫伤或影响作用的均匀度。适用于治疗深部或内脏病灶。

②并置法：治疗时将两个电极并列放置，电力线分散且作用部位浅。两电极放置时还应注意两极之间的距离不应大于电极的直径，并且不应小于3cm，与皮肤之间的间隙不宜过大。因为距离过小则电场线在两电极相邻处过于集中，容易引起皮肤烫伤。适用于病变广泛或表浅部位。

③体腔法：治疗时将特制的体腔电极置于相应的腔道（直肠、阴道）内，另一长方形电极置于腹部、腰骶。

(3) 治疗剂量。

①剂量分级：同短波疗法。

②时间和疗程：根据病情而定。急性病疗程宜短，慢性病疗程可适当延长。a. 急性炎症或急性病采用无热量，每次治疗8~10分钟。b. 亚急性炎症一般用微热量，每次治疗10~15分钟。c. 慢性炎症和其他疾病一般用微热量或温热量，每次治疗15~20分钟。急性炎症一般7~10次为一个疗程。慢性炎症则需要14~20次为一个疗程。

### 3. 操作步骤

(1) 治疗前首先确认患者有无禁忌证，核对治疗处方，进行治疗注意事项宣教。

(2) 去除患者身上的金属物品，取舒适体位，治疗部位皮肤不穿化纤、尼龙衣服，无需暴露皮肤。

(3) 根据病情部位及性质选择电极及放置方式，放置电极于治疗部位，调节好电极与治疗部位体表的距离。

(4) 检查机器各旋钮是否处于起始位。接通电源，将输出旋钮旋至“预热”位，预热3~5分钟待“预热”指示灯熄灭。

(5) 根据医嘱及患者感觉选择剂量大小，调节谐振旋钮，使机器处于谐振状态。如需增减剂量时，都必须进行调谐。

(6) 治疗中要经常询问、观察患者的反应，如发现患者有发热、心悸等不适症状出现，应立即停止治疗并给予及时处理。

(7) 治疗结束后，切断电源，取下电极，将各旋钮调回到起始位。

## (四) 临床应用

**1. 适应证** 软组织、五官、内脏、骨关节的炎症感染，关节炎、扭挫伤、神经炎、神经痛、胃十二指肠溃疡、慢性结肠炎、肾炎、骨折愈合迟缓、颈椎病、肩关节周围炎、腰椎间盘突出症、静脉血栓形成、急性肾衰竭等。

**2. 禁忌证** 恶性肿瘤（热量短波、超短波治疗与放疗、化疗联合应用时除外）、活动性出血、局部金属异物、置有心脏起搏器、颅内压增高、青光眼、妊娠。超短波疗法慎用于结缔组织增生性疾病，如瘢痕增生、软组织粘连、内脏粘连等，以免刺激结缔组织增生，不利于疾病的恢复。



### 3. 注意事项

(1) 治疗床、椅应采用木制，治疗机应远离金属物、接地线。各种设施符合技术安全要求。

(2) 患者治疗时要除去身上金属物，治疗期间不可触及其他导体，电缆、电极下方垫棉垫或橡胶布。

(3) 治疗前应检查治疗部位有无皮肤破损或感觉障碍，治疗部位有汗液、尿液时应擦干，以免引起皮肤烫伤。

(4) 治疗时两电缆不能交叉或打圈，以免引起短路。电缆与身体接触处应以衬垫隔离，以免烫伤。

(5) 两电极放置位置要准确，对置时两电极要平行，距离不应小于一个电极的直径；并置时两极之间的距离不应大于电极的直径，并且不应小于 3cm。大功率超短波治疗不宜采用单极法。

(6) 要严格掌握禁忌证，小儿骨髓、眼、睾丸、心脏、神经节、神经丛对超短波敏感，不宜采用大剂量。妇女月经期应避免进行下腹部治疗。头部不宜采用大功率治疗。

(7) 治疗骨突部位时，应在电极与骨突部位接触处垫以棉垫及毡垫。

(8) 每次治疗都必须进行调谐，使仪器处于谐振状态。治疗中要加强巡视、观察患者的反应，如发现患者有发热、心悸等不适症状出现，应立即停止治疗并给予及时处理。

(9) 慢性炎症、慢性伤口及粘连患者不能长疗程进行超短波治疗，以免引起结缔组织增生过度而使局部组织变硬、粘连加重。

## 四、微波疗法

应用波长 1mm~1m、频率 300~300 000MHz 的特高频电流作用于人体以治疗疾病的方法，称微波疗法 (microwave therapy)。

根据波长不同可以将微波分为三个波段，包括分米波 (波长 10cm~1m，频率 300~3 000MHz)、厘米波 (波长 1~10cm，频率 3 000~30 000MHz)、毫米波 (波长 1~10mm，频率 30 000~300 000MHz)。目前临床上常用的波长 (频率) 是 12.24cm (2 450MHz)。由于分米波与厘米波作用于人体时的生物学效应相似，故习惯上将分米波疗法与厘米波疗法统称为微波疗法，它是微波疗法中应用最广泛的一种方法。而毫米波在临床上应用时间较晚。

### (一) 物理特性

微波相对于其他高频电流，其频率特高，波长介于长波红外线与超短波之间，接近于光波，因此既具有电磁波的物理特性，又具有光波的物理特性。如呈波束状传播，具有弥散性，遇不同介质可产生反射、折射、散射、衍射、吸收等现象。微波由辐射器照射作用于人体，在体内一部分能量被吸收，另一部分能量则被皮肤及各层组织所反射。当微波作用于有多个界面的部位或器官时，容易引起过热现象。微波对人体的穿透力与频率相关，频率越高，穿透能力越弱。波长为 12.24cm 的微波，穿透组织的深度一般可达 3~5cm。



微波和其他高频电流一样，微波作用于人体也产生热效应和非热效应，但由于其物理特性不同而有所差异。

## (二) 作用机制及治疗作用

### 1. 作用机制

(1) 对心血管系统的作用：大多数实验研究证明治疗剂量的微波作用于心前区时对心脏有拟迷走神经作用（心跳变慢、心电图 R 波 T 波幅度下降，P-R 间期延长，房室传导延长和血压下降等）。小剂量能改善冠状动脉供血情况和改善心肌梗死时的血液循环，但剂量过大照射时对心脏有损害作用。治疗剂量的微波能使组织温度升高、血液循环增强，血流量可增加 50% 左右。用微热量微波 10~15 分钟作用颌区，可使高血压患者血压下降，改善心肌供血。

(2) 对血液及免疫功能的影响：大剂量微波有抗凝作用，大剂量可使红细胞脆性增高，降低血中磷的含量，使周围血液中白细胞总数和淋巴细胞增多。小剂量对血小板和凝血时间无明显作用。但也有实验证明低强度的微波辐射可使嗜中性白细胞的吞噬活力下降，抗体生成严重受抑制。

(3) 对神经系统影响：短期中、小剂量微波作用可加强大脑兴奋过程，长期大剂量则产生抑制作用。如果长期接受超过安全剂量微波辐射，可导致中枢神经系统机能紊乱，表现为头痛、头晕、易疲劳、乏力、记忆力减退、睡眠障碍、心动过缓，血压波动等症状，在脱离微波环境后，以上症状可逐渐消失。对自主神经可引起拟迷走神经的作用，能降低周围神经兴奋性和减弱支配肌张力的  $\gamma$  纤维的兴奋和传导功能，有缓解肌肉痉挛和止痛的作用。

(4) 对生殖系统影响：由于睾丸血液循环较差，对微波特别敏感，当微波辐射使睾丸温度高于 35℃ 时精子的产生即受到抑制或停止。动物实验证明，过量辐射可使曲细精管萎缩，局灶性坏死，因此，用微波辐射睾丸附近部位时应将睾丸屏蔽防护。另有研究发现，大剂量照射雌鼠后卵巢功能和生育能力损害，失去生育功能，照射妊娠动物可致动物早产或流产。

(5) 对眼的影响：由于眼球是富于水分和多层介质的组织，血液循环差，应用大剂量或长期微波辐射后，容易吸收能量且不易散热，产生积热后导致玻璃体和晶体出现浑浊。原因可能由于微波作用后眼球组织温度升高使眼部焦磷酸酶、三磷酸腺苷酶活性降低有关，晶体内细胞的抗坏血酸、DNA 的合成及细胞核的有丝分裂都发生改变，当晶体内温度达 44℃ 时，便形成白内障。

(6) 对消化系统的影响：治疗剂量的微波能够加强胃肠的吸收功能，缓解胃肠的痉挛、使胃蠕动减慢，胃的全酸和游离酸均见减少，对分泌和排空功能亦有调节作用。但由于胃肠等空腔器官的调节机能较差，对热敏感，因此，不能用较大剂量微波治疗，否则容易引起损伤。

(7) 对炎症过程的影响：微波对急性、亚急性及慢性炎症均有抗炎作用。在炎症反应中，致炎介质是导致微血管细胞损伤及其通透性增高的原因。小剂量微波作用后，致炎介质含量减少，使增高的组织通透性降低，炎症过程的发生出现逆转。但大剂量微波治疗可增加致炎介质含量并使炎症过程恶化。中等剂量微波还能使局部血管扩张、血流加



速，促进炎症产物的吸收和组织修复过程加快。另外，微波刺激了下丘脑垂体功能，增强肾上腺皮质激素的合成，使糖皮质激素水平升高，产生明显的免疫抑制效应和抗炎作用。

## 2. 治疗作用

(1) 促进血液循环：微波辐射使组织温度升高，血管扩张，局部血流加速，血管壁渗透性增高，增强组织代谢。

(2) 镇痛、解痉作用：能缓解肌肉、肌腱、韧带、关节等组织的痉挛及疼痛，对神经性疼痛也具有显著效果。

(3) 抗炎作用：微波对急性、亚急性及慢性炎症均具有抗炎作用。

(4) 其他作用：具有促进骨痂生长、加速骨折愈合、加速伤口和溃疡愈合、抑制肿瘤细胞、脱敏等作用。

## (三) 治疗技术

1. 设备 国产微波治疗机频率多为 2450MHz，波长约为 12.24cm，最大输出功率为 200W。由于微波是通过辐射的方式作用于人体，因此一般将微波治疗用的电极称为辐射器，通常有半球形辐射器（图 2-18）、圆形辐射器（图 2-19）或马鞍形辐射器（图 2-20）等。此外，还有适用于小部位的聚集辐射器和体腔辐射器。



图 2-18 半球形辐射器



图 2-19 圆形辐射器



图 2-20 马鞍形辐射器

## 2. 治疗方法

(1) 各种辐射器的应用方法。

①有距离辐射法：如采用圆形、圆柱形及矩形辐射器，照射时辐射中心对准治疗部位，照射时若距离太近将引起失谐，从而影响输出功率，因此，这些辐射器必需做有距离辐射，一般规定为 7~10cm。

②接触辐射法：适用于接触式体表辐射器或体腔辐射器。使用接触式体表辐射器时，辐射器口紧贴治疗部位皮肤；体腔辐射器适用于阴道、直肠内治疗，治疗时辐射器外套乳胶套，并涂消毒的润滑液。在使用体腔辐射器时，因接触面积较少，反射消耗少，故功率不宜超过 10W。

③隔沙辐射法：治疗时在辐射器与皮肤之间用沙子代替空隙。因微波经沙时，更易于集中成束，散射显著减少，使到达人体的剂量增大近一倍，故隔沙治疗时剂量比常规减少一半。临床上常选用冲洗干净和干燥后的细小均匀的沙粒备用。

④微波体腔内辐射器加温疗法：此治疗方法临床上常与其他外科治疗方法联合运用，适用于治疗恶性和良性肿瘤、前列腺增生等。

(2) 治疗剂量。由于微波对机体的作用取决于波长、治疗部位组织的导电率、反射



能力、介电性、分层厚度、体积和形状等，因此治疗剂量的选择应具有个体化。一般规律为急性期剂量宜小，慢性期剂量可较大些，剂量的大小需参考患者的主观感觉和机器输出功率。

①根据患者主观感觉：同短波疗法。

②根据机器功率计上的读数划分：对于马鞍形、长形、直径 17cm 的圆形辐射器，在距离 10cm 左右情况下：无热量、微热量为 20~50W，温热量为 50~90W。由于在采用体腔辐射器时，与机体接触面积小，其反射消耗小，因此最大功率不应超过 10W。

(3) 治疗时间和疗程：一般每次照射 5~15 分钟，每日或隔日一次，急性病 3~6 次为一个疗程，慢性病 10~20 次为一个疗程。

### 3. 操作步骤

(1) 治疗前核对治疗处方，确认有无禁忌证，告知患者治疗注意事项。

(2) 患者取舒适体位，去除身上的金属物品和潮湿、化纤、尼龙衣服，治疗部位皮肤无需暴露。

(3) 根据治疗部位选择合适的辐射器，调节好辐射器与治疗部位体表的距离，根据需要使用防护镜及防护罩保护。

(4) 检查机器各旋钮是否处于起始位。接通电源，预热 1 分钟。

(5) 根据病情及患者的感觉选择合适的剂量大小与治疗时间，按启动键开始治疗。

(6) 治疗结束后，关闭输出及电源，移开辐射器。

## (四) 临床应用

1. 适应证 软组织、内脏、骨关节的亚急性及慢性炎症感染、伤口延迟愈合、慢性溃疡、坐骨神经痛、扭挫伤、冻伤、颈椎病、腰椎间盘突出、肌纤维组织炎、肩关节周围炎、网球肘、胃十二指肠溃疡等。

2. 禁忌证 活动性肺结核、出血及出血倾向、严重心肺功能不全、恶性肿瘤（大功率热疗除外）、治疗局部金属异物、妊娠。如在患者的眼部、小儿骨髓与睾丸附近照射时应将其屏蔽。

### 3. 注意事项

(1) 治疗前，要检查仪器是否完好，电缆各接头是否连接紧密，否则容易导致无法输出，接头处过热，造成仪器损坏。

(2) 治疗时要去除身上的金属物品和潮湿的衣物，避免灼伤，可不必裸露皮肤，但不能穿化纤、尼龙衣服。

(3) 感觉迟钝者，以及治疗局部有严重血循环障碍者，治疗剂量宜小，不能根据患者的感觉来调整剂量。

(4) 治疗工作人员在操作时，要注意保护自身及患者眼部，避免辐射眼睛造成损伤，必要时佩戴微波专用防护眼镜。

(5) 不宜进行眼部及男性会阴部位的照射，如需要在附近区域治疗，应使用防护镜及防护罩保护。



- (6) 微波对生长中的骨和骨髓有损害，因此，成长中的骨和骨髓不宜照射；儿童慎用。
- (7) 做好微波辐射防护工作，不要在机旁作不必要的逗留。

## 【知识链接】



## 高频电热疗法

临床上将应用大剂量的高频电流产生的热作用治疗恶性肿瘤的方法，称为高频电热疗法。其治疗原理是在大剂量高频电流下，由于癌组织血循环差，不能及时将热带走，故癌组织内温度要比正常组织温度高 $5^{\circ}\text{C}\sim 10^{\circ}\text{C}$ ，且持续时间长，从而杀灭癌细胞，而周围正常组织不受到损伤。目前，常用的射频治疗机有短波治疗机、微波治疗机，输出功率达到 $1\ 000\text{W}$ 以上。治疗剂量应用热量级，每次治疗时间 $30\sim 60$ 分钟，通常每周 $1\sim 3$ 次， $5\sim 15$ 次为一个疗程。对于食管癌、胃癌、直肠癌、膀胱癌、前列腺癌、宫颈癌以及表浅肿瘤等均有治疗作用。

## 五、常用高频电疗法的特点比较

临床上常用的三种高频电疗法（短波疗法、超短波疗法、微波疗法）的特点比较，如表 2-2 所示。



高频电疗法的治疗方式

表 2-2 常用三种高频电疗法的特点比较

名称	短波疗法	超短波疗法	微波疗法
波长范围	$10\sim 100\text{m}$	$1\sim 10\text{m}$	$1\text{mm}\sim 1\text{m}$
频率	$3\sim 30\text{MHz}$	$30\sim 300\text{MHz}$	$300\sim 300\ 000\text{MHz}$
治疗方法	电缆、电容	电容电极为主	辐射器
电流作用方法	磁场感应涡流为主，位移电流	位移电流为主	定向辐射
作用深度	较深，可达肌肉、骨	较深，可达肌肉、骨、内脏	作用深度 $3\sim 5\text{cm}$ ，厘米波可达浅层肌肉
产热情况	脂肪层产热多于肌肉	脂肪层产热多于肌肉	脂肪层产热与肌肉相似
非热效应	脉冲输出时较明显	脉冲输出时明显	脉冲输出时明显
主要适应证	慢性、亚急性疾病为主	急性、亚急性疾病为主	亚急性，慢性病及某些急性病



### 【案例分析】

1. 结合患者病史及症状体征，患者治疗上首选超短波治疗。
2. 治疗时选用无热量，对置法，7～10分钟。

### ■ 学习检测

1. 简述神经肌肉电刺激疗法的定义。
2. 简述经皮神经电刺激疗法的定义。
3. 简述功能性电刺激疗法的定义。
4. 试述干扰电疗法的治疗作用。
5. 简述直流电药物离子导入的治疗作用。
6. 简述短波疗法的治疗剂量分级。
7. 简述超短波疗法的注意事项。
8. 简述高频电疗法的禁忌证。