

电磁场治疗骨质疏松

屈承端 李小红 谢小波

电磁场治疗骨质疏松是一种物理干预治疗技术,研究始于上世纪 90 年代初,90 年代末出现一些有苗头的实用技术。近年,国内外的研究逐渐增多,并取得重要进展,这一治疗技术以其治疗简便,副作用小,治疗费用低等优点,显示出一定的临床应用前景。

一、骨骼的生物物理特性及对骨组织的影响

骨骼在其生理活动中,经受各种不同的应力环境,承受压力、张力、扭转、剪切等应力,从而产生压缩应变、张力应变和剪切应变。骨骼在产生应力和应变的同时,也产生极化电位,这种应力引起的电效应被称之为压电效应。骨骼的电变化与应力和应变有密切的关系,骨组织受力产生的形变诱发液体和离子流动,动态运动的力学刺激引发骨骼内电荷流动,它们对骨骼产生生物物理刺激,对骨骼的形成和吸收平衡起重要作用。

骨骼遵循 Wolf 定律:“骨功能的每一互变,都有与数学法则一致的确定的内部结构和外部形态的变化”。Wolf 定律强调了骨的功能活动产生确定的骨骼形态。骨骼基质中的骨细胞能敏感地识别微小的应变和电信号,调节骨骼产生适应性反应。骨骼产生的各种生物物理信号,如应力、应变、电压、电流等,是骨适应反应的支配因素。

二、生物物理干预治疗的基本原理

机体系统紊乱将引起 Wolf 定律的削弱,如衰老、缺钙或内分泌失调将显著影响生物物理刺激与骨建/重建反应的相互作用。在青年时刺激骨质所形成的生物物理信号,在老年后失去了反应。废用加上缺钙会引起骨质减少,骨骼出现明显的多孔。老化骨骼应变不会减小,而且由于骨质丢失应变还会变大。这是由于细胞与基质的相互作用减弱,虽然基质仍然经受应变,但调节信息不能达到骨细胞,影响骨的形成和吸收平衡。

骨骼在动态受力情况下的适应性反应过程如图

1 左半部所示。骨骼受力,骨骼中产生电荷流动,通过对细胞行为的影响,改变胶原聚集和排列而改善骨结构,使骨结构产生适应性反应,从而使骨的形态符合功能的要求。骨质疏松是由于生物物理刺激减弱,致使形态不能满足功能要求。物理干预治疗就是通过外部仿生的生物物理刺激,激活骨骼的适应性反应,促进骨骼功能恢复的治疗技术^[1,2]。图 1 右半部为电磁场治疗仪的基本构成。

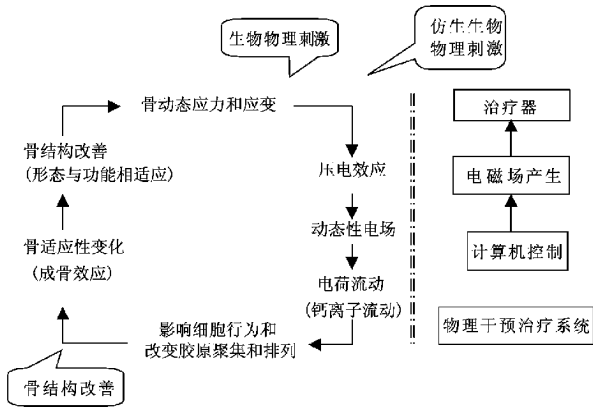


图 1 电磁场物理干预治疗的基本原理

三、电磁场骨质疏松治疗仪器的分类和技术特性对比

电磁场治疗骨质疏松的仪器在上世纪 90 年代末推出。近几年,国内外相继出现十余种产品。基本原理相似,都是采用电磁场这一物理因子,但原理的应用不一样,治疗器形态不同,治疗参数选取各异,技术水平参差不齐。

下面是根据治疗仪器主要技术特征分类,并对主要技术特性对比。

1. 按电磁场波形特征分为:脉冲电磁场类(Pulsed electro-magnetic fields, PEMF)和波动电磁场类(waved electro-magnetic fields, WEMF)

a 脉冲电磁场类(PEMF) 刺激骨骼的电磁场波形,是尖峰衰减脉冲波形,脉冲的宽度大约几毫秒-十几毫秒,多数骨质疏松治疗仪器采用这类电磁场波形。

b 波动电磁场类(WEMF),在恒定磁场上叠加正

弦或脉动波电磁场 ,有人称为交变电磁场、时变电磁场或复合电磁场等。采用恒定磁场的目的 ,是为了保持作用于患者的磁场极性(N 或 S 极)不变 ,只是强度随交变磁场波动变化 ,这样设计符合生物磁场治疗原理。

2. 按治疗器形态分为平面型治疗器类(Plane type)和腔体型治疗器类(Cavity type)

a 平面型治疗器类(Plane type) 由多个矩形电磁耦合器链接组合成治疗器 ,电磁场向一个方向定向辐射。脉冲电磁场类仪器多采用平面型治疗器 ,

b 腔体型治疗器类(cavity types) , 治疗器由一个或多个可容纳患者躯体的圆筒形腔体组成。治疗时 ,患者进入其腔体中 ,这类治疗器一般采用波动电磁场。

3. 两类仪器的主要技术特性比较

表 1 两类产品的主要技术特性		
分类	脉冲电磁场(PEMF)	波动电磁场(WEMF)
波形和频率、强度	尖峰衰减波形	正弦波形 + 恒定磁场
	频率 2 ~ 20Hz 2 ~ 75Hz 磁场强度 :1 ~ 10mT(10 ~ 100 Gauss)	正弦波频率 :1 ~ 100 Hz 磁场强度 :1 ~ 6mT(10 ~ 60Gauss)
频谱(脉冲波形中含有的正弦频率成分)	宽谱(0 ~ 250Hz ,主要频段 0 ~ 75Hz); 覆盖人体内 Ca、Mg、P 等离子的响应频段	治疗频率(0 ~ 100Hz)可调节 ;人体内 Ca、Mg、P 等离子的响应频率各不相同 ,因此频率的选择对骨代谢有一定影响
电磁治疗器形态和结构	由一组或多组电磁耦合器组合成治疗器 ,治疗器的形态和大小根据治疗靶器官而设计	由 1 个或多个具有圆筒形腔体的治疗器组成 ;由于要容纳患者进入腔体内治疗 ,所以治疗器形体较大
电磁场方向和空间辐射	1)电磁场从人体背部垂直进入靶治疗区域 (如脊柱); 电磁场强度随作用深度而迅速减弱 ,可利用此特点 ,减小对其它脏器的辐射 ,提高治疗安全性 2)由于电磁耦合器形体小 ,磁场空间辐射区域较小。	1 治疗时 ,人体需进入治疗器腔体中 ,人体脊椎和体内其它脏器同时受电磁场辐照 ,人体心、肺磁场和其它脏器可能受到干扰和影响 ,因此磁场强度的控制十分重要 ,以保障患者生物安全性 2)由于治疗器形体大 ,电磁场空间辐射区域较大。

国内外医疗器械管理规定 ,这一类物理治疗仪器进入市场应有动物实验报告。对骨质疏松治疗技术而言尤为重要 ,因为准确评估它的疗效 ,技术上尚有一定难度 ,并且需要一定长的时间。评估骨质疏松的疗效最重要的依据是骨骼力学特性改善和骨微细结构的修复。目前尚缺乏理想的无创检测人体骨骼力学特性和微细结构的技术 ,临床中常以骨密度改善作为评估疗效指标。如通过动物实验 ,用实验

数据证明治疗仪器能改善骨力学特性和修复微细结构 ,证明它的生物安全性 ,对治疗仪的临床价值是一个有力支持。临床医院选用治疗仪时 ,应重视产品是否具有动物实验报告。任何一种治疗仪的临床价值都应经过动物实验和大样本病例的临床验证才能做出正确的评价。

四、机理研究

Sert C 等^[3]使用 50Hz ,1mT 的电磁场治疗去势大鼠六周 ,发现胫骨皮质层厚度增加 ,胫骨中的钠和钾成分显著提高 ,血液碱性磷酸酶增加。Bilotta TW 等^[4]分别使用 30 高斯和 70 高斯的 PEMF 对去势大鼠治疗 4 个月后进行腰椎骨密度和股骨干灰测量 ,结果显示 ,30 高斯能延缓骨量丢失 ,70 高斯能防止骨衰退。Chang K^[5]等使用霍尔姆兹线圈和脉冲电磁刺激器产生时变脉冲电磁场 ,对双侧卵巢切除大鼠骨质疏松模型治疗 ,观察骨形态变化 ,结果表明 ,能抑制骨量的丢失并修复骨小梁结构。Fitzsimmons RJ 等^[6]用 15.3Hz 低能电磁场刺激骨骼 ,使骨生长因子增加 ,促进细胞有丝分裂 ,使骨细胞增殖。Mishima S 等^[7]用实验雌性大鼠双侧卵巢切除和坐骨神经切除制作质疏松模型 ,用 12Hz 3 ~ 10 高斯的 PEMF 治疗 ,观察到骨量和骨形成增加 ,骨髓腔内血流增加。

陈璐璐等^[8]观察 PEMF 对骨质疏松大鼠骨代谢的影响 ,证实 PEMF 能促进骨形成 ,同时也刺激骨吸收 ,但促进骨形成作用大于和早于促进骨吸收的作用 ,骨形态学分析发现 PEMF 使骨小梁增宽、致密、分布有序。张鹏等^[9]用低强度脉冲电磁场治疗股骨头骨质疏松的动物实验研究 ,认为低强度脉冲电磁场较显著改善股骨头的骨密度 ,改善股骨头骨髓腔的脂肪细胞肥大 ,增加股骨头骺板的成骨活性 ,提高了股骨头的生物力学特性。谭斌瑛等^[10]用 2Hz 15.3Hz 和 75Hz 交变电磁场对大鼠骨质疏松模型治疗 ,结果显示改善了股骨头的骨密度 ,并改善了生物力学性能和骨基质的超微结构。

谢肇 李起鸿^[11]对 PEMF 治疗骨质疏松的机理进行了较全面和深入地研究 ,实验证明 PEMF 能改善骨的微细结构 ,提高骨骼的生物力学特性 ,增加骨密度 ,使成骨细胞活性提高 ,抑制破骨细胞。他们认为 ,雌激素对骨代谢的调节作用很大程度上是通过骨局部因子的变化影响成骨细胞和破骨细胞数量、功能、寿命 ,进而影响骨形成、骨吸收的偶联。雌激素缺乏诱导成骨细胞形成增加 ,通过成骨细胞某些

因子分泌的改变,间接调节破骨细胞、成骨细胞的功能,从而对骨重建产生影响。脉冲电磁场通过提高骨局部钙离子浓度增强骨局部生长因子的表达,推测电磁场治疗绝经后骨质疏松时,可能具有改变骨局部因子表达的作用,从而通过调节骨局部因子影响骨形成与骨吸收,对绝经后骨质疏松起治疗作用。

五、临床应用

目前国外对电磁场应用于防治骨质疏松的动物实验研究较多,应用于人体的临床研究很少。Tabrah F, Bassett CA^[12,13]等人最早进行这方面研究,他们用 72Hz 的 PEMF 对骨质疏松前期妇女一侧前臂治疗,每天治疗 12 小时,共治疗 12 周,对治疗期前、期中和期后骨密度分析,发现电磁场直接作用区,在治疗期间,骨密度增加,而在 36 周后骨密度下降,未治疗一侧前臂骨密度也有相似但较弱的变化。作者 1990 年发表他们的研究报告,首次提出 PEMF 单独使用或与运动锻炼和药物配合,可用于绝经后妇女预防骨质疏松。

1999 年在我国第三届国际疏松研讨会上,游伟等^[14]国内首先报告使用脉冲电磁场治疗骨质疏松症,并在 2000 年在中国矫形外科杂志,发表“Union-2000 型脉冲电磁场治疗系统对绝经后骨质疏松症的疗效分析”,证实 PEMF 能改善临床疼痛症状,使骨密度增加。陈兵等^[15]应用 PEMF 治疗 16 例 I 型骨质疏松,全部病人疼痛症状消失,骨密度有不同程度改善。黄姝、孟萍等^[15]用低频脉冲电磁场,低频脉冲电磁场与雌激素联合应用,治疗绝经后骨质疏松患者,两组治疗结果都优于单纯雌激素治疗,能延缓骨量丢失,使骨密度增加。

目前国内已有多家厂家的产品在全国各级医院使用。除前述的一些正面的报道外,也有一些负面反应,一些医院感觉临床疗效不明显,甚至对这一疗法提出质疑。我们分析有两种原因:一是使用的治疗仪本身存在问题,可能该产品设计不合理,治疗参数选取不当,导致治疗效果差;另一个原因可能是临床治疗操作和评估方法不当造成。临床应用中,治疗方案设计不合理,治疗靶器选择不对,治疗器放置位置不正确等,都可能影响疗效;用骨密度评估疗效,一般应在治疗后 4-6 个月才会见到较明显变化,如在两个月疗程刚结束时测量骨密度,可能多数患者骨密度没有明显改变。

六、生物安全性及防护

电磁场治疗骨质疏松采用的频率,一般是 2-100

赫兹,属于电磁场的极低频(Extremely Low Frequency, ELF)频段。已有研究证明,ELF 在一定条件下对生物体可能产生危害,流行病学报道,长期暴露于低强度极低频电磁场的人群,白血病、脑瘤、淋巴瘤和乳腺癌发病率明显增高,国际癌症研究机构(IARC)已把极低频电磁场列为可能的致癌源。也有研究表明,电磁场对生物体的神经、心血管、内分泌、生殖等系统功能有明显影响^[17-20]。

骨质疏松治疗时,电磁场强度较强,治疗靶器官(脊柱和髌骨)与心、肺、肝、肾等重要器官距离很近,治疗时间较长,因此存在一定危险因素。电磁辐射还可能对长期工作在仪器附近的操作人员产生危害。我们不能忽视这一治疗技术的生物安全性。治疗仪的研发者和生产厂家,必须把治疗仪的生物安全性放到首位来考虑,设计必须符合生物安全性的要求。如果治疗仪设计不合理,或临床使用方法不当,都可能留下隐患。

由于目前已有一批各类治疗仪在医院使用,建议医院根据实际情况,针对不同的治疗仪采取适当的防护措施,以保障医护人员和患者的生物安全性:

1. 选用设计合理,生物安全性高,电磁辐射空间小,有动物实验报告,并经过大量临床病例验证的产品。
2. 癌症病人、孕妇、急性出血期患者、配带有源心脏起搏器和脑起搏器患者不宜采用电磁场治疗,他们应远离治疗设备。
3. 治疗器由医生放置的仪器,医生应正确选择治疗靶器官,正确放置治疗器。治疗器不宜放置于胸、腹前,以免对胸、腹腔内脏器产生刺激。治疗器应从背部顺脊柱方向放置,不要呈腰带状放置,腰带状放置不仅疗效差,而且长条状治疗器两端产生的电磁场可能对肝、肾产生刺激。
4. 形体大的治疗器,电磁场辐射空间也大,仪器操作人员不宜长期在近距离工作,最好采用电磁屏蔽隔离。
5. 使用电磁辐射空间大的治疗仪时,应加强患者副作用观察,尤其是对患有心血管、代谢、肝、肾等疾病的骨质疏松患者,患者应在医生全程监控下进行。

参 考 文 献

- 1 刘忠厚,主编. 骨质疏松学. 北京: 科学出版社, 1998: 298-315.
- 2 冯元桢. 生物力学活组织的力学特性. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1986.

- 3 Sert C ,Mustafa D ,Duz MZ ,et al. The preventive effect on bone loss of 50-Hz ,1-mT electromagnetic field in ovariectomized rats. J Bone Miner Metab 2002 ,20(6) :345-349.
- 4 Bilotta TW ,Zati A ,Gnudi S ,et al. Electromagnetic fields in the treatment of postmenopausal osteoporosis :an experimental study conducted by densitometry ,dry ash weight and metabolic analysis of bone tissue. Chir Organi Mov. 1994 ,79(3) :309-313.
- 5 Chang K ,Chang WH. Pulsed electromagnetic fields prevent osteoporosis in an ovariectomized female rat model :a prostaglandin E₂-associated process. Bioelectromagnetics 2003 ,24(3) :189-198.
- 6 Fitzsimmons RJ ,Baylink DJ. Growth factors and electromagnetic fields in bone. Clin Plast Surg 1994 ,21(3) :401-406.
- 7 Mishima S. The effect of long-term pulsing electromagnetic field stimulation on experimental osteoporosis of rats. J UOEI 1988 ,10(1) :31-45.
- 8 陈璐璐 ,柯俐 ,等 . 复合脉冲电磁场对去卵巢大鼠骨形态计量学的影响 . 中华物理医学与康复杂志 2001 ,23(4) :211-214.
- 9 张鹏 ,罗二平 ,等 . 低强度脉冲电磁场暴露治疗股骨头骨质疏松的机制 . 中国临床康复 2002 ,4(17) :2578-2579.
- 10 谭斌瑛 ,姜恩永 ,等 . 电磁技术用于骨质疏松症治疗的动物实验研究 . 中国骨质疏松杂志 2002 ,8(3) :216-218.
- 11 谢肇 ,李起鸿 . 低频脉冲电磁场治疗绝经后骨质疏松的机制 . 中国临床康复 2003 ,7(9) :1419-1421.
- 12 Tabrah F ,Hoffmeier M ,Bassett CA ,et al. Bone density changes in osteoporosis-prone women exposed to pulsed electromagnetic fields (PEMFs). J Bone Miner Res 1990 ,5(5) :437-442.
- 13 Tabrah F ,Hoffmeier M ,et al. Clinical report on long-term bone density after short-term EMF application. Bioelectromagnetics 1998 ,19(2) :75-78.
- 14 游伟 ,姜文学 . Union-2000 型脉冲电磁场治疗系统对绝经后骨质疏松症的疗效分析 . 中国矫形外科杂志 2000 ,7(4) :349-350.
- 15 陈兵 ,刘春生 ,蔡红卫 ,等 . 国产 Union-2000 骨质疏松治疗系统对 I 型骨质疏松患者疗效的初步观察 . 中华现代医学杂志 , 2001 ,2(4) :12-13.
- 16 黄妹 ,孟萍 ,蔡红卫 . 低频脉冲电磁场与雌激素联合应用治疗绝经后骨质疏松 . 中国临床康复 2003 ,7(9) :1399-1400.
- 17 Pool R. Is there an EMF-cancer connection ? Science 1990 ,249 :1096-1098.
- 18 Wertheimer N ,Leeper E. Electrical wiring configurations and childhood cancer. Am J Epidemiol 1979 ,109 :273-384.
- 19 Taubes G. EMF-Cancer Links ,Yes No and Maybe. Science 1993 ,262 :649.
- 20 Feychting M ,Ahlbom A. Magnetic-fields ,leukemias and central-nervous-system tumors in Swedish adults residing near high-voltage power-lines. Epidemiology 1994 ,5 :501-509.

2005 年第五届国际骨质疏松研讨会暨第三届国际骨矿研究会议

2005 年 5 月 22 ~ 29 日 陕西·西安

经上级批准 ,中国老年学学会骨质疏松委员会和中国骨质疏松杂志社将于 2004 年 5 月 22 日 ~ 29 日在陕西省西安市召开第五届国际骨质疏松研讨会暨第三届国际骨矿研究会议 ,简称春季国际会议。届时将邀请国际著名专家、学者就有关骨质疏松和骨矿研究领域的最新研究进展作报告并对国内外最新研究成果进行交流 ,并将庆祝中国老年学学会骨质疏松委员会成立 15 周年 ,中国骨质疏松杂志创刊 10 周年。

欢迎大家来信索取通知 ,也可在网上查取征文和参会通知。

来信来稿请寄 :北京市朝阳区 9910 信箱 100102 齐建云收

联系电话 010-64705247 传真 010-64743744

E-mail :info@china-osteofound.org(国外代表) 2001@china-osteofound.org(国内代表)

http ://www.china-osteofound.org

中国老年学学会骨质疏松委员会

中国骨质疏松杂志社