

· 综述 ·

脉冲电磁场在矫形外科的应用

陶超雄 吴华

脉冲电磁场(pulsed electromagnetic field, PEMF)是一种高能非电离辐射。人体对一定频率的磁场高度敏感。骨的适应性原理指出应力与骨骼结构有关,应力影响骨骼形成的观点得到了普遍的认同。1963 年,Shamos 等^[1]发现了骨骼中的压电现象,该现象预示应力可能通过压电效应产生电磁场影响骨细胞的生理功能。这些理论促进了应用脉冲电磁场治疗矫形外科疾病的研究。1977 年 Bassett 等^[2]使用脉冲电磁场刺激治疗骨不连取得了满意的效果,他的研究受到了广泛的关注,进一步使脉冲电磁场在矫形外科应用的研究得到了重视。

脉冲电磁场的物理学原理和生物学效应

脉冲电磁场由电流通过赫尔姆兹线圈产生磁场效应,磁场强度随时间发生改变,但方向不随时间发生改变,并有脉冲间歇。其特点是磁场强度变化快,可以由零很快上升到峰值,又由峰值很快下降到零;另一特点是突然出现,突然消失,重复出现之前有个间歇时间。脉冲电磁场的频率、宽度、振幅都可根据需要进行调节。脉冲电磁疗法是应用低频脉冲电磁场进行磁疗的方法。低频脉冲电磁场不产生热效应,它作用于骨组织,产生类似于流体机械塑形的作用,并通过不对称的宽幅脉冲可影响许多生物过程,进而改善骨骼、肌肉和其它系统的许多病理状态。脉冲电磁场的生物效应主要发生在细胞膜上^[3],生物体在脉冲电磁场的作用下可使细胞膜在原有静电位的基础上,产生一个新的跨膜电位,这个值的大小与外场参数有关,也与膜的种类、体积和大小等参数有关。跨膜电位的大小、持续时间及其产生的方式会直接影响到细胞的酶活性、膜的通透性、细胞的结构和功能变化。脉冲电磁场正是通过细胞膜上的作用使病变组织得以良好的修复。

脉冲电磁场在矫形外科的临床应用

一、促进骨折愈合,治疗骨折延迟愈合和不愈合

骨折愈合是一个极其复杂的生物学修复过程,5%~10%的骨折最终因各种原因发生骨延迟愈合或不愈合。自从有学者发现骨骼具有压电特性以来,人们就开始研究应用电磁场促进骨折愈合。Bassett 等^[2]首次应用脉冲电磁场治疗骨不连获得成功。脉冲电磁场以其非接触式、安全性好、疗效显著等优点成为应用较广泛的促进骨愈合的方法^[4]。Fontanesi 等^[5]对胫骨骨折患者行脉冲电磁场治疗,分析了与骨折愈合有关的各种临床和放射学指标,结果表明脉冲电磁场通过促进骨生成,能够加速并调节骨折愈合。Bassett 等^[6]用脉冲电磁场治疗 91 例先天性胫骨假关节症的患者,取得满意效果。Bassett 等^[7]同

时研究了 332 例成人骨不连患者,同样取得满意效果。电磁场对成骨细胞的影响机理较为复杂,电磁场刺激可以引起成骨细胞分泌胰岛素样生长因子(insulin-like growth factor, IGF)、 β 型转化生长因子(transforming growth factors-type beta, TGF- β)、I 型胶原等多种细胞生长因子,以电磁场强度依赖的方式减弱了未完全分化的成骨细胞间的间隙连接^[8],另外也有大量关于电磁场能够诱导前列腺素 E2(prostaglandin E2, PGE2)、氧化亚氮(nitric oxide, NO)等释放影响成骨细胞功能的报道^[9]。有报道认为,脉冲电磁场促进骨愈合的作用可能是多方面的,如脉冲电磁场刺激可以改善局部血液供应,从而加速骨折愈合;脉冲电磁场可使骨、软骨细胞周围微环境发生改变,使氧张力降低而刺激多能细胞分化为软骨母细胞和成骨细胞而成骨;pH 值增高有利于钙化;脉冲电磁场可对钙盐产生某种动力学影响,促进钙盐向阴极侧泳动沉着从而加速钙化过程;脉冲电磁场可激活细胞内的 c-AMP 系统,脉冲电磁场刺激具有类似内分泌激素的作用,对软骨或骨细胞构成一种细胞外信息^[10]。脉冲电磁场在细胞和分子水平促进骨折愈合的机制尚不十分明确,可能是脉冲电磁场通过诱导成骨细胞产生各种骨生长因子如胰岛素样生长因子-II(insulin-like growth factor, IGF-II)、TGF- β 、骨形态发生蛋白-2(bone morphogenetic protein, BMP-2)和骨形态发生蛋白-4(bone morphogenetic protein, BMP-4),从而促进骨折愈合;还可能与电磁场的热效应有关。Trock^[11]的研究表明,在致密结缔组织内或周围,机械性应力产生的电位涉及压电效应,骨折后电子向骨折处或应力处运动,此处呈负电位,电磁场通过对细胞膜受体和离子通道(如钙离子)的向上调节促进骨折愈合。电磁场也可影响细胞的基本生物化学过程。Schnoke 等^[12]研究认为,脉冲电磁场促进骨折愈合的机制可能是间接激活了胰岛素受体底物-1(insulin receptor species, IRS-1)、内皮型一氧化氮合酶(nitric oxide synthase, NOS)、核蛋白体 S6 亚基等。电磁刺激和电流刺激有助于血管发生,使破骨细胞活性降低,减少骨吸收,刺激骨基质蛋白生成及强化成骨作用^[13,14]。

二、治疗骨关节损伤

Bassett 等^[15]对 95 例因创伤、酒精、类固醇、镰刀细胞病、特发性等原因所致的股骨头坏死患者的 118 个髋关节用脉冲电磁场治疗。髋关节病变恶化的百分率明显降低,而且脉冲电磁场治疗的患者在症状和体征上还有长期的改善,并降低了早期关节成形术的需要。Simmons^[16]以 13 例行腰椎后路融合术失败的男性患者作为研究对象,按严格的标准进行治疗评价,结果表明脉冲电磁场对腰椎融合术是一成功的辅助治疗手段。Simmons 等^[17]在一项多中心临床研究中,对 100 例腰椎融合术后有症状的假关节形成患者(病程在 9 个月以上)进行脉冲电磁场治疗,每天 2 h,至少 90 d。结果 67% 的患者获得了坚固的融合,脉冲电磁场的有效性与患者是否吸烟、是否行自体骨移植、是否行内固定术或多节段融合等危险因素无关,提示脉冲

基金项目:国家自然科学基金资助项目(50477043)

作者单位:430030 武汉,华中科技大学同济医学院附属同济医院矫形外科

通讯作者:吴华, Email: wuhua360@yahoo.com.cn

电磁场可有效治疗腰椎融合术后的假关节形成。Aaron 等^[18]早先提出特定参数的脉冲电磁场可改变软骨细胞外基质的组分并促进软骨分子的合成,继而刺激了软骨的钙化。Sakai 等^[19]则发现,软骨细胞的明显增殖是通过细胞膜机制而非细胞核起作用的。在体外培养人鼻和关节软骨细胞的实验中,Pezzetti 等^[20]发现脉冲电磁场(75 Hz, 2~3 mT)能促进软骨细胞 DNA 合成,从而促进细胞增值,但必须有胎牛血清的存在,血清的浓度变化能影响细胞对脉冲电磁场产生增值反应的效果。De Mattei 等^[21]发现脉冲电磁场可以加速体内的组织代谢,同时促进体外培养的牛关节软骨中的前列腺素(prostaglandin, PG)合成,维持白细胞介素-2(interleukin-2, IL-2)的量,从而抵抗促进分解代谢的细胞因子的作用。因此脉冲电磁场有促进体外培养的关节软骨内的软骨蛋白产生的作用。Grace 等^[22]用 Wistar 大鼠作新鲜骨折模型观察脉冲电磁场对实验鼠髌骨沟软骨修复的作用,研究发现脉冲电磁场能抑制早期关节翳增生,促进血管形成,同时指出脉冲电磁场有促进增殖早期的软骨修复的作用。

三、治疗软组织损伤

肌劳损是运动系统过度负荷所引起的软组织病变。慢性反复积累的微细损伤,肌肉关节活动频度过多可以发生劳损。肌劳损后,组织发生代谢障碍,组织变性,进一步发生水肿、渗出,出现疼痛、活动障碍等症状。对肌劳损的处理原则,首先消除发病的原因,消除肿胀与缓解疼痛,改善局部血液循环及营养状态。而磁疗法对上述变化具有针对性的治疗作用,脉冲电磁场可以使局部的血管扩张,血流加快,改善局部的血液循环及营养状态,促进渗出物的吸收与消散,产生消除肿胀、缓解或消除疼痛的作用,而对肌劳损产生良好的治疗效果。Lin 等^[23]研究了脉冲电磁场对兔韧带愈合的影响,发现脉冲电磁场刺激的组织,毛细血管成纤维细胞较早升高并成熟,韧带组织的张力强度在早期也有明显升高。进一步的研究则发现成纤维细胞中有大量的粗面内质网,提示胶原的产生更加活跃,表明脉冲电磁场可直接刺激成纤维细胞的胶原合成,从而加速韧带的愈合。康庆林等^[24]报道,应用频率 1.7 Hz、0.5~0.6 mT 的正弦波电磁场治疗肌腱损伤,取得了较好的效果。临床应用低频电磁场对人损伤性肌腱的治疗结果表明,电磁场治疗具有促进损伤性肌腱愈合的作用。关于脉冲电磁场消炎、消肿、镇痛作用,国内外研究较多,已发现它能抑制炎症介质的致炎作用,增加通透性,促进水肿吸收,对中枢神经有镇痛作用,能降低神经末梢反应性。

四、治疗骨质疏松

骨质疏松是一种以骨量减少,骨微细结构出现改变,骨强度降低为特点的全身性骨病。临床主要表现为疼痛和病理性骨折。骨质疏松症使患者骨组织单位体积内正常矿化的骨量减少,最终导致骨的脆性增加和力学性能下降^[25]。骨质疏松症分为原发性、继发性和特发性三种。原发性骨质疏松症又分为两型:绝经后骨质疏松症和老年性骨质疏松症。随着年龄的增长及妇女绝经后体内降钙素、雌激素水平降低,其对破骨细胞的抑制作用减弱,对成骨细胞的激活作用亦减弱,使骨吸收增加,骨吸收后骨骼的钙磷转移到血液。由于破骨细胞与成骨细胞的生物平衡破坏,导致骨质疏松。临床上对骨质疏松症通常使用综合疗法治疗,即抑制骨吸收、促进骨形成。目前骨

质疏松症的治疗方法主要是药物、手术、康复治疗等。低频脉冲电磁场治疗是一种运用于骨质疏松症的新方法。自 1977 年 Bassett 等^[2]提出运用电刺激治疗骨不连,并将其运用于临床,取得良好疗效以来,人们不断尝试将脉冲电磁场用来治疗矫形外科疾病。而现在,已经有越来越多的动物实验和临床研究表明了低频脉冲电磁场治疗骨质疏松的有效性^[26]。脉冲电磁场作为一种先进的治疗骨质疏松症的物理治疗方法,可改善全身骨代谢,确实是一种非侵入性、安全有效的措施,能迅速缓解腰背四肢骨痛及活动受限、促进骨折部位愈合,还能提高骨密度、降低骨折的风险。

脉冲电磁场的应用前景

经过 30 余年的临床应用和基础研究,脉冲电磁场疗法对矫形外科疾病的治疗作用已得到肯定,脉冲电磁场为矫形外科疾病的治疗提供了一个全新的方式,但其作用机制仍不够明确。这就需要人们深化研究,逐步明确脉冲电磁场促进骨折愈合及组织修复的作用机制,为开发新一代的脉冲电磁场治疗仪器提供理论依据。但我们有理由相信,随着生命科学等相关学科的发展,在不久的将来,脉冲电磁场的生物学作用机制将不断被揭示,脉冲电磁场在医学领域亦将展现出更为灿烂的应用前景。

参 考 文 献

- [1] Shamos MH, Lavine LS, Shamos MI. Piezoelectric effect in bone. *Nature*, 1963, 197:81.
- [2] Bassett CA, Pilla AA, Pawluk RJ. A non-operative salvage of surgically-resistant pseudarthroses and non-unions by pulsing electromagnetic fields. A preliminary report. *Clin Orthop Relat Res*, 1977, 124: 128-143.
- [3] Aldrich TE, Andrews KW, Liboff AR. Brain cancer risk and electromagnetic fields (EMFs): assessing the geomagnetic component. *Arch Environ Health*, 2001, 56:314-319.
- [4] 陈继革, 吴华, 任凯. 脉冲磁场诱导成骨作用机制的研究. *中华物理医学与康复杂志*, 2006, 28:633-635.
- [5] Fontanesi G, Traina GC, Gianceschi F, et al. Slow healing fractures: can they be prevented? (Results of electrical stimulation in fibular osteotomies in rats and in diaphyseal fractures of the tibia in humans). *Ital J Orthop Traumatol*, 1986, 12:371-385.
- [6] Bassett CA, Schink-Ascani M. Long-term pulsed electromagnetic field (PEMF) results in congenital pseudarthrosis. *Calcif Tissue Int*, 1991, 49:216-220.
- [7] Bassett CA, Mitchell SN, Gaston SR. Pulsing electromagnetic field treatment in ununited fractures and failed arthrodeses. *JAMA*, 1982, 247:623-628.
- [8] Yamaguchi DT, Huang J, Ma D, et al. Inhibition of gap junction intercellular communication by extremely low-frequency electromagnetic fields in osteoblast-like models is dependent on cell differentiation. *J Cell Physiol*, 2002, 190:180-188.
- [9] 高堪达, 俞永林, 周建伟. 脉冲电磁场治疗骨质疏松症研究进展. *国外医学骨科学分册*, 2004, 25:307-309.
- [10] 谢小波, 庞丽云, 李小红, 等. 脉冲电磁场治疗创伤骨折. *医学研究杂志*, 2003, 32:53-54.
- [11] Trock DH. Electromagnetic fields and magnets. Investigational treatment for musculoskeletal disorders. *Rheum Dis Clin North Am*, 2000, 26:51-62.

- [12] Schnoke M, Midura RJ. Pulsed electromagnetic fields rapidly modulate intracellular signaling events in osteoblastic cells; comparison to parathyroid hormone and insulin. *J Orthop Res*, 2007, 25:933-940.
- [13] Ciombor DM, Lester G, Aaron RK, et al. Low frequency EMF regulates chondrocyte differentiation and expression of matrix proteins. *J Orthop Res*. 2002, 20:40-50.
- [14] Morone MA, Feuer H. The use of electrical stimulation to enhance spinal fusion. *Neurosurg Focus*, 2002, 15:e5.
- [15] Bassett CA, Schink-Ascani M, Lewis SM. Effects of pulsed electromagnetic fields on Steinberg ratings of femoral head osteonecrosis. *Clin Orthop Relat Res*, 1989, 246:172-185.
- [16] Simmons JW. Treatment of failed posterior lumbar interbody fusion (PLIF) of the spine with pulsing electromagnetic fields. *Clin Orthop Relat Res*, 1985, 193:127-132.
- [17] Simmons JW Jr, Mooney V, Thacker I. Pseudarthrosis after lumbar spine fusion: nonoperative salvage with pulsed electromagnetic fields. *Am J Orthop*, 2004, 33:27-30.
- [18] Aaron RK, Ciombor DM, Jolly G. Stimulation of experimental endochondral ossification by low-energy pulsing electromagnetic fields. *J Bone Miner Res*, 1989, 4:227-233.
- [19] Sakai A, Suzuki K, Nakamura T, et al. Effects of pulsing electromagnetic fields on cultured cartilage cells. *Int Orthop*, 1991, 15:341-346.
- [20] Pezzetti F, De Mattei M, Caruso A, et al. Effects of pulsed electromagnetic fields on human chondrocytes; an in vitro study. *Calcif Tissue Int*, 1999, 65:396-401.
- [21] De Mattei M, Pasello M, Pellati A, et al. Effects of electromagnetic fields on proteoglycan metabolism of bovine articular cartilage explants. *Connect Tissue Res*, 2003, 44:154-159.
- [22] Grace KL, Revell WJ, Brookes M. The effects of pulsed electromagneticism on fresh fracture healing; osteochondral repair in the rat femoral groove. *Orthopedics*, 1998, 21:297-302.
- [23] Lin Y, Nishimura R, Nozaki K, et al. Effects of pulsing electromagnetic fields on the ligament healing in rabbits. *J Vet Med Sci*, 1992, 54:1017-1022.
- [24] 康庆林, 田万成, 潘希贵, 等. 低频电磁场促进手部 II 区屈指肌腱愈合. *中华理疗杂志*, 1998, 21:355-356.
- [25] Abbott TA 3rd, Mucha L, Manfredonia D, et al. Efficient patient identification strategies for women with osteoporosis. *J Clin Densitom*, 1999, 2:223-230.
- [26] Kocyigit H, Arkun R, Ozkinay F, et al. Spondyloepiphyseal dysplasia tarda with progressive arthropathy. *Clin Rheumatol*, 2000, 19:238-241.

(修回日期:2008-07-15)

(本文编辑:阮仕衡)

· 个案报道 ·

拔罐治疗引起炎症扩散及其治疗一例报道

王珺 杨伯品 冯珍

一、病例资料

患者,女,48岁,右肩胛区疼痛8d于2007年9月20日入院。2007年9月12日无明显诱因出现右肩胛区疼痛,疼痛较剧烈,呈持续性,局部皮肤无红肿,当日到当地医院封闭抗炎治疗,症状未见减轻,9月18日自行拔罐治疗,治疗当天即感右肩部疼痛加剧,皮肤红肿,范围扩大并向左肩部及右上肢放射,活动受限,尤其在头部活动及卧床、起床时疼痛剧烈,影响睡眠。于9月20日来我院普外科就诊收治入院。查体:体温37℃、脉搏96次/min、呼吸22次/min、血压133/84 mmHg;痛苦面容,心、肺、腹无异常;右颈背部皮肤红肿,局部皮温较高,肌肉压痛明显,尤其在患者转变体位时疼痛加剧,颈部活动受限。血常规示:WBC $16.9 \times 10^9/L$, RBC $3.97 \times 10^{12}/L$, HB 129 g/L, 中性粒细胞百分比为85.3%。B超检查发现右侧肩背部皮下肌层下方软组织较左侧稍增厚,诊断“急性肌炎”。给予抗炎治疗但症状改善不明显,经康复科会诊后给予紫外线超红斑量治疗,隔日1次,超短波无热量治疗,每次15 min,每日1次。患者经1次治疗疼痛明显减轻,继续给予3次紫外线照射及10次超短波治疗,患者疼痛症状消失,右肩胛区皮肤红肿消退、局部皮温正常、无压痛,活动自如,满意出院。

二、讨论

局部封闭治疗是一种治疗疼痛的方法。火罐疗法^[1]是以罐为工具,借助热力产生负压使其吸附在腧穴或应拔部位而使

皮肤表面造成局部充血及淤血的一种治疗方法。这两种方法常用于止痛,是康复医学科常用方法。但如果未正确掌握适应证、禁忌证和注意事项会造成不良后果,此病例正是如此。其原因一是患者炎症未得到控制前进行了火罐治疗,由于火罐治疗的负压效应、机械刺激及温热作用造成局部炎症迅速扩散,这是造成患者疼痛加剧的主要原因;二是在询问病史时得知,在行封闭治疗时医师未遵循严格的无菌操作,且注射药物时边吸烟边操作,可能是引起肩部炎症的最初原因,是值得吸取的教训。

患者在接受物理因子治疗之前一直给予消炎药物治疗,但效果差,在进行紫外线及超短波治疗1次后症状明显减轻,体现了紫外线、超短波^[2]在治疗急性炎症方面的突出疗效。关于超短波及大剂量紫外线治疗消炎的机理,已有大量文献阐述,此处不作讨论。

此病例给予我们的深刻教训是,在从事各种治疗时必须规范操作,应严格掌握治疗方法的适应证、注意事项及禁忌证,以防止意外事件发生。

参 考 文 献

- [1] 梁繁荣,主编. 针灸学. 北京:中国中医药出版社,2005:220-227.
- [2] 卓大宏,主编. 中国康复医学. 北京:华夏出版社,2003:376-390.

(收稿日期:2007-11-13)

(本文编辑:松 明)