

· 基础研究 ·

高压交变电场治疗对大鼠骨折愈合的影响

刘光华 刘邦忠 王平 薛军 陆志辉 陈建新 宋旭 孙慧

【摘要】目的 探讨高压交变电场治疗对大鼠骨折愈合的影响。**方法** 共选取 SD 大鼠 48 只,将其制成胫骨近侧皮质骨缺损模型,采用随机数字表法将制模成功的 41 只大鼠分为实验组 (21 只) 与对照组 (20 只)。实验组每日接受高压交变电场治疗,对照组仅给予假刺激。于制模后第 7、14、21、28 天时各组分别取 5 只大鼠 (实验组于制模后第 14 天时取 6 只) 采血并检测血清骨钙素 (OC) 及骨性碱性磷酸酶 (BAP) 含量,随后处死大鼠并提取手术侧整根胫骨检测骨折处骨痂骨密度值 (BMD);同时截取含骨折部位的 1 cm 胫骨组织进行组织学观察。**结果** 实验组大鼠在制模后第 14、28 天时骨折部位 BMD 均显著高于对照组 ($P < 0.05$);血清学检测显示制模后第 14、21、28 天时实验组大鼠血清 OC 含量均显著高于对照组 ($P < 0.05$),制模后第 14、28 天时实验组 BAP 含量亦明显高于对照组 ($P < 0.05$);HE 染色显示,在骨折愈合早期阶段 (如制模后 7 ~ 14 d),实验组骨折部位血肿机化、吸收均早于对照组,成软骨细胞、成骨细胞提早出现而且数量较多;在骨折愈合晚期 (如制模后 21 ~ 28 d) 阶段,实验组骨小梁融合及矿化均早于对照组。**结论** 高压交变电场治疗能促进骨折部位血肿机化、吸收,促进骨祖细胞增殖与分化,加强成骨细胞、软骨细胞增殖并合成细胞外基质,从而加速骨折愈合,其治疗机制可能与促进骨折部位 OC 及 BAP 表达有关。

【关键词】 高压交变电场; 骨折; 骨钙素; 骨性碱性磷酸酶; 骨密度

The effect of high voltage alternating electric field therapy on fracture healing LIU Guang-hua, LIU Bang-zhong, WANG Ping, XUE Jun, LU Zhi-hui, CHENG Jian-xin, SONG Xu, SUN Hai. Department of Rehabilitation Medicine, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China

Corresponding author: LIU Bang-zhong, Email: liu.bangzhong@zs-hospital.sh.cn

【Abstract】Objective To explore the effect of high voltage alternating electric field therapy on fracture healing in rats. **Methods** An animal model of cortical bone defect was successfully established in the unilateral proximal tibia of 41 rats. They were then randomized into an experimental group (21 rats) and a control group (20 rats). The animals in the experimental group were given high voltage alternating electric field therapy for 30 minutes daily, while those in the control group only had sham exposure to the high voltage alternating electric field therapy. Rats in each group were sacrificed at days 7, 14, 21 and 28 post-operation. After blood collection, the operated tibias of the rats were resected with muscle and other soft tissue removed. Bone mineral density (BMD) of the callus at the fracture point was measured using dual energy X-ray absorptiometry (DEXA). The calluses were then cut down and fixed, decalcified and sliced for histological observation. At the same time serum osteocalcin (OC) and bone alkaline phosphatase (BAP) were also detected by ABC-ELISA. **Results** The BMD examination showed that callus BMD in the experimental group was significantly higher than in the control group at days 14 and 28. Serum OC and BAP in the experimental group were also higher at days 14 day 21, and OC was still significantly higher in the experimental group at day 28. Histological examination showed that in the early stages of bone healing hematoma absorption and organization appeared earlier in the experimental group than in the control group, with remarkable osteoblast and chondroblast proliferation. While at the later stage, bone trabeculas connection and mineralization also appeared earlier in the experimental group than in the control group. **Conclusions** High voltage alternating electric field therapy may promote fracture healing by accelerating hematoma absorption and organization, elevating osteoblast proliferation and differentiation as well as promoting extracellular matrix secretion and mineralization. The underlying therapeutic mechanism might be related to the increased expression of OC and BAP caused by exposure to the high voltage alternating electric field.

【Key words】 High voltage alternating electric field therapy; Fractures; Osteocalcin; Bone alkaline phosphatase; Bone mineral density

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2012.02.003

作者单位:200032 上海,复旦大学附属中山医院康复医学科

通信作者:刘邦忠,Email:liu.bangzhong@zs-hospital.sh.cn

当前国内、外许多研究表明,高压电位治疗对便秘^[1]、失眠症^[2]、躯体疼痛^[3]、更年期综合征^[4]等多种疾病均具有显著疗效;同时高压电位治疗对骨折愈合也有促进作用^[5-6],但其疗效机制并未明确。本研究采用高压电位作用骨折模型大鼠,观察其对骨折愈合的影响并探讨相关治疗机制。现报道如下。

材料与方法

一、动物分组与模型制作

共选取 3 月龄、体重 250 ~ 300 g 的 Sprague-Dawley (SD) 雄性大鼠 48 只,按每千克体重腹腔注射 100 mg 氯胺酮进行麻醉,待麻醉剂生效后取右后肢用 9% 硫化钠脱毛,在无菌条件下于胫骨前部、胫骨结节下 1 cm 处用厚约 2 mm 的钢锯条造成胫骨前 2 mm 横行缺损性骨折,骨折面深达髓腔,术后生理盐水冲洗创口,骨折不作内外固定处理,逐层缝合创口。于术前半小时肌注青霉素钠盐(每千克体重 15 万单位),连续注射 3 d。术后大鼠分笼饲养、自由活动。共有 41 只大鼠制模成功,采用随机数字表法将其分为实验组(21 只)及对照组(20 只)。

二、制模后干预

于制模后第 2 天将实验组大鼠置于 HES-30 型交流高压电位治疗仪的阴极板上,每只大鼠用纸板隔开使它们之间不能相互接触,治疗参数设置如下:电压 30 kV,电流强度 < 0.5 mA,频率 50 Hz,每次治疗持续 30 min,每日 1 次。对照组大鼠亦于相同时间点置于高压电位治疗仪的阴极板上,但设置高压电位治疗仪无能量输出,每次持续 30 min,每日 1 次。

三、标本采集

于制模后第 7、14、21 及 28 天时每组分别取 5 只大鼠(制模后第 14 天时实验组取 6 只)经氯胺酮腹腔注射麻醉后心脏采血 2 ml,静置离心后取血清备用;随后采用心脏注射空气法将大鼠处死,取手术侧整根胫骨,仔细剔除软组织后备用。

四、血清骨钙素及骨性碱性磷酸酶含量测定

2 组大鼠血清骨钙素(osteocalcin, OC)及骨碱性磷酸酶(bone alkaline phosphatase, BAP)含量检测均采用双抗体夹心 ABC-ELISA 法,所用大鼠骨钙素 ELISA 试剂盒及骨性碱性磷酸酶 ELISA 试剂盒均由上海西唐生物科技有限公司提供,具体操作步骤参照试剂盒说明书,所得数据由计算机自动拟合曲线并得到浓度数据。

五、骨痂骨密度测定

取 2 组大鼠胫骨标本,采用 Hollogig 2000 型双能 X 线骨密度测定仪检测骨折处骨痂骨密度值(bone mineral density, BMD)。

六、组织学观察

待 BMD 检测结束后,2 组大鼠截取含骨折部位在内的 1 cm 长胫骨组织,用 10% 多聚甲醛液固定 24 h 后,再置于 10% EDTA 脱钙液中充分脱钙,待大头针可轻易刺穿骨痂时结束脱钙,标本经彻底冲洗后,沿胫骨中轴矢状面剖开,经酒精逐级脱水、透明、浸蜡后石蜡包埋,行 5 μ m 厚连续切片,然后进行常规 HE 染色观察。

七、统计学分析

本研究所得数据以($\bar{x} \pm s$)表示,采用 SPSS 17.0 版统计学软件包进行数据分析,组间比较采用 *t* 检验, $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

结 果

一、制模后不同时间点 2 组大鼠 BMD 比较

制模后第 7 天时,发现 2 组大鼠骨痂 BMD 基本一致;随着骨折时间延长,2 组大鼠骨痂 BMD 均逐渐升高,并且实验组骨痂 BMD 在制模后第 14、28 天时均显著大于对照组,组间差异均具有统计学意义($P < 0.05$),具体数据详见表 1。

表 1 制模后不同时间点各组大鼠 BMD 比较
($\text{g}/\text{cm}^2, \bar{x} \pm s$)

组别	只数	制模后 第 7 天时	制模后 第 14 天时	制模后 第 21 天时	制模后 第 28 天时
实验组	21	0.1153 $\pm$ 0.0094	0.1593 $\pm$ 0.0092 ^{ab}	0.1658 $\pm$ 0.0109 ^a	0.1999 $\pm$ 0.0114 ^{ab}
对照组	20	0.1100 $\pm$ 0.0092	0.1324 $\pm$ 0.0054 ^a	0.1428 $\pm$ 0.0041 ^a	0.1555 $\pm$ 0.0150 ^a

注:与组内制模后第 7 天时比较,^a $P < 0.05$;与对照组相同时间点比较,^b $P < 0.05$

二、制模后不同时间点 2 组大鼠血清 OC 及 BAP 检测结果比较

制模后 2 组大鼠 OC 水平均逐渐升高,于制模后第 14 天时达到峰值,随后开始下降;进一步分析发现,各观察时间点实验组 OC 水平均显著高于对照组,组间差异均具有统计学意义($P < 0.05$),具体数据详见表 2。制模后第 7 天时实验组 BAP 即高于对照组,但组间差异无统计学意义($P > 0.05$),随后实验组 BAP 浓度继续升高,于制模后第 21 天时达到峰值,然后开

表 2 制模后不同时间点各组大鼠血清 OC 含量比较
($\text{ng}/\text{ml}, \bar{x} \pm s$)

组别	只数	制模后 第 7 天时	制模后 第 14 天时	制模后 第 21 天时	制模后 第 28 天时
实验组	21	777.20 $\pm$ 91.51	929.10 $\pm$ 70.90 ^a	587.20 $\pm$ 124.61 ^a	589.80 $\pm$ 46.55 ^a
对照组	20	567.80 $\pm$ 127.87	648.80 $\pm$ 88.93	427.40 $\pm$ 39.83	404.80 $\pm$ 53.54

注:与对照组相同时间点比较,^a $P < 0.05$

始下降;对照组 BAP 开始呈下降态势,于制模后第 21 天时反弹升高,随后又再次下降;组间比较发现,治疗组血清 BAP 水平在制模后第 14、21 天时均显著高于对照组 ($P < 0.05$),具体数据详见表 3。

表 3 制模后不同时间点各组大鼠血清 BAP 含量比较
(U/L, $\bar{x} \pm s$)

组别	只数	制模后 第 7 天时	制模后 第 14 天时	制模后 第 21 天时	制模后 第 28 天时
实验组	21	81.59 ± 33.81	104.95 ± 13.81 ^a	126.12 ± 68.58 ^a	51.22 ± 24.30
对照组	20	58.66 ± 33.98	8.94 ± 3.81	21.00 ± 11.55	8.88 ± 2.80

注:与对照组相同时间点比较, ^a $P < 0.05$

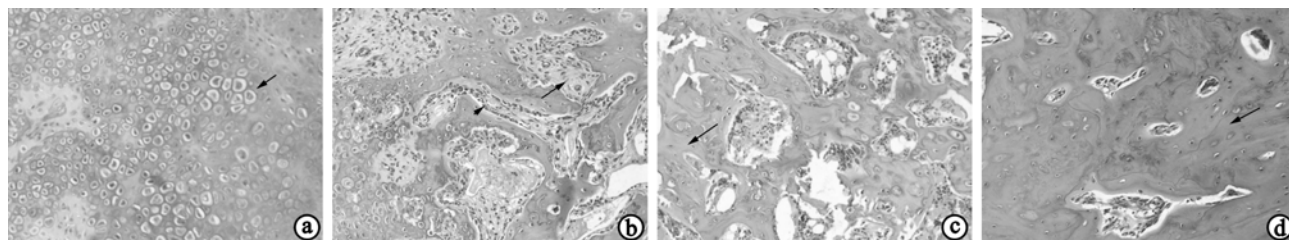
三、制模后不同时间点 2 组大鼠组织学观察结果比较

通过 HE 染色发现,制模后第 7 天时实验组肉芽组织分布区域已经缩小,取而代之出现大片软骨岛,软骨细胞肥大,新生血管数量增多,骨外膜生发层可见较多成骨细胞,而此时对照组仍可见大片状肉芽组织,只出现小片状软骨岛,骨外膜生发层成骨细胞数量较少(详见图 1a、2a);制模后第 14 天时,可见实验组肉芽组织基本消失,软骨细胞肥大、退变,软骨内成骨现象普遍,骨外膜下大量成骨细胞增生,破骨细胞增多,形成多处骨小梁,膜内成骨活跃;而此时对照组可见软骨细胞大量增殖,仅形成少而分散的原始骨小梁,成骨细胞、破

骨细胞数量较实验组少,膜内成骨较少(详见图 1b、2b);制模后第 21 天时,实验组软骨内成骨活动继续活跃,但软骨成分已有所减少,骨小梁逐渐融合,向骨组织过渡;此时对照组出现软骨细胞肥大,软骨内成骨大量形成,出现多处骨小梁及类骨质,成骨细胞大量增生,膜内成骨较为活跃(详见图 1c、2c);制模后第 28 天时,实验组骨小梁已基本融合,软骨成分已完全消失,细胞及胶原纤维排列较规则;而对照组骨小梁尚未完全融合,中间残存少许软骨岛,胶原纤维排列紊乱(详见图 1d、2d)。

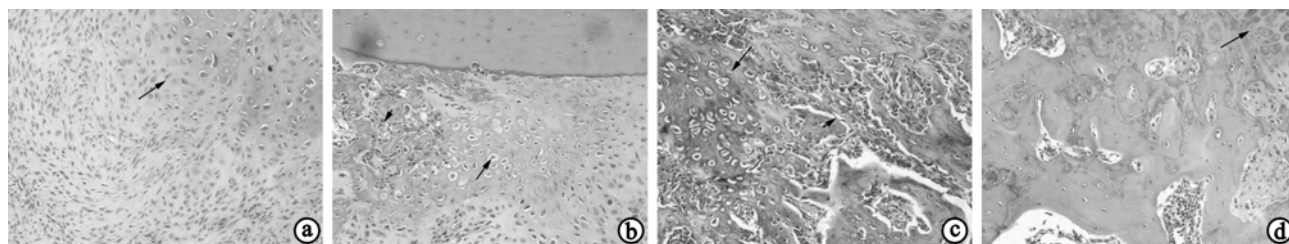
讨 论

目前临床上用于治疗骨科疾病的电刺激方法主要有 2 大类:一类为侵入性刺激,主要指直流电刺激,通过将电极直接植入骨折部位并给予直流电刺激;另一类为非侵入性刺激,其按照电场发生来源又细分为两种,一种是感应耦合电场,如脉冲电磁场等,将线圈对置于骨折部位两侧,给予线圈交流电或脉冲直流电,利用电磁感应在骨折部位产生感应电场进行治疗;另一种是电容耦合电场,指将电容器极板对置于骨折部位,利用两极板间产生的电场进行治疗^[7]。本研究所用高压电位治疗是一种电容电场疗法^[8],其实质相当于电容耦合电场治疗,其原理是通过在两电容电极间外加 1~30 kV 电压制造一种高压电场环境,当机体处在高



注:a 示制模后第 7 天时可见肉芽组织分布区域较小,出现大片状软骨岛;b 示制模后第 14 天时可见软骨细胞肥大、退变,软骨内成骨现象普遍,形成多处骨小梁(长箭头示),其内成骨细胞胞浆丰富(短箭头示);c 示制模后第 21 天时可见软骨内成骨继续活跃,但软骨成分已有所减少,骨小梁逐渐融合,向骨组织过渡;d 示制模后第 28 天时可见软骨成分已完全消失,骨小梁基本融合,细胞及胶原纤维排列较规则

图 1 制模后不同时间点实验组骨折部位形态学观察(HE 染色, $\times 20$)



注:a 示制模后第 7 天时可见大片状肉芽组织及小片状软骨岛,成纤维细胞大量出现;b 示制模后第 14 天时可见软骨细胞大量增殖、肥大(长箭头示),软骨内成骨现象较少,新生骨小梁较细(短箭头示);c 示制模后第 21 天时可见软骨细胞肥大(长箭头示),软骨内成骨大量出现,出现多处骨小梁及类骨质(短箭头示);d 示制模后第 28 天时可见骨小梁尚未完全融合,中间残存少许软骨岛(长箭头示),胶原纤维排列紊乱

图 2 制模后不同时间点对照组骨折部位形态学观察(HE 染色, $\times 20$)

压电场中时,由于电场感应效应,机体细胞膜电位发生改变,在组织中产生 0.1~0.2 mA 的微弱电流^[9],骨细胞通过感受电信号,并将电信号进行识别、转化,最终传导至效应细胞,并促进骨折愈合。

关于高压电位促进骨折愈合的机制目前尚未明确。日本 Hashimoto 教授^[5]将 24 只桡骨横形骨折家兔分为治疗组及对照组,治疗组术后每天给予 11 kV、60 Hz 的高压电位治疗 1 h,于术后 1~6 周进行骨折部位影像学、血管造影、组织学动态观察,发现在骨折愈合早期,影像学显示治疗组骨折部位及周边骨痂形成量大于对照组;血管造影显示治疗组骨折部位血管形成也明显多于对照组,并可见到较多新生血管长入骨皮质;组织学检查结果显示治疗组骨折部位血肿形成及吸收均较对照组显著提前,提示高压电位干预可以在早期促进骨折愈合,然而在骨折愈合晚期,高压电位干预似乎并未发生显著治疗效应。国内彭德清等^[6]采用高压电位作用大白兔桡骨骨折部位,通过影像学手段发现实验侧骨折处骨痂出现较对照侧早,骨折线消失时间也相对提前;组织学检查结果显示实验侧矿化出现及完成时间均早于对照侧,术后 4 周时实验侧内、外骨痂已完全融合,而对照侧尚未完全融合,提示高压电位治疗对骨折愈合具有促进作用。

BMD 能反映被测定部位的骨矿物质含量,能准确了解骨折部位愈合及矿化情况,本研究结果显示,在制模后第 7 天时,2 组大鼠骨痂 BMD 基本一致,此后随着骨折时间延长,2 组大鼠骨痂 BMD 均逐渐升高,在制模后第 14 及 28 天时治疗组骨痂 BMD 均显著大于对照组($P < 0.05$),提示高压电位治疗能显著提早矿化时间及增加钙沉积量;对骨折部位进行组织学观察发现,在骨折愈合早期,实验组骨折部位血肿机化、吸收时间早于对照组,膜内成骨及软骨内成骨时间也相对提前;在骨折愈合晚期,实验组骨小梁融合及矿化亦早于对照组。上述结果均充分说明高压电位治疗可促进骨折愈合,与 Hashimoto^[5]的结论基本一致。另外本研究还发现,无论是骨折愈合早期或晚期阶段,高压电位治疗均显示对骨折愈合具有促进作用,这一点与 Hashimoto^[5]的研究结果不同,而与彭德清等^[6]的研究结果基本一致。

BAP 是碱性磷酸酶的亚型,由成骨细胞产生,存在于成骨细胞膜结合物中,是公认的骨形成活性标志物之一,BAP 表达在成骨细胞增殖及分化期间显著增高,常被用于评价增殖期成骨细胞活性^[10];OC 是成骨细胞特异合成和分泌的一种非胶原骨蛋白,其主要作用是参与调节骨转换过程,几乎血液中所有的 OC 均来自成骨细胞,被认为是反映成骨细胞活性的特异性指标,OC 通常在成熟的成骨细胞中表达,预示成骨细胞转入

基质合成及矿化期^[11]。为探讨高压电位促进骨折愈合的相关机制,本研究还对骨折愈合过程中大鼠血清 OC 及 BAP 表达进行动态监测,结果发现制模后第 7 天时,实验组 BAP、OC 表达均高于对照组,但组间差异无统计学意义($P > 0.05$);在制模后第 14、21 天时,实验组 BAP、OC 水平均显著高于对照组($P < 0.05$),并且在制模后第 28 天时,实验组 OC 水平仍显著高于对照组($P < 0.05$)。将各时期血清 OC 及 BAP 监测结果与组织学观察结果进行综合分析,可发现制模后第 7 天时实验组出现大片软骨岛,并且骨外膜生发层可见较多成骨细胞,而对照组仍处于肉芽组织增生期,软骨岛、骨外膜生发层内成骨细胞数量均较少,此时实验组 OC 及 BAP 水平均高于对照组(尽管此时差异无统计学意义),提示实验组成骨细胞、成软骨细胞较对照组提前出现,即高压电位治疗可促进骨折部位血肿机化、吸收,加速骨祖细胞分化为成骨细胞及成软骨细胞;制模后第 14 天时,实验组软骨细胞逐渐肥大、退变,并开始进行活跃的软骨内成骨过程,成骨细胞大量出现,而对照组尚处于软骨细胞增殖期,成骨细胞较少,此时实验组 OC 及 BAP 水平均较对照组显著升高($P < 0.05$),提示高压电位治疗可促进成骨细胞、软骨细胞增殖;制模后第 21 天时,实验组软骨成分已有所减少,骨小梁成熟并逐渐融合,向骨组织过渡,而对照组则刚进入活跃的成骨阶段,此时实验组 OC 及 BAP 水平仍显著高于对照组($P < 0.05$),提示高压电位治疗能促进骨组织早日成熟;制模后第 28 天时,实验组骨小梁已基本融合,软骨成分已完全消失,细胞及胶原纤维排列规则,而对照组骨小梁尚未完全融合,中间残存少许软骨岛,胶原纤维排列紊乱,此时实验组 OC 水平仍显著高于对照组($P < 0.05$),提示实验组骨基质合成及矿化仍较对照组活跃,进一步证明高压电位治疗可促进骨基质合成及矿化。

综上所述,本研究结果表明,高压电位治疗可通过促进骨折部位血肿机化、吸收,加速骨祖细胞增殖与分化,促使成骨细胞、软骨细胞增殖并合成细胞外基质、加速矿化进程等促进骨折愈合,其治疗机制可能与增强骨折部位 OC 及 BAP 表达有关。

参 考 文 献

- [1] 张化联,李亚娟,雷欣,等. 高压电位治疗仪的临床应用. 中国临床康复,2002,6:2439.
- [2] 章功良,张景行,赵乐章,等. 兴百世电位治疗仪治疗 76 例失眠症的疗效分析. 右江医学,2004,32:100-101.
- [3] 陈文华,林玉萍,周长华,等. NX-9000 型电位治疗仪对肢体疼痛的疗效及安全性观察. 现代康复,1998,2:943.
- [4] 凌曙光,周小平,王海琦,等. 高压电位治疗对更年期综合征自觉症状的改善作用. 江苏卫生保健,2006,8:22-24.

- [5] Hashimoto T. The effect of static electric field caused by high voltage alternating current on callus formation. J Kyoto Pref Univ Med, 1975, 8:89-108.
- [6] 彭德清, 曹毅力, 涂洪章, 等. 电场促进骨折愈合实验及临床运用. 中华医学杂志, 2000, 24:265-266.
- [7] 王占朝, 侯树勋. 电刺激促进骨折愈合的研究现状. 中国医刊, 2005, 40:51-53.
- [8] 段乔峰, 盛莉, 张学浩, 等. 电位治疗仪的原理及安全. 中国医疗器械信息, 2006, 12:25-27.
- [9] 朱霖青. 理疗学. 上海: 上海科学技术出版社, 1986:27.
- [10] Mareke H, Ulrich J, Hanspeter W. Capacitively coupled electric fields accelerate proliferation of osteoblast-like primary cells and increase bone extracellular formation in vitro. Eur Biophys J, 2009, 29: 499-506.
- [11] Owen TA, Aronow M, Shalhoub V, et al. Progressive development of the rat osteoblast phenotype in vitro: reciprocal relationships in expression of genes associated with osteoblast proliferation and differentiation during formation of the bone extracellular matrix. J Cell Physiol, 1990, 143:420-430.

(修回日期:2011-08-20)

(本文编辑:易 浩)

· 短篇论著 ·

脉冲静电按摩结合氙光照射治疗老年带状疱疹后遗神经痛的临床观察

孙志成 徐小梅

带状疱疹后遗神经痛 (postherpetic neuralgia, PHN) 是指带状疱疹的皮损愈合后, 受累区域持续性疼痛 3 个月以上的一种慢性神经性疼痛综合征。好发于老年人及免疫力低下者, 在 60 岁以上老年患者中发生率高达 50% ~ 75%, 严重影响其生活质量。临床治疗十分棘手, 常规药物治疗的疗程长、疗效欠佳且不良反应较大^[1]。笔者采用脉冲静电按摩结合氙光照射治疗老年带状疱疹后遗神经痛, 取得了良好的治疗效果, 现报道如下。

一、资料与方法

(一) 临床资料

入选标准: ①符合 PHN 诊断标准^[2]; ②带状疱疹皮损消退; ③药物治疗后仍存在持续性或发作性疼痛超过 3 个月。并排除肿瘤等严重免疫力低下患者。全部患者均签署知情同意书。

选取我院康复医学科 2008 年 1 月至 2011 年 2 月门诊及住院符合上述标准的老年患者 75 例, 按就诊顺序分为脉冲静电按摩组 (I 组)、氙光照射组 (II 组) 和脉冲静电按摩结合氙光照射组 (III 组), 每组 25 例。3 组患者年龄、性别、病程及疼痛部位等一般资料经统计学分析, 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$), 具有可比性。详见表 1。

表 1 3 组患者的一般资料

组别	例数	年龄 (岁)	性别 (例)		病程 (月)	疼痛部位 (例)		
			男	女		头面	躯干	四肢
I 组	25	69.54 ± 7.58	14	11	3.5 ± 0.8	4	19	2
II 组	25	70.10 ± 8.03	15	10	4.0 ± 0.9	3	20	2
III 组	25	68.86 ± 6.97	12	13	3.6 ± 0.5	4	18	3

(二) 治疗方法

3 组患者均在同时使用常规药物 (如维生素 B₁、甲钴胺等)

基础上加用物理因子疗法。I 组采用脉冲静电按摩治疗, II 组采用氙光照射治疗, III 组采用脉冲静电按摩结合采用氙光照射治疗。3 组患者均连续治疗 2 个疗程。

脉冲静电按摩治疗: 采用德国产基本型 HIVAMAT 200 脉冲静电按摩仪治疗, 它是一种建立在治疗师的手与患者之间的脉冲静电场, 频率范围 5 ~ 200 Hz, 分为 5 ~ 25 Hz 低等频率震颤, 25 ~ 80 Hz 中等频率震颤和 80 ~ 200 Hz 高等频率震颤三种, 强度 0 ~ 100% 五档可调。患者持一电极棒, 另一电极通过电极片贴于治疗师的前臂上, 治疗师双手戴上专用橡胶手套。此时打开开关后调频至 100 Hz, 脉冲模式选择 2:1, 强度调至 80% 或 100%。嘱患者充分暴露疼痛部位, 扑上一层滑石粉, 治疗师即可在患部进行手法操作, 当治疗师接触患部皮肤时, 可感受到强烈的高等频率震颤。当脉冲模式调至 4:1 时, 患者感到电振动可及疼痛之深处。每日 1 次, 每次 20 min, 10 日为 1 个疗程。

氙光照射治疗: 采用日本医广公司产 550 型氙光低周波治疗仪治疗, 氙光发光周期设定在 0.3 Hz (发光间隔 3.3 s), 波长为 260 ~ 1100 nm 的连续光谱, 1 s 输出功率的换算值可达 3600 W。将 2 个 (如疼痛范围较大可用 4 个) 氙光导子同时紧贴于患者的疼痛部位, 只使用氙光照射, 照射时用遮光布罩于氙光导子上。每日 1 次, 每次 20 min, 10 日为 1 个疗程。

(三) 疗效评价

3 组患者均在治疗前和治疗 2 个疗程后分别采用目测类比分 (visual analogue scale, VAS) 法和疼痛评定指数 (pain rating index, PRI)^[3] 进行评测。根据 PRI 得出治疗前、后疼痛的积分计算疗效指数:

疗效指数 = (治疗前疼痛积分 - 治疗后疼痛积分) / 治疗前疼痛积分

治疗效果: ①治愈, 疗效指数 ≥ 0.75; ②显效, 疗效指数 0.74 ~ 0.50; ③好转, 疗效指数 0.49 ~ 0.25; ④无效, 疗效指数 < 0.25。

(四) 统计学分析

使用 SPSS 16.0 统计软件进行统计学分析, 数据以 ($\bar{x} \pm s$)