DOI:10.16016/j.1000-5404.1999.06.022

不同频率毫米波治疗大鼠脊髓损伤的研究

刘宏亮* 尹 清 刘青山 侯 岷 吴宗耀 张富鑫** (第三军医大学附属西南医院康复科) 重庆,400038

提 要 目的:研究不同频率毫米波对损伤脊髓修复的生物效应。方法:采用波长为4.9 mm、7.1 mm、8.9 mm,输出功率密度7 mW/cm²的毫米波治疗大鼠损伤脊髓,30 min,2次/d,治疗20 d。观察组织学及CSEP、MEP变化。结果:7.1 mm-7 mW/cm²治疗组与损伤组比较脊髓组织病变轻,CSEP潜伏期缩短。结论:毫米波能促进损伤脊髓的修复,毫米波疗法可能具有频率特异性。

关键词 毫米波;脊髓损伤;修复;鼠
中图法分类号 R454.1;R826.64

毫米波电扬具有广泛的生物学效应,它能促进外周神经的再生、调节神经递质的代谢、影响神经的电活动[1]。本作者既往研究表明频率42.3 GHz,波长7.1 mm的毫米波具有促进大鼠损伤脊髓修复的作用[2]。本研究应用不同频率毫米波(Millimeter wave, MMW)治疗大鼠不完全性脊髓损伤,通过组织学及神经电生理研究,观察不同频率的毫米波促进损伤脊髓修复的作用及其特性。

1 材料与方法

1.1 仪器

毫米波治疗仪由电子科技大学研制,波长为4.9 mm、7.1 mm、8.9 mm,辐射喇叭口为圆形,面积2 cm²,非调制连续波,输出功率密度7 mW/cm²。

1.2 实验动物与致伤方法

成年Wistar大鼠,体重(200±50) g,分为正常组,致伤对照组和3个治疗组即4.9 mm-7 mW/cm²、7.1 mm-7 mW/cm²组和8.9 mm-7 mW/cm²组,每组6只大鼠。巴比妥钠25 mg/kg腹腔注射麻醉,手术显露脊髓L1节段,按改良Allen氏WD法(重物坠落法)致脊髓损伤,致伤势能50 gcf,造成大鼠脊髓中度损伤。动物致伤24 h后开始治疗,时间30 min,每日2次,共治疗20 d。

1.3 检测方法

为使治疗作用差异得到充分体现,观察疗效,于伤后第30天以Nicolet-Viking Ⅳ肌电图-诱发电位记录仪行皮层体感诱发电位(CSEP)、运动诱发电位(MEP)检查。乙醚吸入法麻醉大鼠,暴露脑硬膜(矢状缝与冠状缝交点外2 mm、后2 mm处)及对侧坐骨神经。CSEP在坐骨神经处刺激、头颅硬膜外记录,以2 Hz 0.2 ms方波刺激,强度30~70 mA,叠加100~200次。MEP在头颅硬膜外刺激、坐骨神经记录,以1 ms方波、单次刺激,强度为30~100 mA,刺激与记录同步,未叠加。

* 刘宏亮,男,35岁,主治医师,讲师,博士
** 电子科技大学高能所生物医学工程研究室 成都,610054

电生理检查后,以4%多聚甲醛经主动脉灌注内固定,取损伤段脊髓,行HE染色、嗜银染色、尼氏染色,以LSAB免疫组化法程序行胶质原纤维酸性蛋白(GFAP)观察。

2 结果

2.1 组织学观察

伤后第30天,对照组神经元胞核结构模糊,神经元数量较正常少,分布不均匀,神经元周围见明显增生的胶质细胞,脊髓灰白质界限不清,灰质两侧不对称,见图1。嗜银染色见神经纤维较正常少,结构不清,轴索结构破坏。

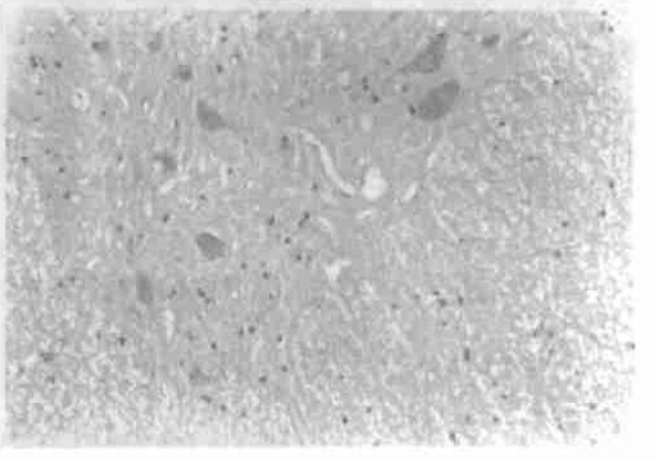


图1 对照组:神经元数量较少,并显变性,脊髓灰白色界限模糊 (HE×200)

Fig 1 Injured control: The number of neurons was decreased showing degenerative changes. The boundary between substantia grisea and substantia alba of the spinal cord was obscured (HE×200)

7.1 mm-7 mW/cm²组见神经元胞体形态趋于正常,神经元较损伤组多,胶质细胞增生较损伤组轻,灰白质界限清晰;灰质形状近乎正常,见图2。嗜银染色神经纤维较损伤组多,结构保存良好。其它治疗组与损伤组比较无明显差异。

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

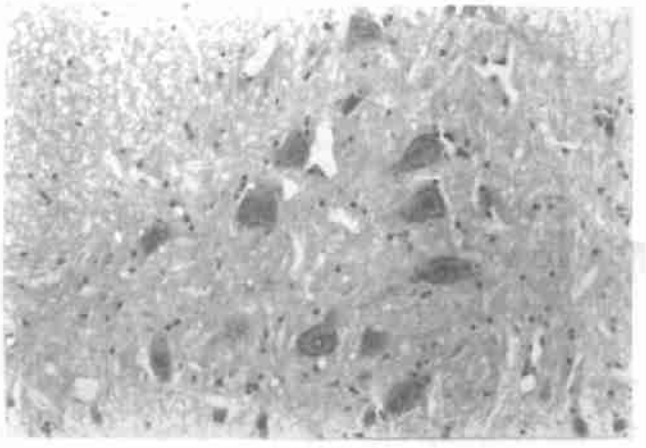


图 2　7.1mm-7 mW/cm² 组：神经元形态较正常，脊髓灰白质界限清晰　(HE×200)

Fig 2　Group treated with 7.1mm-7mW/cm²: The number and the morphology of the neurons showed nearly normal and the boundary between substantia grisea and substantia alba was clear　(HE×200)

GFAP 免疫组化染色：正常组偶见散在阳性细胞。损伤组 GFAP 染色呈反应性增强，以白质更为明显。7.1 mm-7 mW/cm² 组染色反应较正常组显著增强、但较损伤组减弱，其它治疗组与损伤组比较无明显差异。图像分析结果见表 1。

表 1　GFAP 免疫组化图像分析结果

Tab 1　Image analysis of GFAP immunohistochemistry

Group	n	Area	Optical density
Normal	6	1004±116	127±7
Injured control	6	4009±249*△	447±23*△
4.9 mm-7 mW/cm²	6	4315±286*△	474±27*△
7.1 mm-7 mW/cm²	6	2116±164*	249±18*
8.9 mm-7 mW/cm²	6	3936±217*△	440±24*△

*：$P<0.05$ *vs* normal；△：$P<0.05$ *vs* 7.1 mm-7mW/cm²

2.2　神经电生理观察

7.1 mm-7 mW/cm² 组 CSEP 潜伏期较其它治疗组及对照组有显著缩短，结果见表 2。

表 2　MMW 治疗脊髓损伤的结果

Tab 2　Results of treating injured spinal cord with MMW

Group	n	CSEP		MEP	
		Latency(ms)	Amplitude(μV)	Latency(ms)	Amplitude(μV)
Normal	6	4.25±0.75	15.27±36.53	5.41±0.22	1.06±0.49
Injured control	6	12.83±2.08*△	4.46±3.39	6.10±0.55*	4.25±4.60
4.9 mm-7 mW/cm²	6	11.85±1.58*△	4.84±1.41	6.06±0.64	1.75±0.38
7.1 mm-7 mW/cm²	6	8.02±1.27*	2.35±2.10	5.71±0.70	0.29±0.07
8.9 mm-7 mW/cm²	6	11.65±0.74*△	2.50±2.42	6.01±0.53	1.39±0.93

*：$P<0.05$ *vs* normal；△：$P<0.05$ *vs* 7.1 mm-7 mW/cm²

3　讨论

毫米波疗法是一种较新的物理治疗技术，近 10 年得到迅速发展，但尚未见对损伤脊髓作用的研究报道。本作者既往研究发现[2]，以频率 42.3 GHz 的毫米波作用于大鼠损伤脊髓，7 mW/cm² 和 20 mW/cm² 治疗组有相同的治疗效应，而 2 mW/cm² 组无治疗效应，毫米波效应存在阈值效应，低于这个阈值，毫米波不会发生作用。

本研究以不同频率（波长分别为 4.9 mm、7.1 mm、8.9 mm）、输出功率密度 7 mW/cm²（达到产生效应所需阈值）的毫米波作用于大鼠损伤脊髓，7.1 mm-7 mW/cm² 的治疗能促进损伤脊髓的修复再生，而 4.9 mm-7 mW/cm² 和 8.9 mm-7 mW/cm² 的治疗不能促进损伤脊髓的修复再生。即在本研究选用的毫米波治疗系统范围内，仅波长为 7.1 mm 的毫米波具有促进损伤脊髓的修复作用，这说明毫米波效应可能具有频率特异性。毫米波效应的频率特异性，即具有频率相关特性，对生物组织只有特定频率的毫米波才会产生特定的生物效应。国内外某些毫米波对其它生物组织效应的研究，亦发现毫米波效应具有频率特异性[3]。

通常认为，某种生物系统对毫米波具有特定的吸收频率（谱），亦存在特定的效应频率（谱），两者之间有着密切的联系[4]。生物组织对毫米波具有相应的吸收频谱，其中可能某种频率才能产生生物效应，或者吸收频谱中不同的频率具有不同的生物学效应。在研究毫米波辐射生物效应的频率相关特性时，必须既要考虑被照射物体对辐射的反射特性，又要考虑被照射物体的结构，后者通常是层状的。这种结构引起电磁波多次来回反射的结果，可能导致驻波形成。这可能是在被照射物体中形成毫米波功率的吸收或者分布的尖锐谐振的原因，此种特性可能演变为毫米波辐射生物效应的频率相关性[4,5]。

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

本研究表明：波长7.1 mm、输出功率密度7 mW/cm^{2}的毫米波能促进损伤脊髓的修复再生过程，且毫米波促进脊髓修复效应可能具有频率特异性。这为脊髓损伤的治疗提供了有益的参考。目前，尚未有能够解释频率相关效应的普适性观点，对此需进行深入研究。

参考文献

1 Kolosova L I, Akeove V D, Riabchikova O V, *et al*. Effect of low-intensity millimeter wave electromagneticradiationon regeneration of the sciatic nerve in rats. Bioelectromagnetics, 1996, 17(1): 44

2 刘宏亮，吴宗耀，刘青山，等. 42.3 GHz毫米波电场治疗大鼠脊髓损伤的实验研究. 第三军医大学学报，1998，20(6)：529

3 Pakhomov A G, Kutsenok V A. Search for frequency specific effects of millimeter wave radiation on isolated nerve function. Bioelectromagnetics, 1997, 18(4): 324

4 张富鑫 主编. 极高频生物医学电子学. 成都：电子科技大学出版社，1993. 23～76

5 Khizhnyak E P, Ziskin M C. Heating patterns in biological tissue phantoms caused by millimeter wave electromagnetic irradiation. IEEE Trans Biomed Eng, 1994, 41(9): 865

（收稿：1999-03-08；修回：1999-04-28）
（编辑 王 红）

Treatment of spinal cord injury with electric fields of millimeter wave with different frequencies in rats

Liu Hongliang, Yin Qing, Liu Qingshan, Hou Min, Wu Zongyao, Zhang Fuxin (Department of Rehabilitation Medicine, Southwest Hospital, Third Military Medical University, Chongqing, 400038)

Abstract Objective: To investigate the biological effects of electric fields of millimeter wave on the repairment of spinal cord injury. Methods: The spinal injury in rats were treated with the millimeter wave with different frequencies (4.9 mm-7 mW/cm, 7.1 mm-7 mW/cm and 8.9 mm-7 mW/cm) in a duration of 20 days (30 min for twice per day). The changes in histology, CSEP and MEP were determined. Results: The pathological changes were slighter and CSEP latency shorter in 7.1 mm-7 mW/cm-millimeter-treated group than in the traumatic group. Conclusion: Millimeter wave with a specific frequency can promote the repair of the injured spinal cord.

Key words millimeter wave; spinal cord injury; repair; rat

胫骨半反转膝关节融合治疗股骨下端骨巨细胞瘤

Fusion with half reversed proximal tibia for treating a case of giant cell tumor of the distal femur

刘荣秀* （广西桂林市中医院骨科）桂林，541002
李起鸿 （第三军医大学附属西南医院骨科）重庆，400038

1 临床资料

1.1 一般资料

患者女，24岁，右膝肿痛7个月加重2周。述1989年6月碰伤右膝外侧，肿痛久治不愈。2周来，局部肿胀骤然明显，疼痛加剧，夜睡痛醒，跛行。1989年2月21日来院，以股骨下端“巨细胞瘤”收入院。体检：发育，营养良好，体温、脉博、呼吸、血压正常，浅表淋巴结不肿大。右膝肿胀，股骨外髁圆形膨隆包块15 mm×12 mm，固定、压痛、质硬，有“压乒乓球”感，膝眼压痛(±)。浮髌征阳性，皮肤色暗红，温稍高，无静脉曲张。右膝主动屈曲仅60°，右下肢轻度肌萎缩。化验，胸腹X线，心电图正常。右膝部X片，股骨外髁有－10 cm×12 cm偏心，囊性膨胀，外壳菲薄，溶骨性破坏。放射学诊断“巨细胞瘤”。3月29日病理报告“骨巨细胞瘤Ⅰ级”。Enneking外科分期属“巨细胞瘤$G_1T_1M_0$”。

1.2 手术治疗

3月31日在硬膜外麻醉下行“肿瘤节段切除，胫骨半反转＋髂骨植膝关节融合术”。切口从大腿外侧中部至外髁，横经髌韧带达胫骨内髁至内踝上6 cm。骨膜外分离并于肿瘤上6 cm，将股骨下段与肿瘤完整切除，长14 cm，切除髌骨(留作植骨)、滑膜、半月板和胫骨平台关节软骨；骨膜下剥离胫骨内侧半，纵行锯取其内侧半长23.5 cm。切取两侧髂骨约130克并制成片、棍、粒三种规格。将胫骨半反转180°，下端插入股骨髓腔3.5 cm。一枚骨螺钉贯穿固定，上端与原位胫骨上端重叠6 cm。4枚骨螺钉贯穿固定。最后将片、棍、粒松质骨依次紧密植入薄弱

（下转445页）

* 刘荣秀，男，43岁，副主任医师，副教授

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net