

# 关于毫米波生物学作用机理研究和临床应用的若干问题

陈景藻

毫米波在通讯、遥感、射电天文、超导、受控热核反应、物质结构研究以及医学领域和军事领域的应用等日益广泛。有关毫米波生物学效应研究自 20 世纪 60 年代中期开始,在英国理论物理学家 Fröhlich 和前苏联科学院院士 Девятков 分别提出的理论观点影响下,少数发达国家学者开展了有关的研究。特别是在 Девятков 院士领导下的、Голант 和 Бецкий 教授组织的多学科联合研究群体,经过 25 年的基础研究和 10 年的临床应用研究以及 7 次全苏专题研讨会,于 1991 年在莫斯科召开了首届“非热强度毫米波医学应用国际学术会议”后,开始在世界各地推广使用。在前苏联通过 1 500 家医院对 30 多种疾病应用毫米波治疗,优选出了  $\lambda = 7.1 \text{ mm}$ 、 $5.6 \text{ mm}$  和  $4.9 \text{ mm}$  等有疗效的波长;至 20 世纪 80 年代末已出版了 7 部论文集。在前苏联还成立了毫米波医学应用学术组织,出版了本专业杂志。以上举措为推动毫米波在生物医学领域的研究和应用发挥了重要的作用。我国于 20 世纪 80 年代初由第四军医大学和西安电子科技大学有关专家协作开展了医用毫米波设备的研制和毫米波生物学效应及临床应用研究,以后在福建、北京、上海、成都、重庆等地相继开展了这一领域的工作,至今在设备研制、作用机制研究和临床应用方面已取得了可喜的进展。本文仅就毫米波生物学作用机理研究和临床应用的若干问题进行探讨。

## 关于毫米波作用机理研究已取得的主要进展和存在的问题

毫米波生物学作用基础首先在其物理性能,毫米波的量子能量为  $1.2 \times 10^{-4} \sim 1.7 \times 10^{-3} \text{ eV}$ ,远小于电子的转移能量  $1 \sim 20 \text{ eV}$  或激发能量  $0.2 \text{ eV}$ ,因此毫米波辐射属于非电离辐射;另一方面,毫米波的量子能量又高于磁序能量  $10^{-8} \sim 10^{-4} \text{ eV}$ 、超导电性时的库伯对能量  $10^{-6} \sim 10^{-4} \text{ eV}$ 、电子绕分子链旋转能量  $10^{-4} \sim 10^{-3} \text{ eV}$ ,故毫米波辐射仅在以相干振荡为特征的多量子过程中才能对生命活动产生明显的影响<sup>[1]</sup>。

关于毫米波生物学作用机理,已提出的一些理论观点或假说主要有:前苏联科学院院士 Н. Д.

Девятков 提出的波与细胞作用的“声-电”波理论(1965)、英国理论物理学家 Н. Fröhlich 提出的生物系统的相干电振荡论(1967)、20 世纪 60 年代末 70 年代初前苏联学者 Хургиный 等提出的“蛋白机器”模型、Давыдов 等提出的“孤立子机理”、20 世纪 80 年代初 Девятков、Голант 等提出的低强度毫米波生物学效应的“信息作用”概念、20 世纪 90 年代中期俄学者 Богданов 等提出的毫米波生物学作用的分子肽调节论等。以上研究主要从不同角度探讨了毫米波生物学作用的分子生物物理学机制,进展是可喜的;各种理论之间存在着某些内在的联系,故可互为补充,但至今还有对已提出的理论、假说等的不同意见,因此尚未形成统一的理论体系。

在国内、外已开展的毫米波生物效应研究涉及以下诸多方面:(1)微生物(如病毒、孢子菌、灵菌、酵母菌及某些致病菌等);(2)昆虫(果蝇、螻等);(3)离体细胞(红细胞、骨髓细胞、肿瘤细胞等);(4)皮肤;(5)微循环;(6)体内某些生化学物质(信号转导物质等);(7)眼组织;(8)骨组织;(9)肿瘤组织;(10)消化系统(胃);(11)免疫系统;(12)心血管系统;(13)内分泌系统;(14)脑、脊髓和周围神经;(15)肝、肾等器官;(16)生殖与遗传;(17)与  $\gamma$ -射线、X-射线等复合作用;(18)毫米波辐射的环境卫生学调查;(19)其它,如毫米波对呼吸系统的影响也进行过初步观察。上述研究已取得的材料加深了对毫米波生物学作用效应和机理的了解,对探讨其生物学作用理论获有不少宝贵的启示作用。

关于毫米波生物学效应研究,已取得的较普遍认同的进展主要如下:

据观察发现:从最简单的生物到哺乳动物及人对毫米波辐射都是敏感的。皮肤是首先受到毫米波作用的关键器官<sup>[2]</sup>,前苏联学者报告:皮肤对毫米波辐射的感受阈值为  $0.1 \text{ mW/cm}^2$  (美国学者报告为  $5 \text{ mW/cm}^2$ );皮肤对毫米波的比吸收值比对厘米波、分米波的比吸收值大 1~3 个数量级,当用  $5 \text{ mW/cm}^2$  的毫米波辐射人体时,皮肤的功率比吸收值可达到  $640 \text{ W/kg}$ 。当毫米波作用于皮肤时,其穿透组织的深度为  $0.2 \sim 0.6 \text{ mm}$ ,包括表皮各层组织、真皮的乳突层和网织层,在皮肤的这些层次中有含水小管的胶原纤

维和 3 个静脉丛,伴有分泌神经张力素(нейротензин)、血管活性肽和 P 物质的纤维,故可影响代谢。皮肤内的感受系统可将毫米波能量转换为神经脉冲<sup>[3]</sup>。

关于毫米波生物学作用的原发性机理,相干电振荡论占有重要位置,这一论点首先基于在生物体内存在极高频振荡源;由细菌到人体的细胞、细胞膜的一些部位、分子、原子具有相干的电机械性自动振荡谱,其范围在  $10^{10} \sim 10^{12}$  Hz,即毫米波电磁场振荡范围;机体各系统利用这些振荡做为代谢过程的调控,恢复被破坏的功能,提高对不良作用的耐力等的信号<sup>[3]</sup>;H. Fröhlich 提出:关于生物大分子在较宽的范围内相干性概念<sup>[4]</sup>,大多数蛋白分子在毫米波频段内产生谐振;生物组织在新陈代谢过程中可产生  $0.5 \times 10^{11} \sim 0.3 \times 10^{12}$  Hz 的相干振荡;低强度毫米波辐射引起的谐振效应,极显著地表现为小于 1% 的频率变化即可致效应全部消失或改变效应的方向,故存在频率窗效应<sup>[3,5]</sup>。

实验研究确定:游离的水分子、水溶液、蛋白质、DNA、脂类、氧、皮肤胶原(I 和 III 型)、细胞膜等均可吸收毫米波电磁能<sup>[3]</sup>。

毫米波辐射时,接受其能量的靶是水分子。皮肤中水份的含量超过 60%,由于外界环境温度的变化,皮肤血管中的水份平均值可能扩大 7.5 倍或减少 20 倍,因而可影响皮肤对毫米波辐射能量的吸收效果。生命媒质中的吸收功能基本上是由水造成的,水对毫米波的比吸收速度的量值是非常大的,可达  $100 \sim 135$  dB/cm。毫米波辐射能选择性地对游离的水分子充以能量,改变水环境的随机态势,从而导致在生化系统反应中的时相性变化。毫米波辐射可引起水的极性分子的变化,如造成谐振性质的弛豫震荡、增加极性分子的动能。水的极性分子在活体中积极参与组织结构的建立和活动,而不仅是溶剂。毫米波辐射通过对水分子的作用可影响细胞内、外酶质的性质,从而导致膜的功能变化,这一重要环节对毫米波辐射进一步引起的生物学作用和治疗作用具有重要意义<sup>[3]</sup>。

膜输送的生物学过程决定细胞的全部功能。低强度毫米波辐射可影响膜离子通道对离子的输送、可增大细胞膜内双层脂膜的离子导电性<sup>[6]</sup>。膜的隧道效应对外部激励具有高度的灵敏性。俄国学者提出了低强度毫米波辐射的谐振隧道机制<sup>[7]</sup>。

毫米波对基因和遗传的影响问题值得关注。实验观察发现:毫米波(6.50 ~ 6.59 mm)辐射可诱导大肠杆菌合成大肠杆菌素;此外,还存在显著抑制其合成的波段<sup>[8]</sup>。6.5 mm 的极高频长时间(3 ~ 5 h)辐射可诱导果蝇的第 1 代和第 2 代出现突变体,后代的生殖力和生存力降低,显然,个别基因对毫米波有一定的敏感性<sup>[9]</sup>。郭鹑<sup>[10]</sup>等曾就毫米波辐射对小鼠卵胚发育及

子代的影响进行了实验观察,取得了不少值得重视的结果,如孕鼠受毫米波辐射后,其成熟的仔鼠在学习和记忆能力上有下降。

关于低强度毫米波生物学效应的“信息作用”概念,目前已被较普遍地接受。人体和其它生物存在生命活动所固有的振荡过程,其中包括毫米波段的电磁振荡,在保障正常生命功能方面发挥重要作用。人工的毫米波辐射对生命机体的作用可看作是模拟细胞本征辐射(极高频仿生信息)以调节机体恢复正常状态和适应过程<sup>[6]</sup>。

生命机体必须产生和处理的信息量十分巨大,因此要求它只能应用功率电平弱小的信号,以便信息形成所消耗的能量与有机体所能保证的能量条件相容,对人和动物来说,此功率均为  $1 \sim 10$  mW,相当于机体热辐射功率的  $10^{-3} \sim 10^{-4}$  倍。据实验观察:在  $\leq 10$  mW/cm<sup>2</sup> 的毫米波辐射条件下,样品温升不超过 0.1℃,这种加热在其它热作用条件下,不引起机体的反应,而毫米波辐射时则伴随一系列特殊形式的明显反应。实验结果表明:只有在非热强度的毫米波辐射作用下,才能反应出其特异性作用,为此所采用的功率密度范围一般在  $0.05 \sim 10$  mW/cm<sup>2</sup> 之内。毫米波辐射的非热效应的特征标志是:(1)毫米波辐射的客体所产生的生物效应的性质和大小显著地反应出频率相关特性,其机制是谐振吸收;(2)在极高频辐射下出现的效应与温度升高时产生的效应是相对立的<sup>[3,6]</sup>。

在机体中发生的任何过程的能量来源都基于新陈代谢。低强度毫米波辐射机体时,仅起到触发作用,新陈代谢产生的能量给体内被激励的毫米波信号振幅的控制、形成复杂反应过程、调整原存在的病理变化等提供保障<sup>[6]</sup>。

近 20 年国内、外的基础实验和临床观察确定:毫米波局部辐射通过作用于皮肤内的神经末梢、各类感受细胞、血管、血细胞及其它免疫功能细胞,可引起机体产生全身性的、远位的效应,其机理涉及神经系统、神经-内分泌-免疫网络、穴位-经络系统等宏观传导途径<sup>[3]</sup>。近年研究发现:信号转导系统在介导电磁场作用中扮演重要角色<sup>[11]</sup>。刘朝晖<sup>[12]</sup>报道:毫米波辐射小鼠背部后,在小脑中 NO 代谢产物、NO<sub>2</sub> 含量和 cGMP 含量短暂性升高( $P < 0.01$ ),显示在毫米波生物效应中涉及 NO/cGMP 信息传递机制。

当机体处于正常功能状态时,毫米波辐射不改变正进行的功能,因为支持动态平衡是体内重要的信息功能,但可影响生物节律<sup>[13]</sup>。当机体处于病理状态时,依据不同的病变性质,生理的、生化的、生物物理的参数是各异的,而治疗用的毫米波辐射在频率方面是稳定的,即不具有等同于变化着的自然调控信息的参

数,因此,为保证机体病变组织对毫米波辐射的谐振吸收,必须对不同的病变在治疗前及在疗程中测定其频率并做相应的改变<sup>[3]</sup>。总之,毫米波辐射的信息调控作用是多途径、整体性、复杂的非线性作用过程,因此毫米波生物学效应具有多样性,在此基础上其治疗作用是比较广泛的<sup>[6]</sup>。

毫米波辐射与免疫学的关系值得重视。俄国学者报告:极高频(7.1 mm)辐射治疗,10 次为 1 疗程,数疗程后可成功地预防黑色素瘤切除后的转移或消除其早期转移灶,其机理是在发病早期,毫米波辐射通过对免疫系统的作用,可促进该病理过程逆转<sup>[14]</sup>。李雪平<sup>[15]</sup>进行了低功率毫米波对红细胞、淋巴细胞免疫功能影响的实验研究,结果表明:毫米波辐射疗程后 3 d 荷瘤小鼠红细胞和淋巴细胞的免疫粘附能力明显升高,并减轻了红细胞的脂质过氧化损害。

以上关于毫米波生物学作用机理研究的主要进展,对本领域的理论研究和临床应用均有重要的指导意义。当前存在的主要问题是:对已经提出的理论观点或假说需要更加深入的验证,同时注意发现和研究一些新的有关毫米波生物学作用的机制问题。

#### 为建立毫米波生物学作用的整体性理论 在研究中需重视的基本问题

一、加强医用毫米波发生装置和毫米波测量设备的研究,对毫米波的输出和测量力求做到精确、可调、性能稳定,这是促进本项业务发展的前提和最重要的保证。

二、在继续加强毫米波对生命系统不同层次的作用研究时,注意以下几个问题:(1)在原发性作用机制研究中,为深入探讨分子-量子水平的作用机制,如电荷输送在电磁辐射的感受中所起的作用、孤立子机理及其它某些机理的深入验证等,须引入高新技术,如利用纳米技术有可能对这些问题进一步搞清并获得新的发现;(2)毫米波辐射生命机体的局部时,要进一步深入观察全面的局部效应和整体性效应;(3)无论对哪一层次作用机理的研究,均应注意观察原发性效应、近期效应和远期效应(包括对生殖与遗传的作用效应);(4)加强毫米波对生命系统不同层次作用机理间有机联系的研究,为形成整体理论奠定基础。

三、加强毫米波辐射的临床流行病学和卫生防护学研究。在有毫米波辐射的生产环境中,对经常接触的人群的健康有无影响,至今研究报告尚少。据前苏联学者报告:72 名工程技术人员暴露在毫米波存在的环境中 1 ~ 10 年,毫米波辐射的功率密度可达  $1\ 000\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ,出现主诉疲劳、嗜睡、头痛、记忆力减退,红细胞数及血红蛋白量降低、白细胞总数降低、淋

巴细胞数增高、血小板减少,血清补体滴度降低、中性白细胞吞噬活性降低等<sup>[16]</sup>。随着毫米波在科学和技术领域日益广泛的应用,有关毫米波辐射的临床流行病学调查和卫生学研究应重视和加强,并需订出毫米波辐射卫生防护标准。

四、加强应用毫米波治疗不同系统疾病的确切效果及其治疗作用机理研究。通过临床研究,揭示在不同病理状态下,毫米波治疗作用效果和机理的共同性及特异性,对建立毫米波生物学作用的总体理论及指导毫米波的临床应用具有重要的价值。

五、在较广范围内,对毫米波的生物学作用和治疗作用与其它物理因子的作用相比较,探讨其间有无共性及毫米波作用的特性,在此基础上才有可能更有针对性地选择应用毫米波,从而最大限度地发挥其优越性。

总之,对毫米波生物学作用完整的理论研究,必须从系统的、宏观与微观相结合的角度出发,有理、工、生物、医学领域的多学科专业人员参加,才有可能进一步取得突破性进展。

#### 关于进一步提高毫米波临床应用的质量问题

低强度毫米波医疗应用已较为广泛。根据已发表的总结报告,涉及消化科、肿瘤科、心血管内科、神经内科、精神科、内分泌科、骨科、普通外科、烧伤科、泌尿外科、妇产科、眼科、皮肤科、呼吸科等,治疗的病种约 60 种以上。对部分病种,毫米波治疗取得的较显著疗效值得重视,并需要更深入的研究,例如:毫米波治疗部分肿瘤、缺血性心脏病、高血压病、高脂血症、多发性脑梗死、缺血性中风、小儿脑瘫、躁狂性-抑郁性精神病、胃-十二指肠溃疡、股骨头非炎性坏死(不伴有明显的股骨头变形、无股骨颈改变)、子宫内膜增生等,俄罗斯医务人员还应用毫米波戒毒,也值得进一步研究<sup>[3,17,18]</sup>。总的看来,毫米波的临床应用在适应证的选择、使用的方法技术、远期疗效的确定、治疗作用原理等方面尚待进一步研究。为提高毫米波医疗应用的质量,下列问题有待深入探讨:

##### 一、关于频率选用问题

应用毫米波疗法时,频率的合理选择是较复杂的问题,尚待深入研究。这一问题的难点在于:(1)在各种不同病理状态下,存在各不相同的谐振频率;(2)病理细胞的膜电位参数范围广泛,在某些情况下又缺乏突出的谐振依存性;(3)谐振频率受恒定磁场及其它因素的制约<sup>[19,20]</sup>。此外,在生理状态下,一般都能观察到多次谐振,那么在病理状态下,是否也存在多次谐振值得研究。

俄罗斯学者选用的 4.9 mm、5.6 mm、7.1 mm,以

及我国在医疗中常用的 8.0 mm, 均取得了一定成效, 但这远不是一成不变的结论。目前较普遍的主张是在临床应用前, 以极高频信号扫描方式先测定受辐射组织的吸收频谱, 故正在发展毫米波诊断技术设备, 使毫米波诊断与治疗相结合, 以进一步提高疗效; 还有学者主张: 为保证机体病变组织对毫米波电磁辐射更有效的谐振吸收, 必须在疗程中测定其吸收频率, 并在治疗中相应改变所采用的频率<sup>[3, 14]</sup>。为此, 目前正发展毫米波可变频率治疗仪<sup>[21]</sup>。

毫米波治疗技术除最重要的频率因素外, 其疗效还与毫米波的幅度、相位、极化状态、调制方式和调制参数等相关, 这些因素均有待深入研究。目前国外已研究应用调制频率为 50 Hz、脉冲调制频率为 2、4、8、16、32、64 Hz, 比较采用不同调制参数的治疗效果; 我国也已研制出毫米波多功能治疗仪, 设有多种波形: 连续波、调频波、调幅波, 可组成 8 种工作模式, 为临床应用研究创造了有利条件<sup>[21]</sup>。

## 二、关于功率密度的选择问题

基于毫米波治疗应用的信息调控论, 当今多采用非热强度辐射治疗各种疾病, 以保证充分发挥毫米波的信息调控作用。在此原则下, 所用的功率密度一般在  $10 \text{ mW/cm}^2$  以内。有关毫米波的基础研究已经揭示: 极高频辐射的生物效应具有阈值特性, 其范围约为  $50 \mu\text{W/cm}^2 \sim 10 \text{ mW/cm}^2$ , 在病理条件下采用的功率密度应大于阈值, 否则当被辐射的表面反射条件变化时, 治疗可能无效。有学者认为: 大幅度增加辐射治疗强度应当慎重! 否则, 可能引起负作用<sup>[17]</sup>。近年, 在我国有报告采用高功率密度毫米波辐射治疗肿瘤及其放、化疗反应, 取得了一定疗效。总之, 如何针对不同疾病及机体状况选择最有效的毫米波辐射功率密度有待进一步研究。

## 三、关于辐射时间的选择问题

毫米波生物效应与其辐射时间有关。毫米波辐射治疗时, 必须持续一定时间(一般在 30 min 以上)才能获得效应, 这种信息作用的累积过程一是需要逐步建立起来的子结构实现; 二是在作用过程中伴随极高频电磁能转化为化学能, 而这些作用机制都需要相应的时间。在临床治疗中, 每次辐射时间从 15 min 可到 1~2 h, 一般多采用 30~40 min; 每天辐射 1 次, 有时也采用 1 天辐射 2 次(如为减轻癌性疼痛); 1 疗程为 10 次左右。应当指出: 如果每次辐射治疗的时间过长, 如大于 2 h, 效果反而减小<sup>[3, 17]</sup>。对不同疾病及其发展的不同阶段, 如何选定毫米波辐射治疗的最佳时间(含每次辐射时间, 各次辐射的间隔时间, 每疗程的时间)是较复杂的、有待深入研究的问题。

## 四、关于辐射部位的选择问题

除眼病外, 其他各系统疾病的治疗都要通过毫米波辐射皮肤来实现。皮肤对毫米波辐射的吸收取决于其结构, 不同部位的皮肤和在不同功能状态下的皮肤含水量的多少以及表皮角质层的厚度对其吸收毫米波信息和能量有较大的影响; 由于皮肤结构是多层次的, 可对毫米波多次来回反射, 从而导致驻波的形成, 并产生尖锐的谐振, 这种特性可演变为毫米波辐射的相关频率特性<sup>[2, 7]</sup>。

体表对毫米波最敏感的部位是穴位和皮肤-内脏相关区, 故毫米波治疗多采用对上述部位辐射。不少学者认为: 在毫米波治疗中经络穴位的合理应用前景最为广阔。此外, 俄罗斯医生在用毫米波治疗一些疾病时, 也选择辐射肩后部(治疗精神病)、枕部(治疗心肌梗死后遗症、骨折)、胸部(治疗癌症)等。辐射面积多为  $2 \text{ cm}^2$  左右。俄罗斯学者根据毫米波临床应用经验提出: 为获得最佳疗效, 根据辐射的部位不同, 改变辐射的波长<sup>[3]</sup>。显然, 这一问题值得研究。

为防止空气对毫米波的传播产生衰减影响, 在进行毫米波治疗时应将辐射器直接接触皮肤, 以保证其最大辐射强度。在治疗局部有渗出或出汗时应擦干。实验发现: 棉布、尼龙、纯毛基本上不影响毫米波的输出强度, 故在毫米波治疗时可间隔薄层干燥衣服<sup>[17, 22]</sup>。

## 参 考 文 献

- 1 Бецкий ОВ, Голант МВ, Девятков НД. Миллиметровые волны в биологии. Москва. Знание, 1988. 3-4.
- 2 Бецкий ОВ, Ильина СА. Кожа и миллиметровые излучение в тезисных докладов. VII Всесоюзный семинар "Применение КВЧ излучения низкой интенсивности в биологии и медицине", Академия наук СССР. Москва 1989. 106.
- 3 Скурихина ЛА. Миллиметровая терапия. Вопр Курортотол, 1988, 5:65-72.
- 4 Fröhlich H. Long - Range coherence and energy storage in biological systems. Int J Quantum Chem, 1968, 2:641-649.
- 5 Голант МВ. Механизмы КВЧ управления восстановительными и приспособительными процессами в клетках в тезисных докладов. VII Всесоюзный семинар "применение КВЧ излучения низкой интенсивности в биологии и медицине", Академия Наук СССР. Москва. 1989. 88.
- 6 张富鑫, 林崇文. 极高频生物医学电子学. 成都: 电子科技大学出版社, 1993. 54-129.
- 7 Каменев АВ, Кислов ВВ. Туннельно - резонансный механизм воздействия слабого свчизлучения на биообъекты в тезисных докладов. VII всесоюзный семинар "применение КВЧ излучения низкой интенсивности в биологии и медицине" Академия наук СССР. Москва. 1989. 90.
- 8 刘卫. 毫米波生物学效应研究中应注意的几个问题. 国外医学物理医学与康复医学分册, 1988, 1:1-4.
- 9 Залюбовская НП. Реакция живых организмовна действие

- миллиметровых волн. УФН, 1973, 110:462-464.
- 10 郭鹁. 我科毫米波生物效应研究概况. 第四军医大学学报, 1990, 11:81-85.
  - 11 Lee RC, Canaday DJ, Doong H, et al. A review of the biophysical basis for the clinical application of electric fields in soft tissue repair. J Burn Care Rehabilitation, 1993, 14:319.
  - 12 刘朝晖, 陈景藻, 王小娟, 等. 毫米波对小鼠小脑信息传递物质一氧化氮及环磷酸鸟苷含量的影响. 中华物理医学与康复杂志, 1999, 21:170-172.
  - 13 Божанова ТП, Голант МБ, Кичаев ВА, и др. Область частот эффективного действия КВЧ излучения направленного на устранение функциональных нарушений в тезисы докладов. VII всесоюзный семинар " применение КВЧ излучения низкой интенсивности в биологии и медицине", Академия наук СССР. Москва. 1989. 110.
  - 14 Девятков НД, Голант МБ, Бецкий ОВ. Миллиметровые волны в жизнедеятельности и их действие. изд. " Радиосвязь". Москва. 1991. 117-137.
  - 15 李雪平. 低功率毫米波对红细胞、淋巴细胞免疫功能影响实验研究. 第四军医大学硕士学位论文, 1997, 22.
  - 16 王小娟. 毫米波生物学效应研究近况. 中华理疗杂志, 1988, 11:33.
  - 17 吴祁耀, 唐晓英. 毫米波技术与生物医学. 北京:北京理工大学出版社, 1998. 280-290.
  - 18 Даниленко СД, Шатров АА, Герасимович ОИ. Эффективность использования электромагнитного поля крайне высокой частоты (54-78 ГГц) при лечении больных с хроническими неспецифическими заболеваниями лёгких. Вопр Курортол, 1995, 6:16-18.
  - 19 Дмитриевский ИМ. Магниторезонансный механизм действия ЭМП малой интенсивности на биообъекты и его приложение к КВЧ диапазону. В тезисы докладов. VII всесоюзный семинар " применение КВЧ излучения низкой интенсивности в биологии и медицине", Академия наук СССР. Москва. 1989. 97.
  - 20 Богданов НН, Богданова АН, Безрученко СВ. Некоторые аспекты механизма действия электромагнитного излучения нано и миллиметрового диапазона. Вопр Курортол. 1995, 6:7-9.
  - 21 屈大信. 毫米波治疗仪器的现状与未来. 中国医疗器械信息, 2001, 7:11-14.
  - 22 张勃, 段立彦, 谭维溢. 不同介质对四种波长毫米波辐射强度的影响. 中华理疗杂志, 2000, 23:177-178.

(收稿日期:2002-03-29)

(本文编辑:郭正成)

## · 短篇报道 ·

### 调制中频电流治疗肌筋膜炎 44 例

武秀萍 邢继平

肌筋膜炎是门诊理疗常见疾病,我科采用中频电流治疗肌筋膜炎 44 例,疗效显著。现报道如下。

全部病例均为本院门诊确诊的肌筋膜炎患者,随机分为治疗组和对照组。治疗组共 44 例患者,男 31 例,女 13 例;年龄 17~75 岁,平均 32.5 岁;病程 5~14 d,平均 9.7 d;其中腰部疼痛 13 例,背部疼痛 20 例,骶髂部疼痛 4 例,颈肩部疼痛 7 例。对照组共 40 例患者,男 29 例,女 11 例;年龄 15~61 岁,平均年龄 33.2 岁;病程 7~16 d,平均 8.4 d;其中腰部疼痛 11 例,背部疼痛 18 例,骶髂部疼痛 3 例,颈肩部疼痛 8 例。

治疗组采用的调制中频电疗参数为中频载波频率 1~10 KHz, 低频 0.125~150 Hz, 输出波形有方波、正弦波、三角波及变种波型共 32 种,功率 < 45 W。根据疼痛部位大小,选用不同规格的电极板,将 2 块电极板及湿纱布置于痛觉敏锐处;电流强度以患者有舒适的电刺激按摩感,能耐受为限;每日 1 次,每次 20 min, 10 次为 1 个疗程。对照组口服消炎痛,每天 3 次,每次 50 mg, 餐后服, 10 d 为 1 疗程。

疗效标准 治愈:局部症状体征完全消失,功能完全恢复正常;好转:局部症状、体征明显缓解,功能基本恢复正常;无效:

经治疗后,局部症状、体征及功能活动无改善。治疗结果:治疗组 44 例患者中,治愈 38 例,好转 5 例,无效 1 例,总有效率为 97.7%;对照组 40 例患者中,治愈 25 例,好转 12 例,无效 3 例,总有效率为 92.5%。治疗组总有效率高于对照组,2 组比较经过  $\chi^2$  检验,  $\chi^2 = 6.39, P < 0.05$ , 差异具有显著性意义。

讨论 肌筋膜炎亦称肌纤维织炎,好发于腰背部、骶髂部等,该病可由创伤、风湿热等引起,属中医痹症范畴。我们所采用的调制中频电流治疗方案,可在规定的治疗时间内,不断变化波型、频率等物理参数,具有低、中频 2 种电流特点,能够产生舒适的肌内深层按摩作用,改善局部血液循环,使组织间水肿减轻,张力下降,减轻病灶区由于缺氧状态所引起的痉挛、酸中毒等症,加速致痛类物质的排泄<sup>[1]</sup>。

#### 参 考 文 献

- 1 郭万学, 司福厚, 主编. 理疗手册, 辽宁: 辽宁科学技术出版社, 1983. 120.

(收稿日期:2002-01-31)

(本文编辑:易浩)