

背肌筋膜疼痛综合征患者穴位热敏电学特征的研究

★ 陈更新¹ 陈日新² 张波² (1. 江西省中医针灸门诊部 南昌 330006; 2. 江西中医学院附属医院 南昌 330006)

摘要:目的:通过对背肌筋膜疼痛综合征患者热敏穴特征的研究,为临床客观探测热敏穴及热敏灸的规范操作提供依据。方法:应用波特分析方法辨识热敏穴的电学性质,获得热敏穴拓扑结构与元件参数,了解其电学特征。结果:热敏穴组织电学网络的电学元件性质是电阻与电容,其拓扑结构为一电阻(R1)与一电容(C)并联后再与一电阻(R0)串联的结构,且热敏穴较其对照点呈现较高电容的特征,有统计学上显著性差别。结论:热敏穴具有相对较高电容的特征,为今后临床客观检测热敏穴提供了依据。

关键词:背肌筋膜疼痛综合征;热敏穴;电学特征

中图分类号:R 246.1 **文献标识码:**A

The research of Electrical Character on the Heat – sensitive Acupoints of the Patients with Myofascial Pain Syndrome in Back

CHEN Geng – xin¹, CHEN Ri – xin², ZHANG Bo²

1. Outpatient Department of Acupuncture Clinic, Jiangxi Province TCM. Nanchang 330006;

2. Affiliated Hospital of Jiangxi TCM University Nanchang 330006

Abstract: **Objective:** It is to provide the clinical evidence for probing heat – sensitive acupoints objectively and the application of moxibustion on the heat – sensitive acupoints. **Methods:** Applying the bode's analyse to identify the electrical character of the heat – sensitive acupoints, acknowledging the result about element parameter of electrical network, understanding the electrical character finally. **Result:** The electrical elements of heat – sensitive acupoints 's network are resistor and capacitance. Its' topological tructure is the parallel connection of one resistor and one capacitance, connecting another resistor. the heat – sensitive acupoints has higher capacitance comparing to the control points. **Conclusion:** the heat – sensitive acupoints has the comparative higher capacitance .

Key word: Myofascial Pain Syndrome in Back; Heat – sensitive acupoints; Electrical character

穴位的本质是状态之别。穴位热敏化态是新发现的一种穴位敏化类型,其最佳刺激为艾灸热刺激,极易激发灸性感传(90%的出现率)乃至气至病所,疗效优于常规静息态经穴的艾灸疗法^[1-4]。然而目前穴位热敏化态仅能依靠患者对艾灸刺激的主观感觉来定位,尚不能客观显示,这使热敏灸疗法的推广应用受到限制。因此,有必要对穴位热敏的电学特征进行研究,为临床客观检测穴位热敏态及规范热敏灸疗法提供依据。

1 方法

1.1 研究对象

1.1.1 诊断标准 参照 Simons 1990 肌筋膜疼痛综合征诊断的临床标准^[5](见《疼痛学》第三版 原著:[英] Patrzck D. Wall, [加] Ronald Melzack. 主译:赵宝昌,崔秀云 辽宁教育出版社 2002. 2. 书名原名:Textbook of Pain 中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 24540 号)

1.1.2 纳入标准 (1)符合前述 MPS 的诊断标准,且疼痛部位在背部。(2)病程在 6 个月之内。(3)年龄在 20~50 岁之间(3)热敏灸感探查阳性。

1.1.3 排除标准 (1)合并急性软组织损伤,颈、腰椎病,肩周炎,风湿病;(2)合并有心脑血管、肝、肾和造血系统等严重

危及生命的原发性疾病以及精神病患者;妊娠或哺乳期妇女。

符合上述标准的 30 例背肌筋膜疼痛综合征患者共 30 个热敏穴,其中男 9 例,女 21 例,年龄 21 ~ 49 岁,平均 31.53 岁。

1.2 研究方法

1.2.1 (1) 热敏穴的查找 患者选择舒适、充分暴露病位的体位,用点燃的纯艾条在患者病痛部位,手持调控,距离皮肤 3cm 左右高度施行温和灸。当患者发生扩热(以施灸点为中心向四周扩散)、透热(艾热从皮肤表面向深部组织穿透)甚至循经传热等灸感时,此部位即为热敏穴,用红笔标记其位置。(2) 非热敏穴的选取:以热敏穴的对侧背部相应区域定为非热敏穴作为对照。

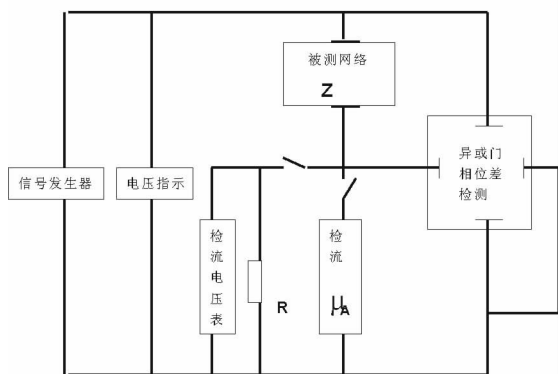


图 1 实验线路示意图 $R \leq Z$

1.2.2 测量原理 测定在电屏蔽室内进行,室温 25 ~ 30 ℃,相对湿度 58% ~ 68%。

实验线路如上图 1 所示。低频信号发生器采用 JX0-11 型低频信号发生器。低频段(0 Hz ~ 1 KHz)检流与检压系用日本产 DJ-830 数字多用表,高频段 5 KHz ~ 500 KHz)检流与检压系用 JX-16 型晶体管毫伏表。相位差由异或门检出。

当频率为 f 的电信号通过被测网络时,其电流值由微安表检出(0 Hz $\leq f \leq 1$ KHz 时)或让该电流经过一小电阻(100 欧姆)产生电压降而被电压表检出后按欧姆定律求得(在 5 KHz $\leq f \leq 500$ KHz 时)。因此在这种频率下的网络阻抗的幅值即可由公式 $Z = U/I$ 算出,而此时通过被测网络的电流与其两端外加电压的相位差由异或门检出。按此可测出每一频率下被测网络的阻抗幅值和幅角,如此被测网络的频率特性曲线即可作出。

1.2.3 操作步骤及测试内容 (1) 体位与皮肤清洁:受试者取俯卧位,暴露肩背部,95% 的酒精棉球轻拭待测部位,十分钟后开始测量。(2) 电极安置:自制恒定压力的 Ag-AgCl 乏极化湿电极。压力定为 150 g,电极直径为 5 ml,在测试部位垂直皮肤表面施于恒压与皮肤接触。电极与皮肤接触 10 秒钟读取数值。电极防止太干燥与太湿润,测试频率每换三次,以生理盐水恒量湿润电极一次。(3) 测试内容:分别在频率为 0 Hz、10 Hz、50 Hz、100 Hz、500 Hz、1 KHz、5 KHz、10 KHz、50 KHz、100 KHz、200 KHz、500 KHz 等十二个频率点上测定被测网络的阻抗幅值与幅角。测试输入电压自频率为 0

Hz 至 10 KHz 为 1 伏,自频率为 50 KHz 至 500 KHz 为 0.2 伏。频率 0 Hz 时电流检测用数字多用表直流微安档串入电路中;频率自 10 Hz 至 1 KHz 电流检测用数字多用表交流微安档串入电路中;频率自 5 KHz、

至 500 KHz 电流检测用晶体管毫伏表检测与被测网络串联的一小电阻(116 Ω)上的电压后由欧姆定律 $I = U/R$ 计算出电流值。自频率为 10 Hz 至 1 KHz 将 1 K Ω 电阻串入电路中以取电流信号检测相位差;自频率为 5 KHz 至 500 KHz 将 116 Ω 小电阻串入电路以取相位差。

1.2.4 数学模型构造 参照《心经前臂区段电学网络阻抗的波特分析》(《中国针灸》1987 年第 16 期,作者陈日新)方法构造数学模型^[6]。对于每个被测网络的测量数据,按阻抗幅值与频率对数——对数坐标上和相位角对频率在半对数坐标上作出波特图,继之按波特阻抗函数构造规则构造该网络阻抗函数的数学模型,从而推断其拓扑结构,计算其各元件参数。

1.2.5 数据处理 对每个被测网络的测量数据,按阻抗幅值对频率在对数——对数坐标上和相对角对频率在半对数坐标上作出波特图。

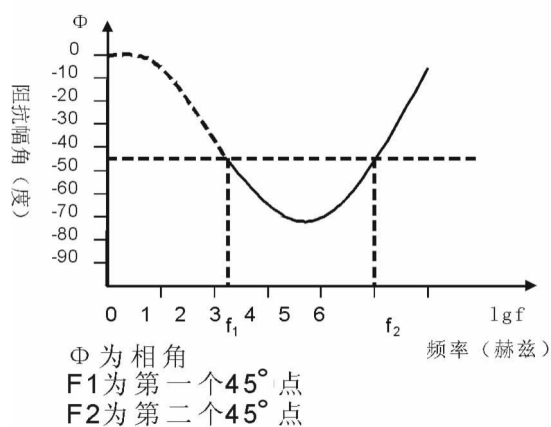
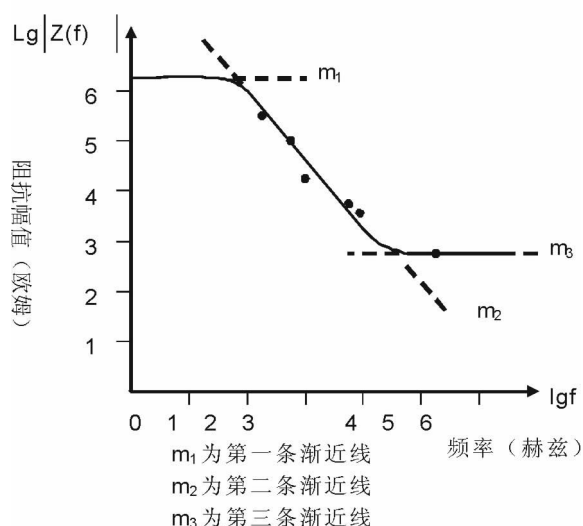
(1) 在对数——对数坐标上作 $Z(f)$ 对 f 的曲线图和渐近直线和在 $\Phi(f)$ 对 f 的曲线图。(2) 在 $Z(f)$ 对 f 的曲线上画出所有可能的渐近直线和在 $\Phi(f)$ 对 f 的曲线上确定所有 -45° 的点。(3) 计算渐近线的数目让它为 M 。计算 -45° 的点的数目,让它为 N 。(4) 检查 $M - N = 1$? 若 $M - N = 1$ 则继续下一步。(5) 确定在最低频率范围内的渐近线,让它的斜率为 m_1 ,若 m_1 为零,则 $Z_1 f = \text{常数} = K$,则 $Z_1(f) = K/jf$;若为负,则 $Z_1(f) = K/jf$ 。(6) 在最低的频率上确定 -45° 的点,让这个频率是 f_1 。(7) 确定紧随第一条渐近线的第二条渐近线,让它的斜率为 m_2 ,确定 m_2 比 m_1 大或小。若大则 $Z_2(f) = jf + f_1$;若小则 $Z_2(f) = 1/(jf + f_1)$ 。(8) 在较 f_1 更高的下一个频率上确定第二个 -45° 的点,让它对应的频率为 f_2 。(9) 确定第三条渐近线,让它的频率是 m_3 ,若 m_3 比 m_2 大则 $Z_3(f) = jf + f_2$;若 m_3 比 m_2 小则 $Z_3(f) = 1/(jf + f_2)$ 。(10) 整个网络的阻抗函数是 $Z(f) = Z_1(f)Z_2(f)Z_3(f)$ 。

2 结果

2.1 关于热敏穴及对照点电学网络的结构 对于每个被测网络的数据,按阻抗幅值对频率在对数——对数坐标上和相对角对频率在半对数坐标上作出波特图。继之按波特阻抗函数构造规则构造该网络阻抗函数的数学模型,从而推断其拓扑结构,计算其各元件参数,结果如下:

本研究 30 例 30 个热敏穴及对照点的阻抗幅值对频率在对数——对数坐标上和相对角对频率在半对数坐标上的曲线形态皆如图 2(a) 曲线形态。频率自 0 Hz 至 50 Hz 阻抗幅值的对数值随频率的对数值增大而基本不变,即 $d|\lg|z(f)|/d(\lg f) = 0$,频率自 50 Hz 至 100 KHz 阻抗幅值的对数值随频率的对数值增大而减小即 $d|\lg|z(f)|/d(\lg f) < 0$,频率自 100 KHz 至 500 KHz 阻抗幅值的对数值随频率的对数值增大又基本不变,即 $d|\lg|z(f)|/d(\lg f) = 0$ 。阻抗幅角对频率在对数——对数坐标上和相对角对频率在半对数坐标上

的曲线形态皆如图2(b)中曲线形态。



图二(b): 一网络的波特图
注: a 为 $\lg |z(f)|$ 对 $\lg f$ b 为 Φ 对 $\lg f$

该曲线出现两个对应幅角为 -45° 的频率点 f_1 与 f_2 , 阻抗幅值对频率曲线的第一条渐近线位于 f_1 以下的频段内, 第二条渐近线位于 f_2 与 f_1 之间, 根据波特阻抗函数的构造规则, 得到热敏穴及对照点电学网络的阻抗函数是 $z(f) = K(jf + f_2)/(jf + f_1)$ 。从这个函数中我们还不容易对其结构进行辨识, 因此, 对其作必要的数学演算, 使之成为容易分析的关系式。

$$\begin{aligned} Z(f) &= K \frac{jf + f_2}{jf + f_1} \\ &= K \frac{(jf + f_1) + (f_2 - f_1)}{jf + f_1} \\ &= K + K \frac{f_2 - f_1}{jf + f_1} \\ &= K + \frac{K(f_2/f_1 - 1)}{1 + jf/f_1} \\ &= K + \frac{1}{\frac{1}{K(f_2/f_1 - 1)} + jf \frac{1}{K(f_2/f_1 - 1)f_1}} \end{aligned}$$

由此可知热敏穴及对照点网络的电学元件性质是电阻与电容。其拓扑结构是一个电阻元件 R_1 [阻值是上式中的 $K(f_2/f_1 - 1)$] 与一个电阻元件 R_0 (阻值为上式中的 K) 串联的结构。如图3:

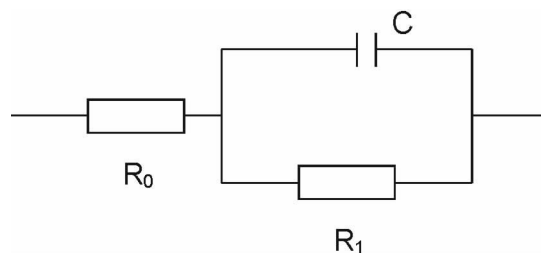


图3 热敏穴及对照点电学网络结构集总模型

2.1.1 关于网络各元件参数的计算 因为网络的阻抗函数

$$Z(f) = K \frac{jf + f_2}{jf + f_1}$$

当 $f \rightarrow \infty$ 时

$$Z(\infty) = K,$$

当 $f = 0$ 时,

$$Z(0) = Kf_2/f_1,$$

$$\text{所以 } f_2/f_1 = Z(0)/K = Z(0)/Z(\infty),$$

由上已得,

$$R_0 = K,$$

$$R_1 = K(f_2/f_1 - 1)$$

$$X_c = \frac{K(f_2/f_1 - 1)f_1}{f}$$

而又有

$$X_c = \frac{1}{2\pi f_c}$$

因此:

$$R_0 = K = Z(\infty)$$

$$R_1 = K(f_2/f_1 - 1) = Z(0) - Z(\infty)$$

$$\begin{aligned} C &= \frac{1}{2\pi K(f_2/f_1 - 1)f_1} \\ &= \frac{1}{2\pi f_1 [Z(0) - Z(\infty)]} \\ &= \frac{1}{2\pi f_1 R_1} \end{aligned}$$

网络的各元件参数由上述计算式分别计算而获得。

2.1.2 热敏穴与对照点网络各元件参数及其比较 见表1、图4、图5、图6。结果表明: 热敏穴的电阻 (R_0 与 R_1) 比其双侧对照点电阻 (R_0 与 R_1) 分别较低, 而电容 (C) 比其双侧对照点电容 (C) 分别较高, 均有统计学上显著性差别。

表1 热敏穴与对照点网络各元件参数及比较

参数	热敏穴	对照点	P 值
C (PF)	1154.34 ± 262.43	847.44 ± 243.45	< 0.01
R ₀ (KΩ)	1735.57 ± 354.53	1977.67 ± 456.64	> 0.05
R ₁ (Ω)	1266.64 ± 198.73	1445.47 ± 356.78	> 0.05

2.1.3 序贯试验法检验热敏穴较对照点呈现高电容低电阻特征在本实验样本中的阳性率 热敏穴较高电容特征序贯试验的检验标准如下: (1) 热敏穴的电容量高于对照点的电

容量且其差值至少在对照点均数的25%以上为阳性,阳性率 $P \geq P_1 = 80\%$ 有意义; $P \leq P_0 = 30\%$ 为无意义。(2)假阳性率 $\alpha = 0.01$,假阴性率 $\beta = 0.01$

根据上述试验标准 P_1 、 P_0 、 α 、 β 4个值定出两直线方程。

$$U: y = 2.06 + 0.561n;$$

$$L: y = -2.06 + 0.561n;$$

由此进行序贯检验,结果见图7。结果表明:在上述检验标准下,热敏穴电容较对照点的电容高的阳性率为 $\geq 80\%$ 。

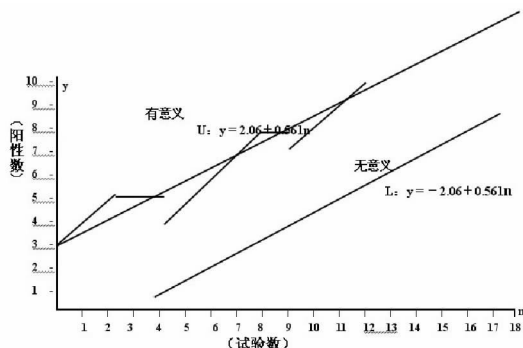


图4 热敏穴较高电容特征的序贯检验

3 讨论

已有研究报道,脏腑病变时穴位处的电学特性会出现一系列的改变。张氏^[7]等对40名胃窦炎患者和67名正常人6404条穴位伏安曲线进行定性定量分析。结果显示患者的公孙、足三里两穴的惯性面积和伏安面积两项指标均明显大于正常人($P < 0.05$),患者的冲阳、梁丘两穴的惯性面积指标明显大于正常人($P < 0.05$)。杨氏^[8]等研究了胆囊炎患者手术前胆经上与病症有关穴的电学动力学特征并与健康正常人进行了对照分析,所得结果显示:炎症期间,阳陵泉和胆囊穴的电导和电动力学各项指标发生了显著增加的变化,随着炎症的解除,各指标向正常值转化,说明经穴电导和电动力学各指标可以从一个方面客观表现经络病症的功能。

穴位热敏是一种新发现的疾病体表反应现象,对热敏穴位艾灸时会表现出一些奇异的灸感现象:第一是透热,灸热从施灸点皮肤表面直接向深部组织穿透,甚至直达胸腹腔脏器;第二是扩热,灸热以施灸点为中心向周围扩散;第三是传热,灸热从施灸点开始沿某一路线向远部传导,甚至到达病所;第四是局部不(微)热远部热,施灸部位不(或微)热,而远离施灸的部位感觉甚热。第五是表面不(微)热深部热,施灸部位的皮肤不(或微)热,而皮肤下深部组织甚至胸腹腔脏器感觉甚热;第六是产生其他非热感觉,施灸(悬灸)部位或远离施灸部位产生酸、胀、压、重、痛、麻、冷等非热感觉。上述灸感传导之处,病症随之而缓解。如悬灸风门穴,热胀感向肩部传导,多年肩痛立即缓解;悬灸阳陵泉穴,热胀感向腰部传导,多年腰部困重紧痛感立即缓解;悬灸三阴交,热流传至下腹部,几次治疗后盆腔积液明显改善;悬灸天枢穴,热流直透腹腔,几次治疗后,多年紊乱的肠功能明显改善。以上现象的发生有一个共同的特征,就是相关穴位对艾热异常敏感,产生一个“小刺激大反应”(其他非相关穴位对艾热仅产生局部和表面的热感)。我们称这种现象为穴位热敏现象,这些穴位称为热敏穴位^[1-4]。穴位热敏的电学特征至今未

见报道。

本研究为给予热敏穴位被测网络一系列不同频率的正弦输入而相应测出其稳态输出,紧紧抓住输入讯号与输出讯号在振幅、相位差之间的相互关系,按照波特分析程序构造了被测网络的阻抗函数,刻划了被测网络的阻抗幅值与频率的关系和阻抗幅角与频率的关系,从电学元件的数学形式上反映了被测网络的特定结构。本研究表明,热敏点及其对照点的组织在皮肤上安置电极测定得到电学网络结构是一个电阻与一个电容并联后再与一电阻串联的结构。这种网络结构告诉我们,对于人体活组织电学特性来说,电阻与电容成分是两个处于同等重要地位的电学物理量。它们从不同方面反映了活组织的微观结构和微观运动。同时提示我们反映穴位活动电学性质的讯息,在不同状态下,可能从不同的网络组成成份上表现出来。早年Cole(1933)和Barnett(1938)^[9]根据他们关于在人体皮肤上相角测量的结果曾提出过皮肤组织的基本稳态等效电路模型。这个模型的结构与本实验结果是一致的。当机体有病时,通过自主神经反射而引起皮下小动脉的血管运动神经异常兴奋,以致血管收缩,使该部皮肤营养不良,毛细血管通透性增大、水肿、出血而形成半坏死层,这可能是热敏点较高电容特征的产生机制。热敏点具有较高电容的特征,为我们临床客观检测热敏点提供了依据。

上述结果表明热敏穴位具有高电容的特征,为我们今后临床客观检测热敏穴和规范热敏穴灸疗提供了依据,值得进一步研究。

参考文献

- [1] 陈日新,康明非. 膻穴热敏化艾灸新疗法[M]. 北京:人民卫生出版社,2006:21.
- [2] 陈日新,康明非. 膻穴热敏化的临床应用[J]. 中国针灸,2007,27(3):199-202.
- [3] 陈日新,康明非. 膻穴热敏化及其临床意义[J]. 中医杂志,2006,47(12):905-906.
- [4] 陈日新,康明非. 灸之要,气至而有效[J]. 中国针灸,2008,28(1):44-46.
- [5] 原著:[英]Patzek D. Wall,[加]Ronald Melzack. 主译:赵宝昌,崔秀云 疼痛学[M]第3版. 书名原名:Textbook of Pain 辽宁教育出版社,2002:2.
- [6] 陈日新,心经前臂区段电学网络阻抗的波特分析[J]. 中国针灸,1987,7(6):26-29.
- [7] 张海蒙 沈雪勇 王彩虹. 公孙、足三里等穴伏安特性的研究[J]. 上海针灸杂志,1999,18(1):1-3.
- [8] 杨文修 许文胜 孙化羽等. 急性胆囊炎患者经穴相关特性的研究[J]. 生物医学工程与临床,1997,1(1):29-33.
- [9] Reichmanis Metal, Laplace plane analysis of Impedance Between Acupunctme Points H-3 and H-4. Comp Med, East and West Institute for Advanced Research in Asian science and medicine[J], 1977, 12(5):289.

(收稿日期:2009-06-09)