

## 皮肤低阻点及其循径分布特征的微机检测

### I. 测试方法可靠性的研究

胡翔龙 吴宝华 许金森

(福建省中医药研究所)

郝 敬 尧

(中国科学院力学研究所)

皮肤阻抗能否作为检测经络循行路线的一个客观指标,是多年来人们一直在研究的一个问题。虽然国内外都已做了不少的工作<sup>〔1-8〕</sup>,但意见仍然比较分歧。其中一个原因,就是对测试方法还缺乏充分的论证。针对目前皮肤阻抗研究工作中存在的问题,1987年,我们曾对测试方法作了一些重要的改进,并对45名受试者的8条经脉进行了观察。结果初步表明,皮肤低阻点的分布基本上是循经的<sup>〔9〕</sup>。最近,我们又研制了一套专门用于皮肤阻抗检测的微机系统,对皮肤阻抗检测方法的可靠性作了进一步的研究,现将结果报道如下。

### 实验方法

1. 观察对象:35名健康成人。
2. 皮肤阻抗的测试方法:采用脉冲式二电极法。测试系统由恒压脉冲电源,取样电路,前置放大器,模/数变换器,微机,打印机,生理记录仪和函数记录仪组成。由取样电阻将被测系统的电流转换为电压,经过放大,送入计算机运算。测试电极的压力,经换能器转换为电压,放大后,也送入微

机,并同时以生理记录仪监视或记录。测试过程由计算机控制。结果以打印机打印,函数记录仪作图,并同时以磁盘储存,以备调用和作必要的数据处理。以纯银电极进行测试,电极的直径为2毫米。测试环境温度保持在26~27℃。受试者进入实验室,安静卧床,皮肤不作任何处理,适应20分钟后开始测试。

3. 测试经脉:心包经、肺经、大肠经、胃经和脾经等6条经脉。

### 实验结果

#### (一) 测试电压与皮肤阻抗的关系

对10名受试者观察的结果,皮肤低阻点和非低阻点的电流值均随测试电压的增高而增大(即皮肤阻抗随电压的增高而降低),但二者的反应全然不同,结果如图1。

从上图可以看到,随着测试电压的增高,皮肤低阻点的电流也逐渐增大。一般至30~40伏时,电流骤增,曲线变得陡直,出现一个比较明显的转折。非低阻点的情况则与此完全不同,在受试者可耐受的电压范围内(在本实验条件下不超过50伏),皮肤电

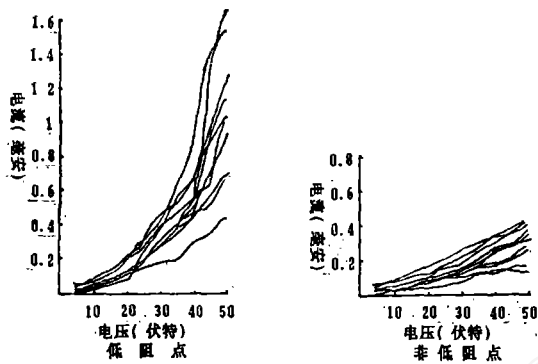


图1 不同测试电压时皮肤低阻点和非低阻点的电流值

流始终随着测试电压的增高而缓慢地增大，曲线比较平直，没有出现电流骤增的转折点。从伏安曲线的特点来看，低阻点与非阻点显然不同。在5~50伏的测试电压范围内，低阻点的阻抗值都较非低阻点者低。

测试电压从10~50伏分档递增、然后再从50~10伏分档递减时，低阻点阻抗的变化基本对称（每档测试相隔4~5分钟）。无论是在递增或递减条件下，同一测试电压时的皮肤阻抗值基本相同（有时后者略低）。而非低阻点的阻抗值都没有明显的改变，始终处于高阻抗状态。

上述结果表明，在通常采用的测试电压范围内，皮肤低阻点和非低阻点的阻抗是稳定的，二者之间有非常显著的差别。

## (二) 测试电极压力与皮肤阻抗的关系

在本实验所采用的电学参数条件下，测试电极的压力对皮肤阻抗的影响不大，结果如图2。

图2是对10名受试者测试的结果。其中，下图是皮肤阻抗变化的绝对值，上图则是变化率。可以看出，当测试电极的压力增大12.5倍时，低阻点阻抗的变化不超过5%，非低阻点阻抗的降低也不超过33%。从皮肤阻抗的绝对值来看，低阻点的阻抗约60千欧，

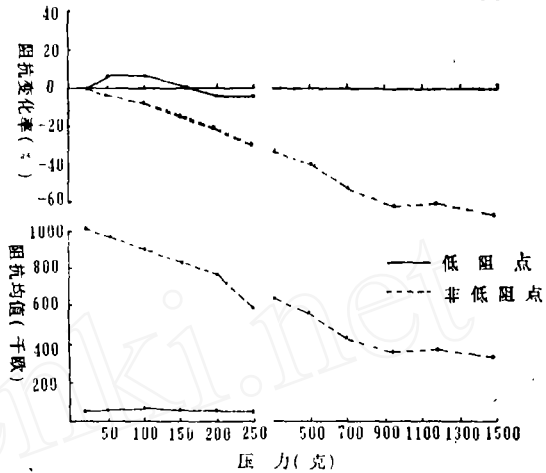


图2 测试电极压力与皮肤阻抗的关系

而当电极压力增大到250克时，非低阻点的阻抗值仍保持在600千欧以上，二者的差异十分显著。继续增大测试电极的压力，非低阻点的皮肤阻抗仍然缓慢降低。当电极压力增大到1500克时，皮肤阻抗才降低至332千欧（降低64%），但仍较低阻点高4.7倍。

图3是对其中一名受试者的实测记录。当测试电极压力加大到2000克时（100倍），非低阻点的皮肤阻抗从887千欧降低至370千欧

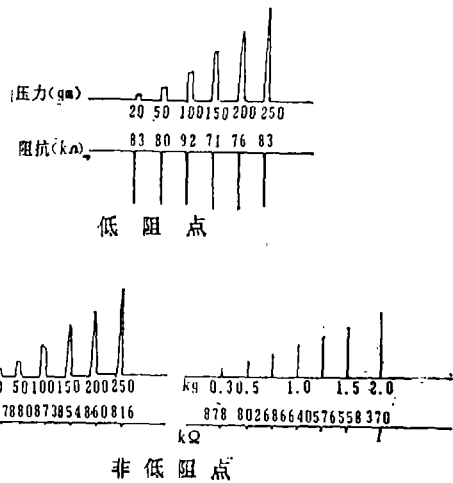


图3 测试电极压力与皮肤阻抗的关系

（降低58%），但其绝对值仍较低阻点者高4.5倍。可见，即使测试电极压力增大100倍，非低阻点也不会变为低阻点。在原非低阻点部位施以强力机械刺激，使之出现划痕反

应，此时皮肤的阻抗也没有显著的变化。

上述结果表明，测试电极的压力对皮肤阻抗没有明显的影响。

### (三) 通电测试时间与皮肤阻抗的关系

通常进行点测时，一般使用的串长为70个脉冲，但即使将脉冲的串长增加10倍（即通电测试的时间延长10倍），非低阻点的皮肤阻抗仅降低14%（对10名受试者测试的平均值），没有明显的改变。低阻点的阻抗也没有明显的变化。

以电子计算机连续取样，进行检测，则可获得更为清楚的结果，图4是对一名受试者的测试记录。

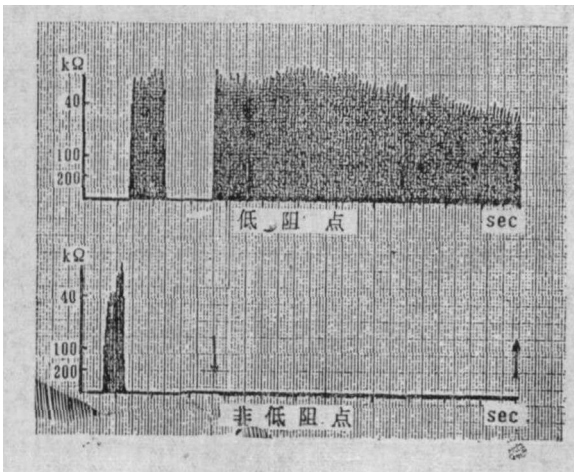


图4 测试通电时间与皮肤阻抗的关系  
 上图：低阻点的测试记录  
 下图：非低阻点的测试记录、向下的箭头指示测试开始，向上的箭头指示测试停止。开始测试时一个高峰是作为对此的一个低阻点。

图4中的上图,是对一个低阻点的测试结果,在持续通电8秒的过程中,低阻点的皮肤阻抗不仅会进一步降低,反而略有增大的趋势。下图则是对邻近的一个非低阻点的测试结果,在持续通电8秒的过程中,非低阻点的皮肤阻抗都保持在500千欧以上,并不会降低至低阻点的水平(30千欧,见该记录

图第1秒钟时出现的高峰。)

对其他9名受试者的观察结果与此相同。

### (四) 重复测试对皮肤阻抗的影响

图5是对一名受试者前臂外侧的一个低阻点和一个非低阻点的测试结果。上图的记

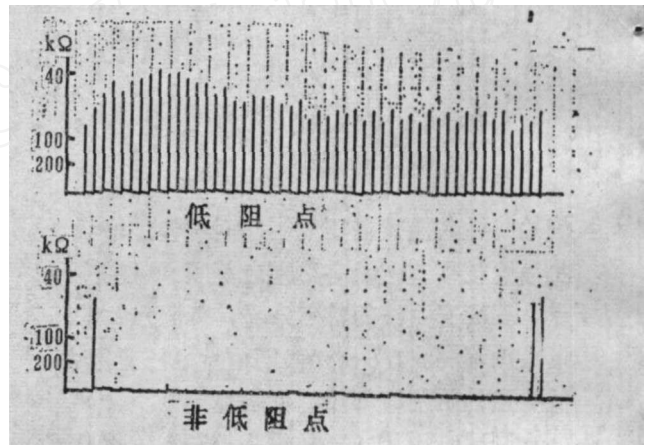


图5 重复测试对皮肤阻抗的影响

录表明,在50次重复测试中,低阻点的阻抗始终都保持在低阻状态,最高70KΩ,最低37KΩ,均值为 $54.3 \pm 8.2K\Omega$ 。下图的记录则表明,在50次的重复测试中,该非低阻点的阻抗的均值为 $858 \pm 14K\Omega$ ,其中最低的一次测定值为437KΩ,仍较对照的低阻点的阻抗值(45KΩ,即图中的第1和第52、53次的测定值)高10倍。可见,重复测试对皮肤阻抗并无明显的影响,更不会使非低阻点变为低阻点。

对其他10名受试者的观察结果均与此相同。

### (五) 皮肤阻抗的自然波动

为了弄清皮肤阻抗的自发波动状况,我们在前臂内侧选定100个非低阻点进行测试。每半小时测定一次,共六次(总计2.5小时),并以同部位的一个低阻点作为对照,结果如图6。

图6是一名受试者的实测记录。图的右

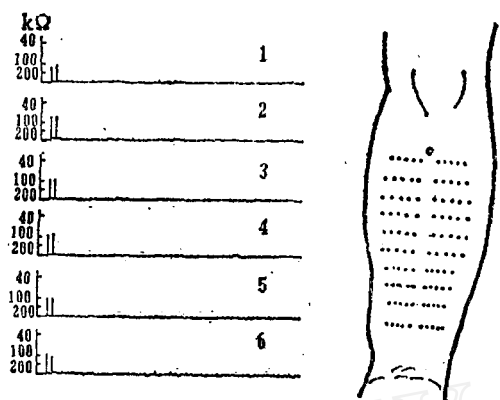


图6 皮肤阻抗的自然波动  
纵座标：皮肤阻抗（千欧）  
横座标：第1次和第2次是作为对比的低阻点的测定值，其后则是100个非低阻点的测定值

侧，指示所测定的100个非低阻点和作为一个对比的一个低阻点的位置。左侧则是6次测试的结果。在2.5小时的实验过程中，100个非低阻点的阻抗值没有明显的变化。6次测试的皮肤阻抗的均值为 $509.3 \pm 25 K\Omega$ ，变异系数为12%。从图上来看，低阻点与非低阻点的差别一目了然，极其清楚。

表1是对10名受试者的观察结果，变异系数均在2.5~12%之间。在100个测试点中，波动最大的一个点的皮肤阻抗的波动幅度为38%（绝对值最大 $1090 K\Omega$ ，最小 $674 K\Omega$ ），但其绝对值仍较作为对比的低阻点高5倍以上。其中一名受试者，还对同100个非低阻点连续测定了三天，皮肤阻抗的均值分别为

表1 皮肤阻抗的自发波动

	皮肤阻抗值 ( $K\Omega, \bar{X} \pm S_x$ )						变异系数 (%)
	0分	30分	60分	90分	120分	150分	
胡××	759±17	931±11	899±22	954±24	967±11	945±24	6.9
郑××	703±17	773±14	768±18	863±18	861±18	841±16	7.9
庄××	918±23	863±18	880±6	870±7	838±9	761±13	6.2
刘××	817±18	799±14	787±21	880±15	880±17	927±17	6.5
刘××	796±12	852±13	825±10	827±10	811±8	791±43	2.8
许××	997±12	1024±21	1112±12	1088±9	1242±8	1050±14	7.5
陈××	1134±66	1099±53	1075±91	1072±82	1038±119	1104±60	3.0
吴××	397±7	558±3	552±4	548±4	514±6	487±5	12
吴××	829±3	680±10	697±2	652±7	756±1	722±7	8.7
梁××	1160±3	1179±0	1205±4	1254±0	1261±0	1261±0	3.7

$1256 \pm 27.35 K\Omega$ ， $1087 \pm 13.5 K\Omega$ 和 $1090 \pm 13 K\Omega$ 。可见，在我们的实验条件下，皮肤阻抗还是相当稳定的，没有明显的波动。

## 讨 论

一、测量皮肤阻抗的方法很多，使用较多的是二电极法。近年也有人采用四电极法<sup>[4]</sup>。随着技术的进步，皮肤阻抗的测试方法也不断改进。卢湘岳曾对测试皮肤阻抗的各种方法的优缺点进行过比较和评价<sup>[10]</sup>。采用什么方法比较合适，研究者可根据

自己的实验目的确定。但无论采用什么方法、在所选定的条件下，皮肤阻抗的测定值，必须不受测试电极压力，通电时间和重复测试次数的影响，以保证实验结果的稳定性和可重复性。这也是我们评价某一测试方法是否可靠的主要标准。

目前，对经络皮肤阻抗研究的结果还存在一些争论。看来，其中一个原因，就是对测试方法的可靠性还缺乏充分的论证。为此，我们研制了一套皮肤阻抗的测试系统，并对这一系统的可靠性进行了观察，取得了一系列的实验数据。结果表明，只要方法得

当, 皮肤阻抗测试的结果是稳定和可靠的。

在我们所采用的实验条件下, 皮肤阻抗的测定值几乎不受电极压力, 通电时间和重复测定次数的影响。比如, 测试电极压力改变10倍, 皮肤阻抗只降低20%。电极压力即使增加75倍(达到1500gm, 此时受试者已经产生剧痛), 皮肤阻抗也只降低64%。64%的变化幅度对于鉴别低阻点与非低阻点来说也是无关紧要的。因为低阻点与非低阻点的阻抗一般相差5倍以上。何况在实际测量过程中电极压力变化的范围一般都不超过100克(此时皮肤阻抗的变化值为8.8%), 根本就不可能出现这样大的变化。同样, 测试通电时间延长10倍, 皮肤阻抗降低的幅度也不超过20%。通电时间即使长达8-10秒, 无论是低阻点或非低阻点的皮肤阻抗也都没有明显的变化。当然, 实验操作也绝对不会出现这样大的误差。重复测试数十次至百次对皮肤阻抗值也不会发生明显的影响。

根据我们的实验结果, 皮肤低阻点的阻抗值一般小于100千欧, 与非低阻点相差5~10倍, 甚至更多, 而且相当稳定。正因为皮肤低阻点与非低阻点的阻抗值有如此大的差异, 所以电极压力、通电时间等因素对皮肤阻抗的轻微影响都可忽略不计。因为各种操作上的差误(压力不均匀, 时间长短不一致等)根本不可能使非低阻点变为低阻点, 对实验结果没有什么重要影响。由此可见, 我们所采用的方法是稳定和可靠的, 完全达到了实验的要求。

二、本研究的目的是只是想寻求一种测试皮肤阻抗的可靠方法, 以解决经络循行路线检测的客观指标问题。由于实验的要求是在同一个体, 同一条件下对经线与非经线部位的皮肤阻抗进行比较, 条件比较固定。同时, 也考虑到测试的方便, 所以我们采用了脉冲式两电极法。大家知道, 根据电学原理, 两电极法所测得的主要是皮肤表层的阻

抗<sup>[10]</sup>, 但这并不降低这一测试方法的意义。相反, 两电极法便于定点, 有利于鉴别直径极小的低阻点。同时, 也便于移动扫描, 这是用三电极法或四电极法所难以做到的。当前, 只要所采用的方法能够证明经与非经的皮肤阻抗确有区别, 结果稳定、可靠、能够作为一种检测指标使用, 就达到了研究的目的, 就是很大的成功。至于这种低阻点的性质, 和所产生的原因是什么, 与经络有什么关系, 还可留待下一步解决。应该看到, 经络是一个十分复杂的问题, 仅仅通过对某个指标的观察是不可能解决它的实质的。我们的目的只是寻找一种客观的方法, 把经络的循行路线检测出来, 以便对这一特殊的路线的性质和机能作进一步的研究。

三、一切生理现象的存在都是有条件的, 皮肤低阻点的分布也不例外。这里所说的皮肤低阻点的循经分布, 也只是在我们所采用的实验条件下才能出现。比如, 室温必须保持在26℃左右, 皮肤无明显发汗, 使用干式电极等等。其中, 测试电压是一个关键的因素。如果测试电压低于20V, 低阻点与非低阻点的阻抗虽然也有差别, 但不显著。只有当测试电压达到某一临界值(一般约30伏), 低阻点的阻抗才会骤然降低, 而非低阻点的阻抗则继续保持不变, 出现了鲜明的对比。因此, 低压测试电源就不可能观察到这一结果。只有选择适当的电学参数和实验条件, 才能取得成功。

四、“低阻点”是对周围的非低阻点相对而言的, 其阻抗值一般约100千欧左右, 因人而异, 也因测试的条件而异。但与非低阻点比较一般都相差5倍、10倍、甚至更多, 对比十分清楚。我们对前臂皮肤所作的观察结果表明, 只要保持实验条件的稳定, 皮肤阻抗的波动也并不大。在2.5小时的过程中, 低阻点始终是低阻点, 100个非低阻点也没有一个变为低阻点。事实上, 皮肤阻抗并不

象人们所想象的那样变化无常。只要实验的条件不变,低阻点也是相当稳定的。这是进一步探讨皮肤低阻点分布规律的一个重要前提。

## 小 结

本工作从经络研究的具体要求出发,建立了一套皮肤阻抗的检测系统,并对这一系统的可靠性作了一系列的对照观察。结果表明,测试电极的压力,测试通电的时间和重复测试的次数,对皮肤阻抗均无明显的影

响,结果稳定可靠,并以电子计算机控制检测的过程和进行数据处理,使测试的结果更为准确,把经络皮肤阻抗的测试方法提高到一个新的水平。

在本实验条件下,皮肤低阻点的阻抗约100千欧,与其周围的非低阻点比较,有非常显著的差异。皮肤低阻点和非低阻点的阻抗都相当稳定,没有明显的波动,这就为进一步探讨皮肤低阻点分布的特征创造了必要的条件。

本文承福建省自然科学基金支持,谨致谢忱

## 参 考 文 献

- [1] 中谷义雄:最新国外针灸文献汇编,41,中国科学技术情报研究所,1959
- [2] Niboyct等:同[1],28
- [3] 蔺云桂等:论文选辑(下册),608,福建省中医研究所,1959
- [4] 张人骥等:北京大学学报(自然科学报),(1):135,1978
- [5] 祝总骥等:全国针灸针麻学术讨论会论文摘要(一),263,北京,1979
- [6] 张世仪等:中国针灸 3(4):28,1983
- [7] 陕西中医学院:现代经络研究文献综述,20,人民卫生出版社,1980
- [8] 祝总骥等:针灸研究进展,59,人民卫生出版社,1981
- [9] 胡翔龙:针刺研究 12(增2):9,1987
- [10] 卢湘岳等:针灸论文摘要选编,215,中国针灸学会,北京,1987。

# STUDIES ON THE LOW SKIN IMPEDANCE POINTS AND THE FEATURE OF ITS DISTRIBUTION ALONG THE CHANNELS BY MICROCOMPUTER

## I. Observation on The Reliability of The Measurement

Hu Xianglong, Wu Baohua, Xu Jinsen  
(*Fujian Institute of T.C.M., Fuzhou*)

Hao Jingyao  
(*Institute of Mechanics, Academia Sinica*)

According to the requirement of channel research, a system for the measurement of skin impedance had been designed and a series of experiments to check the reliability of this system had also been done. The facts demonstrated that the pressure exerted by the exploring electrode, the duration of switch-on as well as the number of times of repeated measurements all showed no conspicuous influences on the skin impedance. The results are stable and reliable. Moreover, the measurement and data processing are controlled by microcomputer. Thus, the method of measurement of skin impedance along the channels has been developed to a higher level.

Under the conditions of our experiment, the impedance of the low skin impedance points (LSIPs) are about  $108k\Omega$ , which are quite low than that of the non-LSIPs around them. The difference between the two is highly significant. Both the impedance of LSIPs and non-LSIPs are stable, without marked variation. These results provide the prerequisites indispensable for the further observation on the feature of the distribution of LSIPs.