

組織間空間と経絡

Interstitial Space and Jingluo

會川義寛

Yoshihiro AIKAWA

(Ochanomizu University)

1. はじめに

経絡 jingluo および経穴 acupoint は、針灸治療, すなわち針刺 acupuncture や艾灸 moxibustion を用いる治療の基礎をなす概念である[1]. 経絡は臟腑 zangfu と対になるもので、人体の基本構造をなすものとされており[2], 経穴は経絡上にある固有名詞を持つ点で、それぞれ固有の穴性を有する。針灸治療はこの穴性を治療に用いるものであり、その処方基本的には経穴の組合せよりなる[3].

ところが現代医学における解剖学から見れば、臟腑はともかく、経絡に相当するものは全く見当たらず、その存在はとても肯定できるものではない。しかし、もし針灸治療から経絡・経穴の概念を取り去ってしまえば、その治療体系は理論的根拠を失い、針灸治療は単なる民間療法に後退するか、または、たまたま針 needle や艾 moxa などの特殊な道具・材料を用いる物理療法の一部となってしまうであろう。

しかし、この古人が考えた、または発見した「経絡」とは何か、人体構造の基礎のひとつと古人により長らく考えられてきた「経絡」とは何か、について我々の立場からもう一度検討しなおしてみる必要があると思うのである。

本稿では、この経絡を人体内自由空間の概念を導入して検討する。

2. 経絡

経絡は臟腑と対をなす概念で、臟腑が身体内に局在した存在と見做されているのに対し、経絡は線状ではあるものの全身に非局在化した存在とされている[4].

経絡の「経」は経脈を言い、原義は「縦糸」、

身体を縦に周行する経気 channel qi の通り道とされている。原則として屈筋側に3本の陰経 yin channel(太陰 taiyin 経・厥陰 jueyin 経・少陰 shaoyin 経)、伸筋側に3本の陽経 yang channel (陽明 yangming 経・少陽 shaoyang 経・太陽 taiyang 経)がある。このほか、消化管の前側の前正中線を通る任脉 sex channel や、後側を通る督脉 brain channel, 体軸に平行に走る衝脉 flush channel, 体軸の廻りを循環する帯脉 girdle channel などの奇経もある (Fig.1).

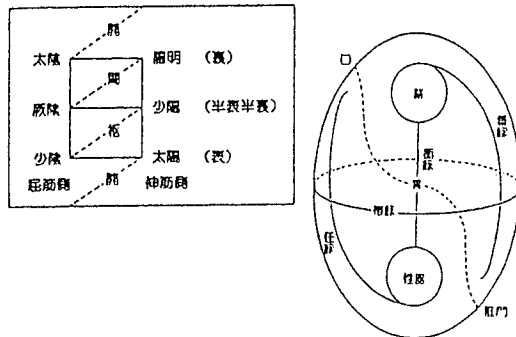


Fig. 1 Conceptual diagrams of Jingluo

経絡の「絡」は絡脈を言い、経気の通り道の支線である。これよりさらに細かい支線である孫脈などもあり、これらが全体として全身をくまなく網絡している。これら全体を総称して経絡という。

ここで、経絡中を通っていると考えている「経気」が何のことであるか分からないが、これは

またのちに考えることにしよう。

経絡には以下の機能があると言われている[1].

- | |
|-------------|
| ① 網絡周身・聯通整体 |
| ② 運行氣血・協調陰陽 |
| ③ 抗禦病邪・反映病証 |
| ④ 伝導感応・調整虛実 |

3. 経穴

経絡はよく地下水脈に譬えられる。この地下水脈はところどころに地表に水を湧きだしている。井戸や泉である。この譬えでいうところの地下水脈が「経絡」に相当し、地表が「体表」に、井戸・泉が「経穴」、そして水脈中の水が「経氣」に相当する [5]。地表にそれぞれ地名という固有名詞がある様に、体表の経穴にもそれぞれ経穴名という固有名詞がある。全部で361個である。

体表のどの様な部位が経穴とされているのかを、いくつか例を挙げつつ見てみよう。

部位が極めて明確なものとしては、骨の孔をその位置としている経穴がある。足太陽経の次髎 Ciliao や足陽明経の四白 Sibai、手太陽経の乘風 Bingfeng はそれぞれ仙骨第2仙骨孔 second sacral foramen や上顎骨眼窩下孔 infraorbital foramen、肩胛骨肩胛切痕 scapular incisure に位置している。すなわちこれらの経穴は骨または骨膜の孔に相当している。

足陽明経の足三里 Zusanli などの多くの経穴は、筋の発痛点 trigger point[6-9]や運動点 motor point[10-13]に対応していることが報告されている。これらの箇所は筋膜の孔を通過して感覚神経や運動神経が出入りする箇所である。すなわちこれらの経穴は筋膜の孔に相当している。

さらに腱と腱の隙間に経穴が位置していることも多い。手厥陰経の内関 Neiguan や間使 Jianshi は長掌筋腱 long palmar muscle tendon と橈側手根屈筋腱 radial carpal flexor muscle tendon との間の溝にある。骨と骨の隙間にある経穴も多い。督脉の大椎 Dazhui や命門 Mingmen は椎骨の棘突起 spinous process の間にある。胸部の大部分の経穴は肋間 intercostal space にある。督脉の心會 Xinhui や強間 Qiangjian はそれぞれ前頭角 bregma ・後頭角 lambda に相当する[14].

この様に見てくると、多くの経穴は体表から見てやや窪んだところにある傾向があると言え

よう。それは骨間であったり、腱間であったり、筋間であったり、骨の孔であったりする。たとえ筋の盛り上がったところにあったとしても、それは trigger point などの筋膜の孔のあるところであり、広い意味ではやはり孔や隙間であることに変わりはない。

経穴がこの様に体表から見て孔や隙間にあることが多いのは何を意味するのであろうか。これを、経絡、経穴を併せて以下に論じたい。

4. 実在と隙間

もともと単独の細胞として独立に生きていた単細胞生物 unicellular organism が、多機能をこなすためには細胞間の協力が必要であった。すなわち分業協力である。そのとき不可欠なのが、細胞間の情報通信や物質・エネルギー輸送である。これらをスムーズに行なう機能を疏泄作用という。

当初はこれらの通信や輸送は細胞間の海水を通して行なっていた。海水中の分子の拡散である。しかしこれは余りにも不安定であり効率も悪いので、互いに協力関係にある細胞群全体を海水を含めてそのまま膜で覆うことにした。多細胞生物 multicellular organism の成立である。このとき膜内に閉じこめられた元海水は内部環境 internal environment としての組織間液 interstitial fluid となり、外部環境 external environment としての海水と明確に分離され、それぞれ別個の道を歩むこととなる。

さて、膜内には互いに協力関係にある細胞群とそれらを浮かべていた元海水とが閉じ込められたわけだが、おおまかに言えば、前者が臟腑 zangfu に、後者が経絡 jingluo になっていく。膜の袋内に閉じ込められた空間に、実質である細胞を詰め込んでいくわけだが、これを袋内に均質に詰め込んでいたのでは、通信や輸送に方向性が出ず、単なる四方八方への拡散と同じになり、これでは1個の細胞が肥大したのと同じことで、何のために多細胞化したのか分からない。したがって、細胞間の隙間、すなわち元海水である組織間液の通り道が幹線や支線を持ちうる様に、すなわち隙間が線状または管状になる様に、実質部分を詰め込んでいった。

この細胞(有)および細胞間隙(無)の空間配置の効率化は、さらにこの構造の階層化を促

す。生体の一番外の膜の内側空間中にこの空間内に共通した「無」(組織間隙)と、空間内各所に局在した複数の「有」(器官)とがあり、これらの「有」はおのおのがまた膜で包まれており、その中にまたひとつの「無」と複数の「有」とがあり、これらのいくつかの階層を経て、最後の「有」、すなわち細胞に至る。すなわち元海水は幾層にも膜によって閉ぢ込められており、その一番奥に、細胞膜により閉ぢ込められている細胞質がある (Fig. 2)。

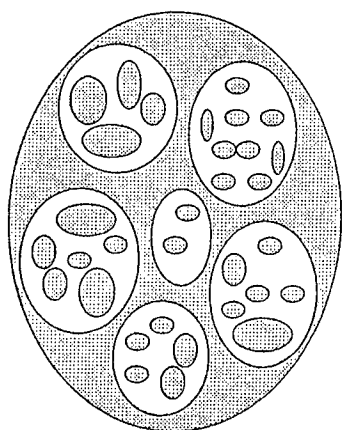


Fig. 2 Interstitial fluids of each ranks

一番外側の膜 (これを1次膜とする)、すなわち皮膚に閉ぢ込められた共通空間内の元海水を「1次の組織間液」と名付け、その中に浮かぶ器官を覆う膜 (2次膜) に閉ぢ込められたさらに内側の元海水を「2次の組織間液」と名付け、これを繰り返して、 j 次膜内には j 次の組織間液があるとしていけば、最後の膜としての n 次膜が細胞膜となり、細胞内液は「 n 次の組織間液」ということになる。海水そのものは0次の組織間液である。

逆に、細胞内液の自由度 f を、細胞から外に出られないという意味で、0とすれば、 j 次の組織間液の自由度 f は $j-1$ 、1次の組織間液の自由度 f は $n-1$ であり、皮膚外の海水は自由度 n ということになる。

以上の議論は、どの行程を通過して細胞に達しても、いずれの細胞の細胞膜の回数もあたかも等しいかの如くに行なったが、これが常に成り立つわけではない。かつ、膜には孔があいていることもあり得、この場合は膜内と膜外の組織

間液の区別が不分明となる。しかし、それらの缺点を含みながらも上記の概念は有用である。

0次の組織間液である海水から1次の膜でみづからを覆い、内部に取り込んだ海水を1次の組織間液として区別した。1次の組織間液の通路はその内部交通の便により原則として線状となった。これが経絡の中の経脈に相当することになる。もとより経脈と経脈の間には交通がある。もともと1次の組織間液は互いに同一空間を共有しているからである。この交通部分を絡脈という。そしてさらに高次の組織間液の通路を孫脈という。

さて、どの次数の組織間液であれ、組織間液の存在する空間は、実在の器官や組織、細胞などのない、単なる隙間である。「有 (実在)」に対する「無 (隙間)」である。解剖学では「有」は検討するが、「無」は一般には相手にしない。

「無」は解剖した時点でどこにも見当たらないからである。したがってこの「無」がネットワークを形成・組織していることに気付かない。原初、細胞を生かしていた最も根元的な環境である海水の存在にまで思いが至らない。しかし、細胞の生存をその基礎で直接支えているものはやはり未だに元海水の組織間液、すなわち経絡なのである。

組織間液の存在する空間は基本的には線状の自由空間である。したがって、何か配線をするときにはこの自由空間に沿って配線するのが都合がよい。生体はのちに物質の輸送専用通路としての血管、情報通信の専用配線としての神経を發明し、この配線を全身に行なった。その際の配線は組織間自由空間を利用して行なった。すなわち経絡に沿って行なった。経絡の走行が往々にして大血管、大神経の走行に似ているのはこのためである。

5. 経絡・経穴とその電気的性質

一般に2つの異なる相が接すると界面に界面電位差が生ずる [15]。2つの液体が膜で隔てられたときも同じである。

いま我々は、 j 次の膜が、 $(j-1)$ 次の組織間液と j 次の組織間液とを隔てておとした。したがって、この $(j-1)$ 次と j 次の組織間液の組成が異なっていれば、一般にこの j 次の膜の両側に電位差が発生するであろう。

いま, j 次組織間液の電位を ϕ_j とし, j 次膜の両側の電位差 $\Delta \phi_j = \phi_j - \phi_{j-1}$ を j 次の界面電位差と名付けよう. するとこれは j 次膜のいわゆる負傷電位 injury potential である. そして我々はすでに少なくとも 2 つの界面電位差は知っている. すなわち 1 次界面電位差であるところの体表内電位と, n 次界面電位差であるところの細胞静止電位とである.

細胞の静止電位 resting potential が -90mV であることはよく知られている[16]. これに対し体表内電位は 90mV と言われている[17].

組織間液は生理食塩水とほぼ同じ導電率 $\sigma = 18\text{mS/cm}$ のイオン導電体である. 周知の如く導電体内には電界は存在せず等電位となっている. したがって体表の電位を 0V とすれば, すぐ内側の 1 次組織間液の電位は一定値 90mV を取る.

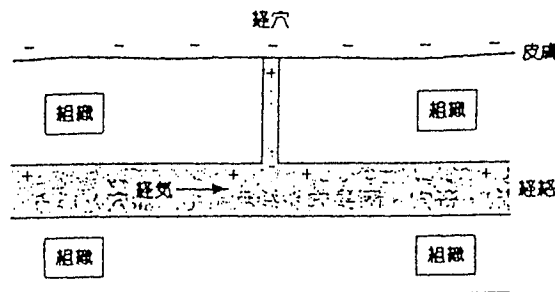


Fig. 3 Interstitial fluid flow and jingluo

電位差 $\Delta \phi$ を距離 d で割ったものは電界 $E = \Delta \phi / d$ である. いま 1 次組織間液と体表との電位差は $\Delta \phi = 90\text{mV}$ の一定なので, 組織間液・体表間距離 d が小さいところ, すなわち組織間液が体表に最も近づいている箇所, 換言すれば経穴において電界 E が極めて大きくなる (Fig. 3). すなわち経穴部の皮膚は常に体内奥方向から体表に向かう強い電界のもとに置かれている. その様な強い電界のもとに長年あれば, 組織の様相や性質が他の非経穴部の皮膚と異なってきたとしてもおかしくはない[4].

また, 経穴部において組織間液・体表間距離 d が小さいということは, その部の体表と組織間液とを隔てる電気抵抗 R が小さいことを意味

している. 実際, 非経穴部の皮膚の電気抵抗が $1\text{M}\Omega$ であるのに対し, 経穴では $50\text{k}\Omega$ しかないことが報告されている[18-23]. これは Fig. 3 の経穴モデルと一致している. 経穴部の皮膚に垂直方向の電気伝導度は $G = 20\mu\text{S}$ である.

この $G = 20\mu\text{S}$ の電気伝導度のところに $\Delta \phi = 90\text{mV}$ の電圧がかかっているのであるから, 経穴部においては体内から体表へと, $I = G \Delta \phi = 2\mu\text{A}$ の電流が湧き出していることになる. 勿論この電流は何らかの機構により相殺されているため定常状態が保たれているのであるが, 電流が湧き出している経穴部は, その周囲の体表部に比べて電位が高くなっているはずである. 事実, 経穴部の電位は周囲より 5mV ほど高いことが報告されており[24-25], このモデルの正しさを裏付けている.

以上をまとめると, 経絡内の組織間液は, 体表に対して正の電位 90mV を持っている. そしてこの組織間液が体表近くまで上がって来ているところが経穴と考えられる. このため経穴部では, 組織間液と体表とを隔てる絶縁層が非経穴部に比べて薄い. よって電気抵抗も小さい (約 $1/20$). したがって経穴では体内から体表へと約 $2\mu\text{A}$ の電流が湧き出し, その結果, 経穴の体表電位はその周囲に比べて約 5mV 高くなっている.

6. おわりに

経絡と経穴のモデルを呈示した. このモデルでは経絡も経穴も臓腑や組織の間の隙間に過ぎない. 組織間の自由空間であり, そこは組織間液で満たされている. この組織間液には色々なランクがあり, 奥に行くほど自由度が減少する. 自由度 0 の液は細胞内液である.

針刺 acupuncture という行為は毫針 filiform needle を経穴に皮膚を越えて組織間液にまで刺すのであるから, これは 90mV の電位差のあるところを電子伝導体である金属で短絡したことに相当する. したがって毫針内を針尖 needle tip から針根 needle root の方向へと負傷電流が流れる. 毫針表面の組織間液において最も電界が大きいところは曲率が最大であるところの針尖においてである. したがって電気化学反応は針尖において生ずるであろうし, 毫針・組織間液の間の電流は針尖を通過して出入りするであろう. また, 針尖で生じた電気化学反応生成物は, 経

絡を通過して組織間液内を拡散しつつ流れるであろう。これがいわゆる得気 deqi の現象であろう。この経絡に沿っての伝導は 10cm/sec と極めて遅く、最も伝導速度の遅い無髄C繊維のさらに 1/10 の速度でしかないが、管状の組織間自由空間における組織間液中の物質の拡散であれば妥当な値である。

「有」に対する「無」の有用性、「無」の積極的なネットワーク、これが経絡の本質と考えるのである。

参考文献

1. 楊甲三「高等中医院校教学参考叢書・針灸学」人民衛生出版社、北京、1989。
2. 神戸中医学研究会「基礎中医学」燎原、東京、1995。
3. Wang Dshen, "China Zhenjiuology", Tianjin Science & Technology Translation & Publishing Corp., Tianjin, 1992.
4. 祝総驥「針灸経絡生物物理学」北京出版社、北京、1989。
5. 高式国「針灸経穴名の解説」燎原、東京、1988。
6. L. Vanderschot, "Trigger points vs acupuncture points", *Am. J. Acup.*, 4, 233-238 (1976).
7. R. Melzack, D. M. Stillwell, E. J. Fox, "Trigger points and acupuncture points for pain", *Pain*, 3, 3-23 (1977).
8. R. Melzack, "Myofascial trigger points - relation to acupuncture and mechanisms of pain", *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 62, 114-117 (1981).
9. J. Travell, D. Simmons, "Myofascial pain and dysfunction - trigger point manual", William and Wilkins, Baltimore, 1983.
10. Y. K. Liu, M. Varela, R. Oswald, "Correspondence between some motor points and acupuncture loci", *Am. J. Chin. Med.*, 3, 347-358 (1975).
11. C. C. Gunn, F. G. Ditchburn, M. H. King, G. J. Renwick, "Acupuncture loci - a proposal for their classification according to their relationship to known neural structures", *Am. J. Chin. Med.*, 4, 183-195 (1976).
12. C. C. Gunn, "Motor points and motor lines", *A. J. Acup.*, 6, 55-58 (1978).
13. S. J. Liao, "Recent advances in the understanding of acupuncture", *Yale J. Biol. Med.*, 51, 55-65 (1978).
14. H. C. Dung, "Anatomical features contributing to the formation of acupuncture points", *Am. J. Acup.*, 12, 139-143 (1978).
15. A. J. Bard and L. R. Faulkner, "Electrochemical Methods", John Wiley & sons, New York, 1980.
16. D. van Wynsberghe, C. R. Noback, R. Carola, "Human Anatomy & Physiology", McGraw-Hill, New York, 1995.
17. L. Jaffe, A. T. Barker, "The glabrous epidermis of cavies contains a powerful battery", *Am. J. Physiol.*, 242R, 358-366 (1982).
18. L. R. Orkin et al, "Localization of acupuncture sites", *Proc. NIH Acup. Res. Conf.*, 121-123 (1973).
19. M. Reichmanis, A. A. Marino, R. O. Becker, "Electrical correlates of acupuncture points", *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, 22, 533-555 (1975).
20. M. Reichmanis, A. A. Marino, R. O. Becker, "DC skin conductance variation at acupuncture", *Am. J. Chin. Med.*, 4, 67-72 (1976).
21. M. Reichmanis, A. A. Marino, R. O. Becker, "Laplace plane analysis of intransient impedance between acupuncture points", *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, 24, 402-405 (1975).
22. M. Reichmanis, A. A. Marino, R. O. Becker, "Laplace plane analysis of impedance on the H meridian", *Am. J. Chin. Med.*, 7, 188-193 (1979).
23. G. Stux, B. Pomeranz, "Acupuncture", Springer-Verlag, Berlin, 1987.
24. R. O. Becker, "The bioelectric field pattern in the salamander", *USA IRE Trans. Med. Elec.*, 7, 202-208 (1960).
25. R. O. Becker, M. Reichmanis, "Electrophysiological correlates of acupuncture points and meridians", *Psychoenergetic Systems*, 1, 195-212 (1976).