添着治療具別名電気膏薬に関する 基礎的試験成績

松本政雄・若林秀一・木本弥太郎

群馬大学医学部第1生理学教室

相異なる二種の金属間に電解質を介在させれば一般に両金属間には、一定の電位差が生じこれ等の金属を連結すれば電池が構成され電流が流れることは既知の事実であるが、本治療具はこの理を応用し特に外部に電源を設けることなく二種類の金属を組合せてこれに適当な薬物を塗附したものを人体に接着させ、これによって生ずる電流を利用し局所の疼痛の除去又は薬物の人体内への浸透等を促進させ治療効果を大ならしめるために作られたものである。

これ等の作用に関する基礎的事項即ち

(1) 種々の金属及び電解質を用いた場合に実際に発生する電位差

(2) 実際利用し得る電流の強さ

(3) ス様にし発生した電流の鎮痛効果

(4) 薬物の浸透促進作用

等について行なった実験成績を示せば大要次の如くである。

(1) 起電力に関する試験成績

ある種の金属の標準水素電極に対する電位差はその間に介在する電解質の種類、濃度等によって異なり、それ等の精細な値は電気化学の成書に記載されている所であって、従って二種類の相異なる金属間のそれも上述の値から直ちに算出し得るわけで茲に改めて実験する必要はないのであるが、斯様な値と実際に二つの金属を連結した場合に生ずる電位差とは、分極その他の影響のため相当異なる場合が多いのでこれ等を実際の場合に相当した条件のもとに測定した(図1)結果は、表1に示す如きものであった。

(2) 電流の強さに対する試験成績

表1に示した電位差の測定値を用いればその回路の抵抗が既知であればその時流れる電流の強さは求めることが出来るわけであるが、人体皮膚の場合には分極その他複雑な問題が関係し実際に流れる電流は、斯くして求めた値とは異なるのでこれを実験的に測定した。

測定に当っては、種類の異なる二つの面積 $2 \times 2 \text{cm}^2$ を有する金属板を皮膚に直接当てないで、電解質溶液に浸したガーゼを一枚置いてその上に金属板を適当の強さに押しつけて両金属板に連結した導線を電流計に導き、その際流れる電流の強さを測定した(図2)。この際二つの金属板及びガーゼは1cmを隔てておき両極が直接相接触しないようにした。斯くして得られた値は、表2及び表3の如くであった。

表 1

⊕	⊖	NaCl(1%)	KCl(1%)	CaCl ₂ (1%)	NaHCO ₃ (1%)	Na ₂ CO ₃ (1%)
Zn—Cu		0.71	0.95	0.66	0.72	0.68
Zn—Fe		0.70	0.65	0.60	0.62	0.43
Zn—Pb		0.46	0.47	0.42	0.36	0.30
Zn—B ₁ *		0.80	0.78	0.72	0.74	0.62
Zn—B ₂ *		0.78	0.77	0.69	0.71	0.61
Zn—Sn		0.48	0.38	0.20	0.22	0.18
Sn—Cu		0.18	0.22	0.17	0.16	0.24
Sn—Fe		0.22	0.20	0.32	0.22	0.18
Sn—Pb		0.20	0.08	0.04	0.02	0.07
Sn—B ₁ *		0.28	0.22	0.28	0.23	0.32
Sn—B ₂ *		0.22	0.23	0.20	0.18	0.28

各溶液中に試験金属片(面積 4cm^2)を浸しその間の電位差を電圧計で測定した値、単位Volt. *B₁及びB₂は夫々製造所の異なる真鍮板

図1 起電力試験装置

M, M₂: 試験金属片

V: 電圧計

Sol: 電解質溶液

図2 電流試験装置

A: マイクロアンメーター

G: 電解質溶液に浸したガーゼ

H: 皮膚

SC: 皮下組織

次に表3及び表4の値は皮膚に対して前以って何等の処置を施すことなく得た値であるが、予め皮膚を石鹼その他で洗った場合には皮膚の抵抗は、相当減少するので洗う前と洗った後において測定した値には相当差があり、これ等を比較すれば表4の如くであった。

又表5は、同一金属の組合せを用いて2, 3の被検者について斯かる値を比較したものであ

る。

尚身体の各部位によって皮膚の抵抗が異り、従って同様の装置を用いても流れる電流に相違が生ずるのでこれ等について行った実験結果は、表6の如くである。

(3) 鎮痛作用の有無に関する試験成績

神経、筋その他の組織に対しこれ等を刺激して興奮即ち、その反応を引き起す場合の電流とは逆の方向の適當の強さの電流を流せばその際起るべき反応を阻止し得ることに対する基礎的研究は、既に行われているし、皮膚その他の神経末端部に既に発生しつつある痛覚に対しても適當の強さ及び方向の電流を適用することによって痛覚を消失せしめ得ることは、上述の基礎的研究から理論的に推定され、またこれ等に関する研究も報告されているが、本治療装置の如くして発生する電流が鎮痛作用に効果あるか否かの問題は不明であるのでこれを確めるために行ったのが本実験である。

先ず皮膚面における疼痛は皮膚に濃硝酸を一滴落して直径約0.5cm位の円形に腐蝕部を人工的に作り、これによって相当の疼痛が起ってきた時この部位にこれに相当した形及び大きさの1% NaCl溶液に浸した吸取紙を当て更にこれに接近した健康面にも同様にして吸取紙を当てて、これ等の二つの吸取紙の上に夫々亜鉛及び真鍮板を押しつけて両者に連結された導線を電鍵を介して連結した(図3)。斯くして電鍵を閉

表 2

溶 液	NaCl(1%)	KCl(1%)	CaCl ₂ (1%)	NaHCO ₃	Na ₂ CO ₃
金 属	(μ A)	(μ A)	(μ A)	(1%)(μ A)	(1%)(μ A)
Zn—Cu	1.5	1.4	2.1	2.9	4.8
Zn—Fe	1.0	1.1	1.6	2.3	4.0
Zn—Pb	0.5	0.8	0.9	1.2	1.6
Zn—Sn	0.5	1.0	1.1	1.4	1.1
Zn—B ₁ *	1.3	1.8	2.1	3.1	4.6
Zn—B ₂ *	1.2	1.8	1.9	3.0	4.6

被検者: T.T, 27y, ♂

前腕掌面(無処置)に溶液に浸したガーゼを2枚置き4cm²の面積の金属板を軽く押しつけ(両極の間隔2cm)時際持続する電流の強さ。

*B₁及びB₂は製造所の異なる真鍮板。

表 3

溶 液 金 属	NaCl(1%) (μ A)	KCl(1%) (μ A)	CaCl ₂ (1%) (μ A)	NaHCO ₃ (1%)(μ A)	Na ₂ CO ₃ (1%) (μ A)
Zn—Cu	45	260	85	180	74
Zn—Fe	30	160	54	150	56
Zn—Pb	15	140	55	90	15
Zn—Sn	16	150	47	95	17
Zn—B ₁ *	35	280	85	210	71
Zn—B ₂ *	30	280	84	200	70

被検者：M.M., 47才, ♂
他の条件は表2と同様。

図3 鎮痛効果試験装置
M, M₂: 試験金属片
G: 電解質溶液に浸した吸取紙
I: 硝酸で腐蝕した局所
H: 皮膚
SC: 皮下組織

表4 洗う前と洗った後の電流の比較

金属の組合せ	洗う前 (μ A)	洗った後 (μ A)
Zn—Cu	1.5	5.9
Zn—Fe	1.1	4.1
Zn—Pb	0.5	2.9
Zn—Sn	0.5	2.6
Zn—B ₁	1.3	5.5
Zn—B ₂	1.2	5.8

被検者：T.T., 27才, ♂
部位：前腕掌側
溶液：NaCl(1%)
金属片の面積：4cm²
被検部位は石鹼でよく洗う

じて電流が流れるようにした場合に疼痛の消失また軽減が起るか、又は電鍵の閉鎖及び開放時において局所の疼痛その他の状態に変化が生ずるや否やを被検者に問い、本装置の鎮痛効果を検査したのである。勿論この種の実験においては被検者に先入感があったはならないので、これをさけるために電鍵の閉鎖及び開放が被検者に全くわからないようにして局所の疼痛その他の

状態の変化を問い、これ等の問いに対する答を総合して鎮痛効果を判定した。その結果は表7の如くである。

表7の結果を見るに大多数の被検者において疼痛の消失、又は軽減が見られ極めて少数の者においては判定困難であった。

(4) 薬物浸透促進試験

電流の作用により種々の薬物があるいは陽極あるいは陰極に向っての浸透が促進されることはCataphoresis又はIontophoresisと呼ばれこれ等に関する研究報告も数多くあるが本治療器の如くして発生する程度の電流によって実際如何程の促進効果が認められるかについて実験を行った。

実験方法は、図4に示す如く亜鉛及び銅板(幅2cm, 長さ2cm)に夫々導線をハンダ付けしたものを硝子板上に乗せその上にヨード丁幾に浸した吸取紙を置き更に1%NaCl溶液中に3%の

表5 種々の被検者に於ける洗う前と洗った後の電流の強さ

被 検 者	洗う前(μ A)	洗った後(μ A)
T. T. 27y, ♂	2.1	5.3
M. M. 47y, ♂	6.6	16.0
S. I. 19y, ♀	2.0	5.0

金属：Zn—Pb
板の面積：4cm²
溶液：NaCl(1%)
部位：前腕掌側
被検部位は石鹼でよく洗う

表6 各部位による電流の強さの比較

被検者 部 位	H. T. 18y, ♀	I. M. 16y, ♀	T. S. 18y, ♀	M. T. 16y, ♀
1. 前 額	7.00	3.4	3.1	1.50
2. 上 腕	1.95	0.42	0.01	0.01
3. 前 腕	1.05	0.30	0.01	0.01
4. 上胸部	3.10	1.5	0.01	0.12
5. 大 腿	1.00	0.10	0.05	0.01
6. 下 腿	0.75	0.15	0.02	0.05

(単位: μA)

金属片: 鉄及び真鍮の直径0.8cm円板

溶液: NaCl(1%)

局所はアルコールで軽く拭く

表 7

被 検 者	疼痛の 状 態
R. N. 33y, ♂	消 失 ?
T. K. 28y, ♂	消 失
R. I. 20y, ♀	消 失
S. I. 19y, ♀	消 失
T. T. 27y, ♂	消 失
M. M. 47y, ♂	減 少
T. I. 33y, ♂	減 少
T. M. 31y, ♂	消 失
K. M. 27y, ♂	全 消 失
H. I. 39y, ♂	減 少
M. F. 51y, ♂	稍 軽 減
T. A. 27y, ♂	消 失
K. T. 36y, ♂	消 失
H. S. 29y, ♂	ある程度軽減
K. A. 34y, ♂	消 失
N. K. 32y, ♂	(しばらく消失)
K. G. 32y, ♂	減 少
N. K. 50y, ♂	判定困難

前腕掌側面に直径0.5cm位の皮膚面に濃硝酸を塗布し負傷させ発生した疼痛に対する効果
金属: 亜鉛及び真鍮

割合で寒天, 及び少量の澱粉を入れて溶かして固めた幅2cm, 高さ約3cm, 長さ10cmの寒天の角柱を置いた。斯かるものを同時に二組作り一組のものにおいては導線を連結し電流が流れるようにし(1), 他の一組は導線を連結せず電流の作用が現れないようにしてこれを対照とした(2)。斯くして各(1)及び(2)のZn及びCuの

上部の寒天内にヨードが浸透する程度をヨードと寒天内の澱粉の反応により起る青変部分の大きさによってこれを検査したのであるが, (1) 及び(2)のCuの部及び(2)のZnの部においてはヨードの浸入程度は大差なく(1)のZnの部においては前3者に比較して著しく大であった。

図4 薬物の浸透促進実験装置
A: 寒天角柱, G: 硝子板
IP: ヨード丁機を含ませた吸取紙
I: ヨードが浸入して青変した部位
L: 導線, Zn: 亜鉛板
Cu: 銅板

図5 寒天内へのヨードの浸入状態
A: 寒天内部をZnからCuに向う電流によりヨードの浸入がZn側に於て大量
B: 対照
時間, 10時間 温度, 26.0°C

(図5). 即ち、寒天内部を Zn から Cu に向う電流の Iontophoresis により著しくヨードの浸入が促進されたことが知られる。

上述の実験は、薬物の浸入状況を明瞭にする便宜のためにヨード丁幾及び澱粉寒天を用いたのであるが勿論ヨード丁幾以外の薬物及び寒天の代りに人体組織を以ってしてもこれ等の関係は大体同様である。唯薬物が非電解質の場合には適当な電解質溶液と共に用いるか、薬物がある程度電離するような形にしたものを用いなければならない。又薬物の種類によって皮膚に対して内向き電流で浸透が促進され、又は外向き電流で促進されるかが異なるから実際にこれを行う場合にはこの事項を考慮しなければならない。

総 括

以上の実験により添着治療具即ち、電気膏薬

に関する基礎となる四つの事項即ち、(1) 電位差の発生状況、(2) その際の電流の強さ、(3) 該電流の鎮痛効果及び(4) 薬物の浸透促進作用について実験を行い、本装置による鎮痛効果及び薬物の浸透促進の効果は相当顕著なものがあることを知った。

尚本法を臨床上に応用した際における各種の検索については、他の研究者によって報告される予定である。

参 考 文 献

- 1) Fulton, T.F.: A Text book of Physiol. 17th Ed. Philadelphia and London, W.B. Sanders. Company. 1955.
- 2) Masao Matumoto: Elektrische Reizung der motorischen Einzelnervenfaser durch rechteckige Stromstöße, Jap. J. of Med. Sci. III. Biophysics, 8: 93, 1942.
- 3) 箕作新六: 電気化学, 東京, 共立社, 1933.

STUDIES ON THE BASIC ACTION OF ELECTRIC PLASTER, A TREATMENT BY A PLASTER MADE OF TWO KINDS OF METAL LEAVES.

I. Department of Physiology, School of Medicine, Gunma University.

Masao Matumoto, Hideichi Wakabayashi and Yataro Kimoto

If we stick on a human skin a plaster made of two leaves of different metals, we find a flow of current directed from a metal leaf through the body to the other leaf. The electric plaster, which thus generates a current, is used for treatment against pain etc. This method is also applicable to facilitate the penetration of medical materials into the deep part of the body or to cure a diseased part.

This report refers to the basic action of this plaster, and the followings are elucidated.

- 1) Potential values between two leaves of various kinds of metals.
- 2) Current densities in these cases.
- 3) Pain is really removed or mitigated by application of the plaster.
- 4) Penetration of medical materials into deep parts of the body will be facilitated by the current produced by the plaster.