

# 生体の電気現象に関する研究(Ⅲ)

—体表面定常電位現象と地域状態情報—

湯ノ口 万友・古川 徹也

(受理 昭和56年5月30日)

## STUDIES ON ELECTRIC PHENOMENA IN A HUMAN BODY (III)

—the Sp on a body surface and local state information—

Kazutomo YUNOKUCHI and Tetsuya FURUKAWA

A control system of terminal vascular beds plays an important part in the function of homeostasis of a human body. We call the state of system as a local state and measured the SP as its information. But reports of this type of study have apparently not been published to date.

We consider that a local state is controlled by the external electric stimulation. In general when the trigger point are stimulated, the SP of trigger points decrease. Also if we impress a pertinent stimulation, we seem to be able to decrease the SP of optional trigger points.

The distribution of the SP was discussed in the first and second reports. This time we plan to elaborate on the variation of the SP of trigger points by stimulation.

### 1. 緒 言

生体のホメオスタシスに最も深く関わっている要因として血流配分制御システムが考えられる。生体を構成する体細胞に代謝や調節に必要な物質を供給し、そこで生産された物質を運ぶ役目を果たするのが微小血管における微小循環である<sup>1)</sup>。すべての組織の時々刻々に変化する要求を満たし、しかも循環系全体の機能を損なわないように毛細管の血流が調節、制御されている<sup>2)3)</sup>。

生体の調和を保つために各組織の必要性に応じて血流を配分することが循環系にとってきわめて重要となるため、血流配分には優先順位をつける必要がある。ことに心筋や脳は血流遮断に対する耐性が少ないので最も大きな優先度が与えられている。このように循環系における血液循環と血液の優先度は微小循環の目的を果すために血液の量を必要以上に供給しないようにデザインされている。このような制御は無秩序になされているのではなく、必ず地域状態情報を得て適切に

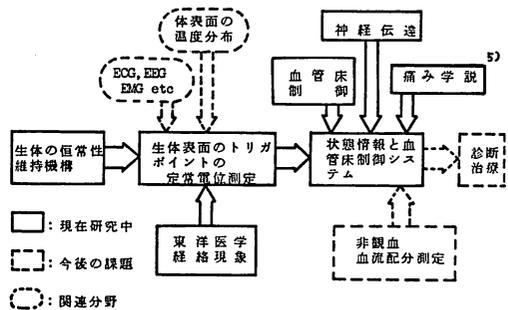


図1 研究の背景とシステム

制御されている。脳や心筋への血流が適正となるように交感神経の遠心性線維により地域組織への代償要求が行なわれ、その結果として地域組織の代謝作用の犠牲が一時的に強いられる。そして、その地域の状態情報を伝達する求心性線維の働きによってフィードバック調節が行なわれる。これらの反応にも順序があり、地域的にある一定のパターンを示すことが定常電位現

象によって確められる。このような一連の生体制御に基づき、生体は地域的相関パターンを示しその反応にも順序があるとするこれらの関連現象と東洋医学における経絡現象<sup>4)</sup>とを比較検討する。そして、生体内外の地域状態を体表面上の定常電位分布の変化として測定することにより、恒常性維持機構の解明を行ない、血流配分制御システムが明確になれば、地域状態の異常に対し外部からの適正な刺激(電気・針・熱刺激等)で生体の恒常性維持機構が正常化される。

まず第1報<sup>6)</sup>および第2報<sup>7)</sup>においては定常電位の時間的変化や体表面上の分布、さらには刺激に対する変化のパターン等について報告した。本報では恒常性維持機構を血流配分制御システム、なかでも血管床制御システムという面からとらえその解明を試みた。また、実験に際しては従来同様、東洋医学の経絡学説(経絡現象)を参考に定常電位の測定を行なっている。図1に研究の背景とシステムを示す。今回は主として、血管床制御システムを中心に研究し、このシステムを解明する方向づけとしての提言をもとに研究を進めたので報告する。実験結果は前報と同じようにトリガポイント上の電位変化として記述している。

## 2. 血管床制御システムと提言

### 2.1 血管床制御システム

血管床を支配する神経性機構は全般的な状況について遠隔支配を行ない、緊急時に最適な血流配分を可能にし生体全体の循環を調節している。血液量の調節は毛細管前抵抗血管と毛細管後抵抗血管の収縮比によって行なわれる<sup>1)</sup>。地域状態を受容器が感知すると求心性線維を通して脊髄に情報が伝達され、その状態の程度により情報は更に上位中枢へと伝達される。それに基づいて、中枢から遠心性線維を介して効果器に作用し、毛細管抵抗血管の収縮を制御するように働く。もちろん、上位中枢まで行かずに脊髄レベルで反射する情報伝達も存在する。このようにして、その地域状態のホメオスタシスが保たれている。以上のように生体の恒常性維持を目的とした血流配分を行なう機構を血管床制御システムと呼ぶ。本報は血管床制御システムの解明のために、定常電位現象と地域状態情報の関連を追求した。図2には、血管床制御システムを情報伝達の面から模式的に示す。

### 2.2 提言

上述の制御システムを解明する都合上、この研究の

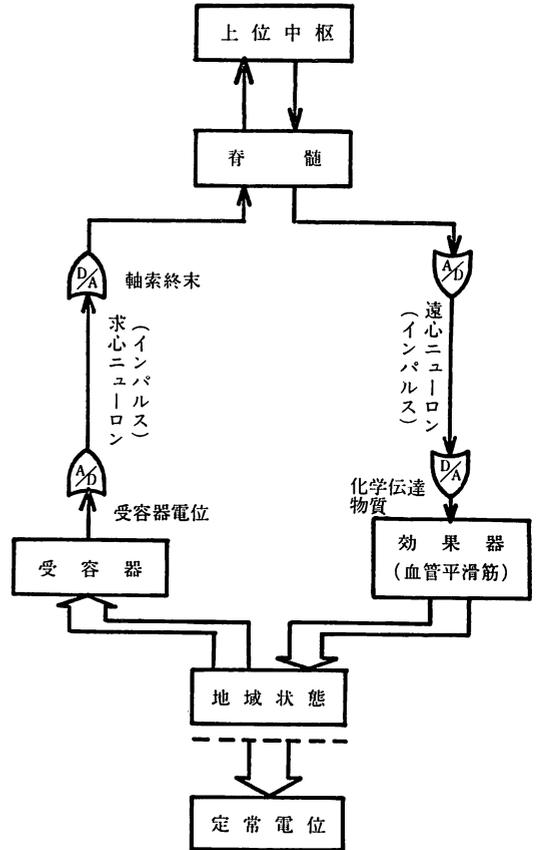


図2 血管床制御システム

方向づけを行ない、全容を明らかにするため次の提言を行なう。

血管床制御システムの働きのために生じる体表のトリガポイントの定常電位を測定することにより、逆にシステムの働きを知ることができる。これは東洋医学の基本概念である相対的認識論に基づき全体的な相対的バランスを考慮すれば、容易に理解できる。また、定常電位現象は地域状態情報を表わしているから、定常電位を相対的に測定することにより、生体の恒常性維持機構を正確に把握できる。以上の提言をもとに実験を試みる。

## 3. 実験方法

定常電位現象を測定するために最も注意を要するのが生体用電極であることは前報で報告した通りである<sup>7)</sup>。従来同様に、測定に際しては銀-塩化銀血電極を用い、かつ常に特性のチェックを行ないながら使用

しているので電極に対する問題はない。しかし、今後環境条件を意識的に変化させた場合の測定に際しては、種々の条件に対する電極特性を考慮しなければならない。特に今回は銀線に塩化銀メッキを施して電極作成を試みた。これについては、もう少し改良の余地を残しているため実用までに至っていないが、分極電圧も極めて小さいので今後生体用電極として使用することはじゅうぶん可能だと思われる。作成の容易さという点から考えると銀線よりも銀板の方が適しているが、コストの問題もあるため、今後検討していくつもりである。参考までに特性は市販のものと同程度かそれ以上である。次に電極接続ボードの端子を従来のものより2倍以上拡張し、多くのトリガポイントを測定できるようにした。しかし、接続ボードの測定端子選択を手動で行なっているため端子を増やすことによって時間がかかるという欠点が生じる。このことについては、マイクロコンピュータ導入で解決できるはずである。電位測定に真空管電圧計を並用することにより測定の信頼度の向上に努め、また刺激装置の電極も単極から双極にし、種々の現象測定に対処できるようにしている。更に、安全性に関してはじゅうぶんな配慮を行なっている。

図3にこの実験方法の概略を示す。測定すべきトリガポイントに電極を装着した後、被測定者が安静にすることはもちろん、測定開始まで数分間隔を置くようにした。これは電極装着時の影響を除くためである。前報では、指先基準とした定常電位のみに着目したが、本報では第1報、第2報の追試を行なうとともに、大椎(H<sub>16</sub>)基準の定常電位測定も行なった。そして、刺激による各トリガポイントの変化についても検討を試みたので報告する。また、刺激については本報では主として電気刺激に関する報告を行なう。現在研究中のマイコンシステムによる研究結果は次の機会に報告する。

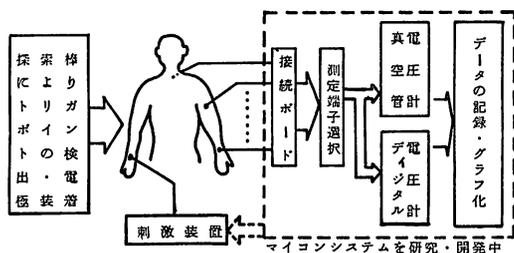


図3 実験のシステム

## 4. 実験結果と考察

### 4.1 定常電位の分布と時間的变化

この実験は前報の追試である。まず定常電位の分布についてみるとすべての実験データから表1のように整理できる。これより前報同様 30mV 以内に分布するデータ数は全体の約87%に及んでいる。このことから健康な人で、しかも室温が25°C~28°Cの環境下で安静にしている状態での定常電位はほぼ 30mV 前後であるといえる<sup>7)</sup>。ただし、室温が変動したり外乱があるとこの値より大きくなることが予想される。このことは何らかの条件で血管が収縮すると定常電位が上昇するということから容易に理解できる。

なお表1の結果から 30mV 以上の値を示す被測定者が異常であると断言することはまだできない。ただ、測定の時点で体調をくずしている被測定者には高い値を示す傾向にあることが確かめられている。図4には、H<sub>1</sub>~H<sub>6</sub>の代表的なトリガポイントの電位分布を示している。

次に定常電位の時間的变化について、追試の報告をする。前報同様、変化には3つのパターンが表われる。それぞれをAタイプ、Bタイプ、Cタイプと分類する<sup>7)</sup>と、全ての測定からAタイプは12%、Bタイプは44%、Cタイプは44%であった。前報では、Aタイプの人は自律神経機能が非常に敏感に働いていると考えたが、本報の血管床制御システムの観点から考えても同じように説明がつく。当然、自律神経機能が敏感であれば血管床制御の感度もいいことになる。つまり、内外の環境の変化が、血管の収縮に影響を及ぼしその結果として定常電位が変動すると考えればよい。

以上、前報までの追試で測定結果を述べたけれども、前報の結果とはほぼ同じような傾向が得られている。

表 1 定常電位の分布

定常電位 (mV)	データ数の割合 (%)
-10 - 0	6.7
0 - 10	20.2
10 - 20	35.9
20 - 30	24.0
30 - 40	8.4
40 - 50	4.1
50 -	0.7

(総データ数およそ400例)

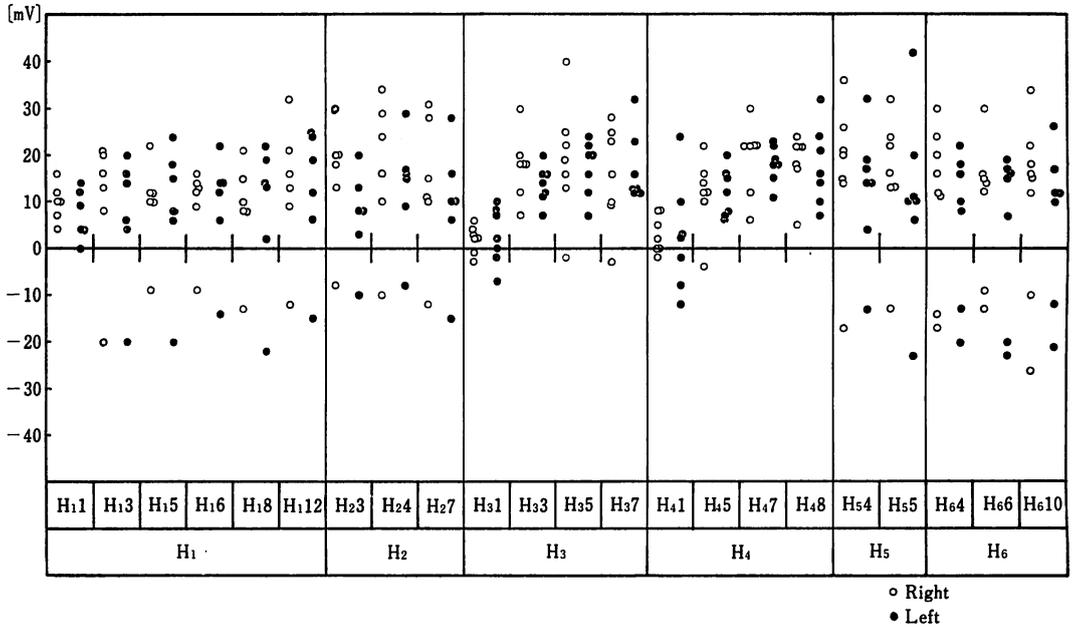


図4 代表的な定常電位分布

表 2 刺激によるトリカポイントの電位変化 ※パルス幅を示す

刺激点	刺激条件	電位上昇	電位下降	被測定者
H15(R)	1 Hz 500 <sup>※</sup> μs 2 mA		F14, F47(R)	A
			H15(R), H24(R) F54(R, L), F47(R)	B
H15(L)	同上	F14(R)	H15(L), F47(R)	A
H24(R)	氷	H24(R)		B
	熱	H43(R)		
H43(R)	1 Hz 2 mA 500μs (以下はすべて パルス幅は同じ)		H43(R)	C
			H15(R), H43(R)	
	氷	H33(R, L), F14(R, L)		
	熱	H43(R, L), F14(L)		
H55(R)	1 Hz, 2 mA		H55(R), H24(L)	D
	1 Hz, 3 mA	F14(R, L), F35(R, L) F63(R, L)	H35(R, L) H55(R, L)	
H55(L)	1 Hz, 2 mA		H55(L)	B
	1 Hz, 3 mA	F14(L)		
H69(R)	1 Hz, 2.5 mA	H55(R)	F55(R)	A
	5 Hz, 2.5 mA	H55(R), F14(R, L)	H43(L), F55(R)	
	10 Hz, 2.5 mA	H55(R)		

4. 2 外部刺激による定常電位の変化

まず定常電位を測定し、その結果最も高い値を示したトリガポイントに電気刺激を加えてその部位の電位変化と他への影響を測定した。その結果を表2に示す。電気刺激としては、単一の方形状のパルスを用い、周波数は1~10[Hz]、パルス幅は500[μs]~500[ms]とし、電流値は2[mA]程度とした。そして、刺激を加える時間は3分間とした。実験結果を整理すると次のようなことが言える。

- (1) 刺激による影響は、いろんなトリガポイントに表われるが、一定の選択性があるように思われる。しかし、現段階ではその刺激点の選択性に法則を見つけることはできない。
- (2) 刺激の種類、日時、人によって刺激に対する変化が異なるが、適正な刺激を加えると目的の部位の定常電位を制御できる。つまり、血管床の制御が可能である。人により、刺激を変化させる必要がある。
- (3) 今回行なった実験の中で最も顕著な変化の表われたトリガポイントは H<sub>5</sub>と F<sub>1</sub>4 であった。これ

らを中心に今後検討してみるつもりである。

(4) 刺激を印加したトリガポイントに限って定常電位の変化を見ると、電位が下がったデータ数は全測定数の55%で、上昇したのは32%で変化のみられなかったのが13%であった。電位の下がる現象は状態情報が正常に伝達されていると考えられるが、それ以外については、はっきりした原因がつかめていない。

(5) 電気刺激と同時に、熱刺激や冷刺激も実験した結果、電気刺激より影響が大きい。今までのところは、熱や冷刺激を加えるとすべての測定点が電位上昇として測定された。刺激としてはかなり強過ぎるため血管床が収縮された状態となり、地域状態の定常電位が上昇したものと考えられる。このように電気刺激よりも影響の強い熱や冷刺激の温度を変化させたときの定常電位も測定する必要がある。

4. 3 双極電気刺激による定常電位の測定

前節で単極の電気刺激に対する考察を行なったが、本節では、2点のトリガポイントに同時に同強さの電気刺激を加えて実験を行なった結果を示す。この実験の目的は、電気刺激の相乗効果をねらったのだが、顕

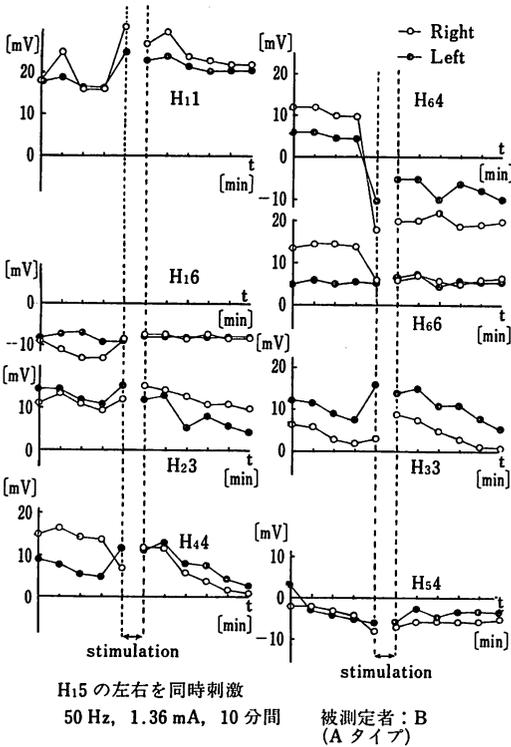


図5 双極刺激による定常電位の変化(代表例)  
—その1—

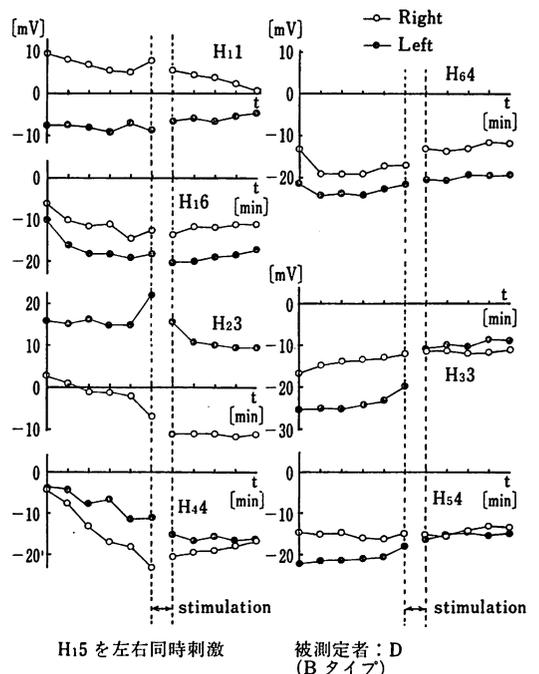


図5 双極刺激による定常電位の変化(代表例)  
—その2—

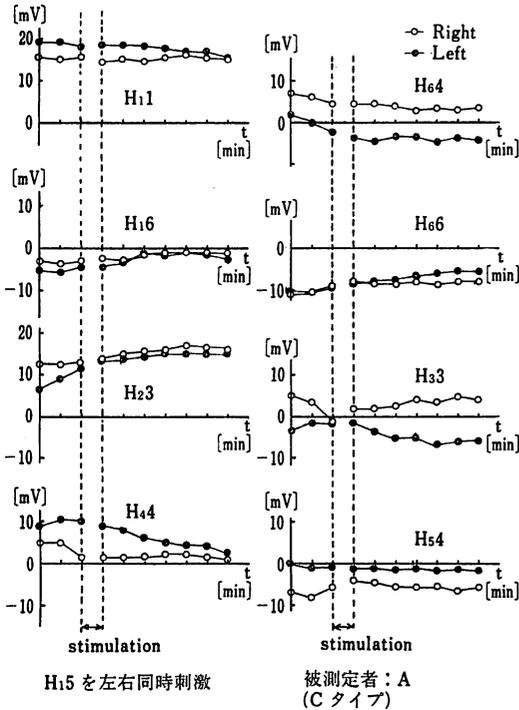


図5 双極刺激による定常電位の変化(代表例)  
—その3—

著な変化は今までのところ表われていない。ただ、左右の同一トリガポイントを刺激したとき例は少ないが左右の差が小さくなることが確かめられた。その代表例を図5に示す。実験例は多いけれども、望ましいデータがあまり得られていない。これには単極刺激と同様、適正な刺激を印加してやらねばならないと思う。このことが今後の大きな問題であるが、単極刺激より双極刺激の方が生体の情報に及ぼす影響は大きいと思われる。

## 5. 結 言

生体の地域状態を表わす定常電位は、内外の環境に大きく支配されるが、常温で安静にしている限りでは平均的に30mV前後以内に落ち着くことは、前報と同様今回の実験でも確かめられた。今後は意識的に実験環境を変化させた測定も行なうつもりである。そして、普通は左右の電位差はほとんどないが、過度の緊張や

体内の異常によりバランスが失われると電位差の変化として表われてくる。このように地域状態を定常電位の変化として測定することにより、状態情報が適切に出されているかを判断できる。今、定常電位の異常に高い部位を地域状態の異常と見なせば、外部から適切なトリガポイントを適切な刺激で刺激することによって、定常電位分布を正常にすることが可能となる。つまり、地域状態が正常化され恒常性が維持されたことになる。そのためには適切な刺激を与えなくてはならないが、生体の刺激に対する感受性が各々異なるため適切な刺激を見出すことは非常にむずかしい。本報で報告したように、刺激条件としては強さよりも周波数による影響が大きいようである。生体によって周波数を変化させれば適切な刺激を与えることができる。また、本報の実験を通して言えることは単極よりも双極刺激の方が地域状態に与える影響は大きい。

更にこの種の生体の実験では再現性に乏しいので相対的な測定が絶対に必要となる。そのために従来指先基準で測定していた方法を、H<sub>416</sub>基準で試みた。指先は代償作用を受けやすく電位の変動が表われやすいのに対し、H<sub>416</sub>は比較的安定しており、更に正中線の一点であることも基準として最適である。

今後は刺激に対する電位測定の追試を続けながら、血管床制御システムと地域状態情報の関係を中心に情報伝達の機構および制御のメカニズムを明らかにしていくつもりである。

## 参 考 文 献

- 1) 入内島十郎訳, Björn Folkow・Eric Neil; 循環, 真興交易医書出版部.
- 2) Barcroft, H.: *Physiol. Rev.* 40, suppl., 4, 80-99 (1960).
- 3) Barcroft, H., H. J. C. Swan; London: E. Arnold & Co. (1954)
- 4) 山下九三夫, 竹之内診佐夫: 東洋医学の基礎と臨床, マグブロス出版 (1979)
- 5) 市岡正道他: 痛み, 朝倉書店 (1980)
- 6) 湯ノ口, 古川他: 鹿児島大学工学部研究報告, 21, p. 181 (昭和54年)
- 7) 湯ノ口, 古川, 大園: 鹿児島大学工学部研究報告, 22, p. 179 (昭和55年)