

容積脈波の振幅・基線変動の意義に 関する基礎的研究¹⁾

川 上 範 夫

容積脈波は原理的には血液流量の変化によって生じる四肢および器官の体積変化を測定するものである。従って記録には血管の収縮、拡張という動態が反映される。記録上に表われるものとしては大別して振幅と基線の変動が主要である。

この二種の変動については Weinman (1967)²⁾ 井原・栄 (1958)³⁾ 原野 (1964)⁴⁾ らが異なった中枢神経性の反映であるという興味ある示唆を行っている。しかし、この両変動の生理心理学的意義は未だ十分に確立されていない。従来の容積脈波法を用いた研究をみても、両変動を同時観察し概括して血管運動の反映とみたもの (北村, 1960⁵⁾ Unger, 1964⁶⁾ 氏森, 1970⁷⁾ など)、振幅のみをとらえそれを血管運動の反映としたもの (Hertzman, 1938⁸⁾ 長島, 1956⁹⁾ 斉藤, 1960¹⁰⁾ Gabriel, 1970¹¹⁾ など)、両変動を区別して観察したもの (Burch, 1947¹²⁾ 井原・栄, 1958¹³⁾ 沢田, 1958¹⁴⁾ 原野, 1963¹⁵⁾・1964¹⁶⁾ Weinman, 1967¹⁷⁾ など) と観点は多岐にわたっている。

- 1) 本論文は修士論文の一部にあたり、日本心理学会36回大会、37回大会において発表したものに加筆、修正してまとめたものである。
- 2) Weinman, J. 1967 Photoplethysmography. In: Venables, P. H. et. al. (Eds.) *A manual of psychophysiological methods*. Amsterdam: North Holland Publishing Co..
- 3) 井原昭和, 栄寿太郎 1958 脈波基線運動と精神身体状態との相関について。生体の科学, 1, 127-154.
- 4) 原野広太郎 1964 神経症的不安状態と実験的に誘導された不安状態の容積脈波的研究。東教大教育学部紀要, 10, 53-70.
- 5) 北村宗信 1960 刺激の受容の際にみられる血管運動反射について。大日本歯科医師学会雑誌, 2, 23-50.
- 6) Unger, S. M. 1964 Habituation of the vasoconstrictive orienting reaction. *Journal of experimental Psychology*, 67, 11-18.
- 7) 氏森英亜 1970 不快刺激, 不快イメージ下における容積脈波の反応特性。東教大教育学部紀要, 16, 241-251.
- 8) Hertzman, A. B. 1938 The blood supply of various skin areas as estimated by the photoelectric plethysmograph. *American Journal of Physiology*, 124, 324-340.
- 9) 長島親男 1956 正常及び病態に於ける血管運動性に関する研究。第2報, 圧脈波と容積脈波の同時記録による正常人の血管運動反射について。日本外科学会雑誌, 57, 583-592.
- 10) 斉藤義夫, 他 1960 脈波及び GSR の刺激に対する適応過程の比較について。歯科学報, 8, 31-34.
- 11) Gabriel, M. et.al. 1970 Plethysmographic and GSR responses to single versus double simultaneous novel tactile stimuli. *Journal of experimental Psychology*, 85, 365-373.
- 12) Burch, G. E. 1947 A new sensitive portable plethysmograph. *American Heart Journal*, 33, 48-75.
- 13) 井原昭和, 栄寿太郎 1958: Ibid.
- 14) 沢田又一 1958 皮膚容積脈波の基線動揺の部位特性。呼吸と循環, 6, 417, 428.
- 15) 原野広太郎 1963 容積脈波の振幅・基線動揺と感情・情緒の関係について。東教大教育学部紀要, 9, 77-92.
- 16) 原野広太郎 1964: Ibid.
- 17) Weinman, J. 1967: Ibid.

これらは単に研究史の浅いこと¹⁸⁾、そして研究者の着眼点の相違という問題のみでなく、血管運動の生理的機序の複雑さにも起因している。ここで容積脈波記録に表われる血管運動を簡単にまとめるならば次のようになる。

—血管が脈搏動により収縮・弛緩をくり返す時、その収縮時と弛緩時の血管の太さ、つまり血管弾性に対する心搏出の効果、即ち血管の passive な変化による血流量の差が電氣的に変換されて脈波波高（振幅）として記録される。また、血管自体の絶対的太さの変化、つまり血管の active な変化により血流量が変化する時、振幅をのせた形で基線が変動する—

従って、振幅と基線の問題はこの血管の自律神経系支配による active な太さの変化と、血管弾性に基礎をおいた脈搏による passive な temporal な変化とが比例関係にあるか又は独立したものであるかという血管運動の性質も論議の対象となる。この点について Hertzman (1938)¹⁹⁾ は両者の相関が 0.88 であるとして振幅のみで血管動態を知りうると考え、Sokolov (1963)²⁰⁾ らは active な変化に注目して基線偏倚を血管反応としているわけである。

さらに、他の基本的問題として、記録装置が研究者によって異っており、その意味で記録の見方が方法自体の制約を受けざるをえないという点も指摘されている（川上、清水、1971²¹⁾）。

本研究は以上の点に問題を発し、容積脈波変動、とりわけ振幅と基線という二種の変動の生理心理学的意義の確立を目指し、その基本的性質を明らかにしようとするものである。

実験は二部からなり、実験 I で記録器械条件の検討を行い、実験 II では循環系への物理的影響による脈波の基本的変動様相の検討を行う。

実験 I 記録方法の問題

これまで器械条件がいかに脈波記録を歪めるか、についての組織的研究はほとんど見当たらない。交流増幅器 (A. C. Amp.) を用いて振幅のみを記録対象とする場合の条件については清水 (1969, unpubl.²²⁾) が試みている。そこで、ここではその研究をふまえ、直流増幅器 (D. C. Amp.) 使用により、基線変動も忠実に記録し、総合的に明らかにすることを目的とする。実験はいくつかに分かれ、おのおのの目的および手続きは各部において示される。

なお、本研究での論議の対象は現在最も一般的に用いられている photocell 方式の範囲に限られる。又、導出方式も手指先端、腹部からのものに限られる。

○方法—(1) 装置：ピックアップは清水 (1970)²³⁾ の用いた反射式、透過式 (装着バネにより圧

18) 現在の主な記録法である光電流方式が確立されたのは Hertzman (1938) からであり、研究が増大してきたのは 1950 年代後半である。更に心理学で注目されたのは Sokolov の研究が紹介されて以後 1960 年代以降と云ってよからう。

19) Hertzman, A. B. 1938: Ibid.

20) Sokolov, E. N. 1963 *Perception and conditioned reflex*. New York: MacMillan.

21) 川上範夫, 清水秀美 1971 容積脈波記録における基線変動の様相について. 日教心 13 回大会発表論集, 52-53.

22) 清水秀美 1969 不安の研究, 生理的指標を用いて. unpubl.

23) 清水秀美 1970 不安時における脈波の変化—脈波記録法の考察—. 日心 34 回大会発表論集, 123.

調整可能)、他に三栄測器製反射式ピックアップ。投射光は安定化電源により 1.8 V に調整。増幅器は三栄製 6L5 型直流増幅器、および交流増幅用として同社製140型ポリグラフの増幅器部分。記録器は同社製 8S 型 3 チャンネルガルバノメーター、一部は140型ポリグラフ使用。

(2) 被験者：各実験とも19才から27才までの大学学部学生、および大学院学生 4～5 名で構成された。

I-1. ピックアップ装着指

一般には装着指による脈波への影響は考慮の必要ない、と考えられているようである。ここでは改めて第2指と第3指から同時に導出した記録を検討する。ピックアップは反射型²⁴⁾、記録は D. C. Amp. で行われ、光刺激、音刺激および安静時での記録が行われた。

<検討>

振幅は第2指と第3指ではやや3指の方が大きい。しかし少差であり、特に問題にはならないと考えられる。(結果例：Fig. 1) そして、振幅・基線の変動様相はほぼ並行していた。従って装着指による脈波への影響は一般に行われる第2指と第3指間では考慮する必要はない、と結論される。

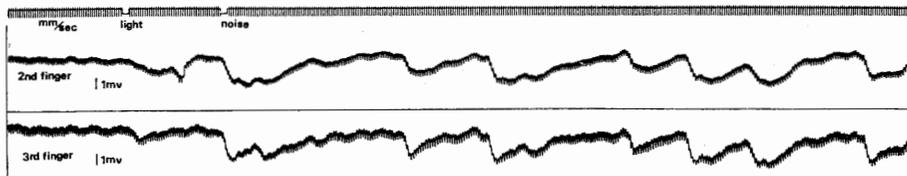


Fig. 1. 第2指・第3指から同時記録された直流増幅脈波(光刺激、音刺激、安静時)
上：反射型第2指装着 下：反射型第3指装着 紙送り速度：1 mm/sec. 被験者：27才男

I-2. ピックアップの種類(反射型と透過型)

反射型と透過型は簡単に考えると逆の位相の曲線がえられそうに思われる。しかし実際には光の吸収は血管容積が大きくなると共に増し、それだけ透過光も反射光も減少するから同位相の曲線がえられる。ここでは、この点をふまえ、その変動様相について検討が加えられる。記録は反射型(第2指装着)透過型(第3指装着)ともに直流増幅で行われた。いずれも Amp. の感度を調節し、相互に振幅が等しくなるよう統制された。

<検討>

結果図は実験事態間での比較を可能にするため同一被験者の同一被験時での結果が例示されている。

反射型、透過型では波形に差はみられなかった。(Fig 2) 音刺激をくり返した時にも両記録に

24) 三栄測器製の同型のものを使用。性能差は無視しうる。

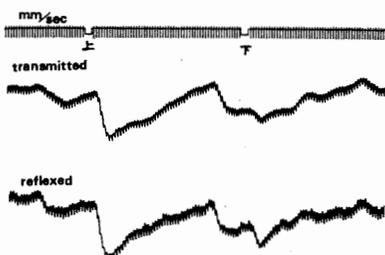


Fig. 2. 透過型・反射型トランスジューサーにより同時記録された直流増幅脈波 (測定手指の反対手の上下運動時)
上：透過型 下：反射型 紙送り速度：1 mm/sec. 被験者：27才男

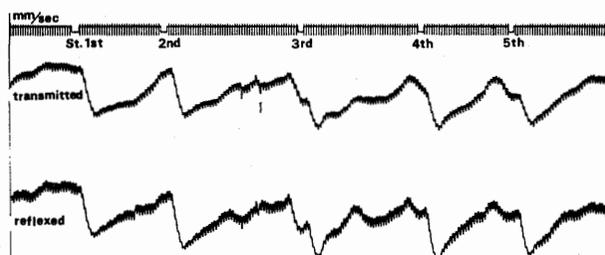


Fig. 3. 透過型・反射型トランスジューサーにより同時記録された直流増幅脈波 (音刺激反復時)
上：透過型 下：反射型 紙送り速度：1 mm/sec. 被験者：27才男

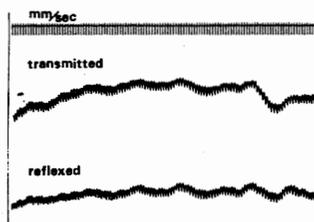


Fig. 4. 透過型・反射型トランスジューサーによる直流増幅脈波 (安静時)
上：透過型 下：反射型 紙送り速度：1 mm/sec. 被験者：27才男

差は認められない (Fig. 3)。又、安静時の変動様相にもほとんど差は認められない (Fig 4)。

従って振幅を統制し、等しく記録した際には脈波変動様相は反射型、透過型ともに一致すると考えられる。ただ、Weinman (1967)²⁵⁾ も指摘しているように透過型の方がその反映する血管床が豊富なため、振幅を等しく記録した時、較正值で大きな電位を示す (Weinman では約 5 倍)。トランスジューサー通電量などによってその倍率は当然異なるが今回の実験でも同じ傾向を示した (約 2 倍)。なお、反射型の方がそのピックアップの構造上、装着部位の動きなどがアーティファクトになり易いことが指摘されている (池上, 1958²⁶⁾、Weinman, 1967²⁷⁾)。

25) Weinman, J. 1967: Ibid.

26) 池上芳男 1958 プレチスモグラフ法の比較研究. 呼吸と循環, 6, 881-890.

27) Weinman, J. 1967: Ibid.

I-3. 増幅器 (Amp.) の時定数 (time constant)

増幅器時定数により記録に歪みの生じることは既に知られている。振幅については清水 (1969, unpubl.²⁸⁾ が研究し、時定数 (TC) 0.3 sec. までは波高は TC 1.5 sec. のものと完全に相関し、TC 0.1 sec. までは歪みは少ないことを報告している。又、Brown (1967)²⁹⁾ は 0.03 sec. までは十分としている。

ここでは基線変動にも注目し、時定数によってどのように歪められるかを A. C. amp. と D.C. amp. の同時使用記録によって検討する。交流増幅記録は TC 1.5 sec. と 0.3 sec. で行われ、直流増幅記録は実験 I-2 の検討に基づき透過型の記録を中心にする。なお、実験中他の記録条件は一定に保たれた。

<検討>

安静時に起こった自発性変動 (Fig. 5) の例において、又音刺激時の例 (Fig. 6) においても直流増幅記録では一過性の基線変動としてあらわれるのに対して、交流増幅記録では TC 1.5 sec., TC 0.3 sec. 共に二過性の変化 (基線低下→上昇→低下→刺激前レベルに復帰) としてあらわれることが明らかにされた。この結果は一般に A. C. amp. が使用される時に設定される 0.3 sec., 1.5 sec. の時定数によれば、約 1 sec. の周期特性をもつ振幅は正確に記録され、その変化もほぼ忠実に反映しうるとしても基線変動の記録には不適當であることを示す。

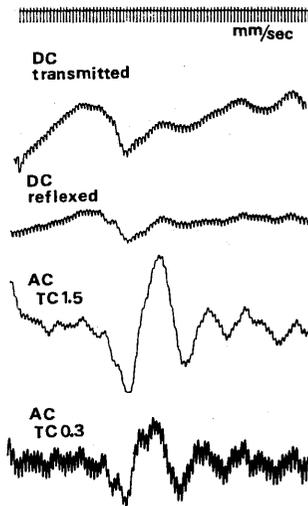


Fig. 5. 直流増幅脈波と交流増幅脈波 (自発性変動時)
上から直流透過型・直流反射型・
交流 TC 1.5・交流 TC 0.3
紙送り速度：1 mm/sec. 被験者：25才男

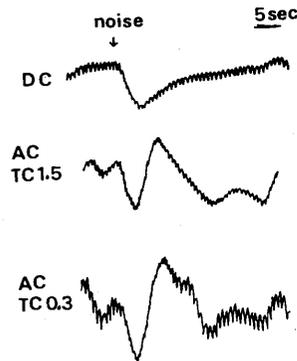


Fig. 6. 直流増幅脈波と交流増幅脈波 (音刺激時)
上から直流透過型・交流 TC 1.5・交流
TC 0.3
紙送り速度：1 mm/sec. 被験者：23才男

28) 清水秀美 1969: Ibid.

29) Brown, C.C. 1967 The techniques of plethysmography. In: Brown, C.C. (Ed.) *Method in psychophysiology*. Baltimore: The Williams and Wilkins Co..

実際に A.C. amp. を用いて脈波を記録して時定数を大きくすることにより基線変動を測定しようとした研究として原野の一連の研究 (1962³⁰), 1963³¹), 1964³²) がある。彼の場合 TC 4.0 sec. としている。ところが今回のこれまでの直流増幅記録例をみると (Fig 1, Fig 5) 基線の低下から回復にいたる時間が 50 sec. から 60 sec. をも要するものが観察されている。故に、このような長期にわたる偏倚をその性質として有している基線の変動は原野のような方法でも完全に描記されているとは考えられないだろう。

以上によって時定数と脈波について次のような要約がなされる。脈波振幅の変化のみを目標とする場合は A.C. amp. を使用して TC 0.3 sec. 以上で十分であり、0.1 sec. でも歪みは少ない (古閑, 1967³³)。そしてこの範囲にあれば時定数が小さいと基線が安定するので振幅を計測しやすい。一方、基線変動については今回の実験でもわかるように時定数をもつ A.C. amp. では忠実な記録が期待できない、と考えられる。

I-4. ピックアップ装着圧

装着圧が脈波記録に影響を与えることはいくつかの研究で示されている。清水 (1969, unpubl.³⁴) は圧により脈波波高が変化することを示し、高木 (1966)³⁵) Takagi and Nagasaka (1964)³⁶) は圧によってその反映する血管層に違いがある、としている。彼らによれば通常われわれが落ちない程度に装着した時は 24 mmHg から 56 mmHg の範囲内にあり、この圧の範囲は脈波変動の表われやすいところとされている。実際に現在用いられているピックアップで装着圧を同時に測定できるものは見当たらない。そこで今回は実用的観点から、上記研究に基づき、まず落ちない程度に固定したのち、指を挟むバネの調節により振幅変化が生じない程度に 10 sec.~20 sec. 間、加圧・減圧を行い基線に表われる影響を検討した。ピックアップは反射型、透過型、増幅は直流式で行われ他の記録条件は一定であった。

<検討>

反射型、透過型ともに加圧によって急激な基線の低下がおり、元の圧に復すると基線も元の準位に復帰することが明らかになった (結果例: Fig 7)。加圧、減圧をくり返した場合には加圧により低下、減圧で上昇がおり元々の圧になると基線はいずれの場合も元の準位に復帰した (例: Fig. 8)。これにより振幅変化が生じない程度の弱い圧変化によっても大きな基線偏倚が生じることがわかる。本実験結果では振幅はほとんど生じていないので圧変化の生理的影響として高木

30) 原野広太郎 1962 光電的容積脈波の振幅に表出される感情反応の研究. 東教大教育学部紀要, 8, 53-68.

31) 原野広太郎 1963: Ibid.

32) 原野広太郎 1964: Ibid.

33) 古閑永之助 1967 容積脈波記録法. 時実利彦・大熊輝雄 (編) 中枢神経実験法, pp. 306-313.

34) 清水秀美 1969: Ibid.

35) 高木健太郎 1966 反射光電型プレサモグラフィ—使用上の注意を中心として—. 呼吸と循環, 14, 49-54.

36) Takagi, K. and Nagasaka, T. 1964 Blood volume changes of various kinds of vessels in the human skin recorded by reflection photoelectric plethysmograph. *Japanese Journal of Physiology*, 14, 250-264.

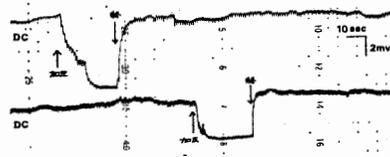


Fig. 7. トランスジューサー装着圧変化による脈波基線変動
上：直流透過型・第2指装着 下：直流反射型・第3指装着 紙送り速度：1 mm/sec. 被験者：26才男

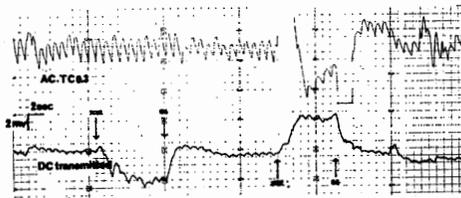


Fig. 8. トランスジューサー装着変化による脈波基線変動
(加圧・減圧による)
上：交流 TC 0.3. 下：直流透過型
紙送り速度：5 mm/sec. 被験者：26才男

(1966)³⁷⁾のいう反映する動脈層の違い、が生じたとは考えられない。おそらく血液の全組織内流量を考慮しなければならないのであろう。

ともあれ、われわれがふつうにピックアップを固定した時、脈波記録が生理学的に最も神経支配の発達している小動脈層、小静脈層（入内島、1966³⁸⁾）の変化を反映しやすい、という高木（1966³⁹⁾の指摘は通常の装着法に対し生理学的支持を十分与えるものである。しかしそのような範囲内での小さな圧変化が基線に大きな影響を与える、という本実験の結果は基線変動観察の際の装着法に対し問題を呈示する。実際には装着圧の変化を同時記録するにはピックアップにマノメーター等の付属装置を必要とし被験部位への装着を著しく困難にする。従って将来の方向としては古閑（1967⁴⁰⁾のいうように微小な圧力計により装着圧変化を同時記録することが望まれるが、現在のところでは実験中に圧変化がおこらないようピックアップに工夫を行うという程度にとどまらざるをえないであろう。

I-5. 体動の影響

ここでは器械条件の変化に直接関係し記録を歪めるものとして記録中の体動の影響を検討する。測定手指の反対手を上下運動させ、その影響でおこる測定手指の微動が EMG⁴¹⁾として導出記録され、同時記録の直流増幅による脈波記録、特に基線変動との関係が検討される。

37) 高木健太郎 1966: Ibid.

38) 入内島十郎 1966 循環生理学入門. 医学出版社.

39) 高木健太郎 1966: Ibid.

40) 古閑永之助 1967: Ibid.

41) Electric Myograph: 筋電図.

<検討>

結果例 (Fig 9) をみるならば測定手の小さな動きが脈波の基線に対し歪みをもたらすことがわかる。

測定手の動きが脈波記録を歪める直接の原因はピックアップのずれであろう。そしてそのずれが装着圧変化および投光部位の変化となり記録に大きくあれられる、と考えられる。ともあれ、反対手の上下運動によりおこるような微細な体動によっても基線が敏感に影響を受けるということは容積脈波の基線を指標として実験を行う際、その方法にかなりの制限が置かれなければならないことを示しているだろう。

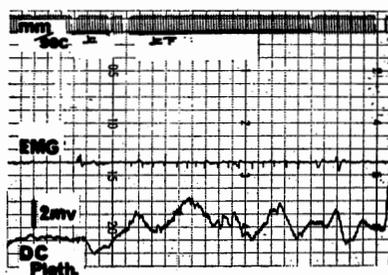


Fig. 9. 測定手指の反対手上下運動に伴う測定手指の動きによる直流増幅脈波の歪み
 上：トランスジューサー装着指の筋電図 下：直流増幅脈波・第2指より導出
 紙送り速度：1 mm/sec. 被験者：22才男

実験Ⅱ 直流増幅記録法による循環系への刺激と脈波変動との関係に関する検討

容積脈波は血管運動の反映であり、血管運動は最も基本的には循環生理学的現象である。従って循環系に物理的の刺激が加えられることによって、より心理的变化の介在しない血管運動の動態変化が生じるはずである。そこでここでは今後の研究に資するため、血管系への直接刺激に近い事態をいくつかの観点からつくり出し、それと容積脈波の関係を直流増幅記録によって振幅・基線の両面から検討しようとする。

実験は4種に分かれ、おのおのの目的、手続きは各部において示される。

○方法——装置、被験者ともに実験Ⅰと同様であった。

Ⅱ-1. 上腕動脈および上腕静脈の圧迫による脈波変化

指先部位における血管系の構造と血流変化の関係について概括するならば次のようになる。「末梢部位では主として小動脈、小静脈、毛細管が布置されている。このうち静脈は容積弾性率が大きく3倍まで拡張する。また、動脈脈圧はふつう小動脈において減衰消失し静脈側には伝え

られない(入内島, 1966⁴²⁾)。このことは末梢の心搏に同期する血流量変化が主として小動脈の変動によるものであり、全血流量が上記の三脈管の総和になることを示す。」従って、容積脈波の心搏に同期した振幅は末梢小動脈の抵抗と心搏出の相互関係によって決定された小動脈の運動動態の反映が主と考えられ、一方、基線は抵抗血管、小動脈の収縮状態および毛細血管で決まる総血流量が反映される、と考えられるだろう。

ここで、もしこの振幅と基線に関する異った規定が正しいならば上腕動脈圧迫により一時的に末梢への血流入を阻止すれば振幅は縮少し血量減少により基線の低下も起こるはずである。また、一方、静脈圧迫を行えばうっ血が生じ基線は上昇し、小動脈への血流入の変化は少ないため振幅はほとんど変化なく記録されるはずである。

以上の振幅・基線の仮説に従い、両者が反映する血管運動の基盤に差異が存在することを確かめるため Burch (1954)⁴³⁾ の実験法を推し進め上腕動脈および静脈の個別の指圧迫が試みられ、それに伴う指先容積脈波が記録された。ピックアップは透過型で直流増幅記録、さらに振幅を大きく観察するため A.C. amp., TC 0.1 sec. での記録が付記された。

<検討>

主として動脈部を圧迫した時(例: Fig 10A) 振幅の減少は著しく、基線も一定レベルに低下し続けた。また、静脈圧迫では(Fig 10B) 振幅は余り変化せず基線は圧迫当初やや低下するがその後一定のレベルで上昇が続いた。

以上の二つの条件での振幅と基線の dynamic な変化は、先に示された振幅、基線の反映する

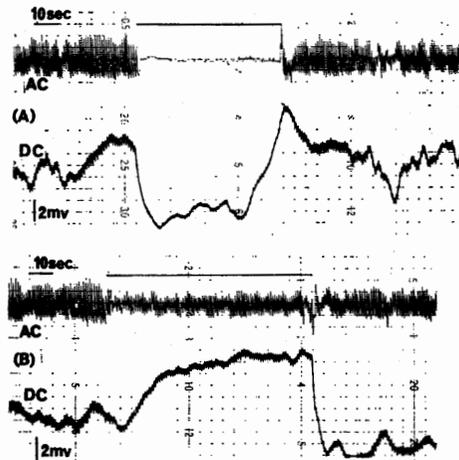


Fig. 10. 上腕動脈圧迫(A)および上腕静脈圧迫(B)による脈波変動 (A)(B)とも上:交流 TC 0.1 下:直流透過型 紙送り速度:1 mm/sec. 被験者:26才男

42) 入内島十郎 1966: Ibid.

43) Burch, G. E. 1954 A method for recording and a study of the venous occlusive technique. In Wolstenholme, et. al. (Eds.) *Peripheral circulation in man, Ciba Foundation Symposium*. London: Churchill.

血管運動の基盤を区別してとらえたみかたの証左となるものであろう。同時に、井原, 栄(1958)⁴⁴⁾ 原野 (1964)⁴⁵⁾ らのように振幅・基線を異った中枢神経性の反映であるとしてその心理現象との関連を探索しようとする発想に対し、生理的レベルでの基本的支持を与えるものと考えられるだろう。

II-2. 温度刺激による脈波変化

末梢循環の生理的意義の主要なものは血管の収縮・拡張による体温調節作用にあるとされている。この観点から温刺激, 冷刺激による脈波変化を検討した実験は数多く行われている(鈴木, 1956⁴⁶⁾。石川, 1956⁴⁷⁾。武田, 1959⁴⁸⁾。Sokolov, 1963⁴⁹⁾。宮田, 1965⁵⁰⁾など)。たいいていものが温刺激として反対手に対する温水を, 冷刺激として冷水を用いてその作用をみている。そして冷刺激に対しては全ての研究が振幅の持続的減少と基線の持続的低下を記録しているが, 温刺激に対しては振幅増大・基線の上昇を記録しなかったものが目立つ(原野, 1963⁵¹⁾。松野, 1964⁵²⁾など)。本実験では温水(40°C)が温刺激として, 冷水(15°C)が冷刺激として用いられた。

<検討>

冷刺激に対しては振幅減少, 基線低下という血管収縮の持続がみられた(Fig 11)。一方, 温刺激に対しては手を温水に入れると同時に振幅減少, 基線低下の一過性的変化ののち, 血管拡張を示さない Fig 11 のごとき変化が全てであった。このことは温度が十分に高くないことによるか, 触刺激の作用が優位に働いたかの理由によると考えられる。後者の考察は刺激終了時に再び一過性的の振幅減少と基線低下がおこっていることから推察されるものである。また, 生理学的血管支配の神経機序の観点から「末梢部位においては血管収縮神経の活動が主体であり, 拡張神経は

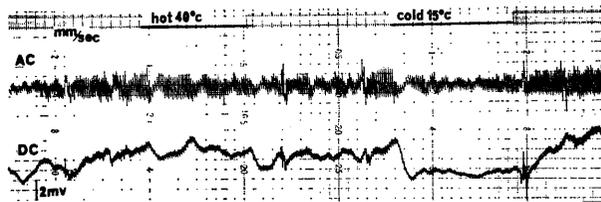


Fig. 11. 測定手指の反対手を温水, 冷水に浸した時の脈波変動
上: 交流 TC 0.1 下: 直流透過型
紙送り速度: 1 mm/sec. 被験者: 22才男

44) 井原昭和, 栄寿太郎 1958: Ibid.

45) 原野広太郎 1964: Ibid.

46) 鈴木秋津 1956 指尖光電脈波に関する生理学的研究. 医療, 10, 1012-1019.

47) 石川浩一 1956 プレチスモグラフ. 呼吸と循環, 4, 735-742.

48) 武田光太郎 1959 寒冷刺激に対する指尖容積脈波と皮膚電気反射について. 医療, 13, 12, 955-964.

49) Sokolov, E. N. 1963: Ibid.

50) 宮田洋 1965 人間の条件反射. 誠信書房.

51) 原野広太郎 1963: Ibid.

52) 松野 豊 1964 非信号刺激にたいする血管運動反射. 東京学芸大学研究報告, 15, 8, 37-45.

血管運動の上にはほとんど効果を示さない⁵³⁾という知見も上記の傾向の原因をなしていると考えられる。

以上の論点から指先容積脈波には血管固有の温度順応反射より外来刺激に対する反射の方が敏感に反映されやすい、といえるだろう。

II-3. 循環温上昇と脈波変化

高木 (1966)⁵⁴⁾ は循環温が非常に高くなると振幅は大きくなり、自発性の基線動揺は消失し外来刺激に対する血管反応も消失する、と述べている。今回は電気ヒーターによる測定手への加温により脈波の外来刺激への反応性変化が検討された。室温は 17°C であった。

<検討>

Fig 12 は加温なしの時、音刺激に対して反応が顕著にみられていたものが加温により心搏数の著しい上昇とともに基線の上昇⁵⁵⁾、振幅の増大を伴って音刺激への反応が微小になったことを示している例である。

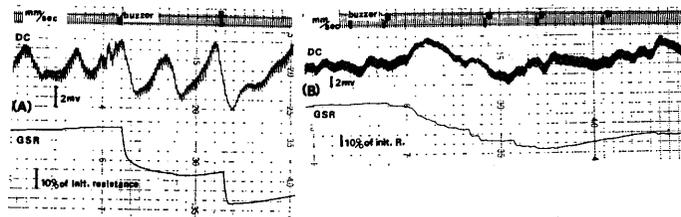


Fig. 12. 室温平常時における脈波変動(A)とトランスジューサー装着手への加温を行った時の脈波変動(B) (音刺激反復時)
(A)(B)とも上：直流透過型 下：GSR
紙送り速度：1 mm/soc. 被験者：25才男

永坂 (1966)⁵⁶⁾によれば末梢血流量は 10°C~20°C で最も少なく 10°C 以下の低局所温では寒冷血管拡張反応のための血流量は増大し、20°C より高くなると再び血流量が増大するという。そして血管運動は血流量の少ない 20°C 前後で最も著しくなるとしている。このことと今回の結果を総合するならば、組織内血流量の総和を示すと考えられる基線の絶対的準位が血管反応性の一応のレベルを知る手がかりになるともいえるだろう。

II-4. 呼吸運動と脈波変化

呼吸運動の循環への影響は早くから知られ、深呼吸、速呼吸、息とめなどがしばしば試みられ

53) 末梢部位での血管拡張は収縮神経の緊張発射の解消があり、血管弾性により弛緩がおこることによるといわれる。

54) 高木健太郎 1966: Ibid.

55) 記録図中、図示の都合上(B)は上下が縮めてある。実際には(A)(B)では記録初期の基線の準位で(B)が較正電圧 10 mV 以上、上昇している。

56) 永坂鉄夫 1966 四肢循環血行動態。呼吸と循環, 14, 1050-1057.

ている(長島, 1956⁵⁷)など)。また, 呼吸に同期した安静時の脈波自然動揺も多く観察されている(Burch, 1947⁵⁸, 上田, 1957⁵⁹, 吉村, 1967⁶⁰)など)。

今回は長島(1956)などに基づき意図的に呼吸運動を行った時の脈波への影響を検討するため, 深呼吸, 息とめ, 速呼吸などが実験的に試みられた。

<検討>

息とめによる脈波変化のうち Fig 13 のごとく開始時に振幅・基線の急激な変化がおこり 10sec. 前後で振幅が回復するとともに基線は徐々に上昇し「息とめ」が限界に達するあたりで元の単位より高くなり, 終了後ふたたび一過性の両種の変動がみられたもの, 一方, Fig 14 のごとく振幅が持続的に減少するものがみられた。

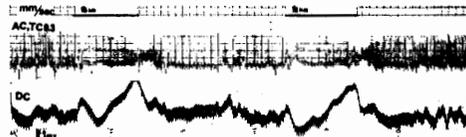


Fig. 13. 息とめに伴う脈波変動. 上:交流 TC 0.3 下:直流透過型紙送り速度:1 mm/sec. 被験者:21才男

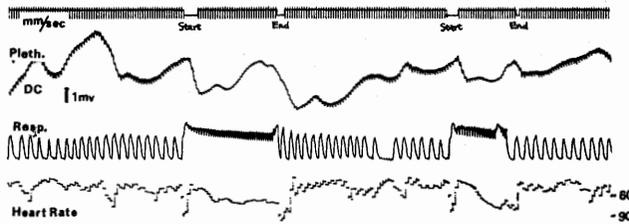


Fig. 14. 息とめに伴う脈波変動. 上:直流反射型 中:呼吸 下:心搏数 紙送り速度:1 mm/sec. 被験者:25才男

また, 一回だけの深呼吸(例: Fig 15)では外来刺激への反応と同様の両種の変動がみられ, 深呼吸と速呼吸のくり返し(例: Fig 16)の際にも振幅の減少と基線の低下が生じた。しかし, それらの変動の大きさは一定しないし, またくり返しの従って小さくなるといったとき定まった傾向も示さなかった。

長島(1956)⁶¹は「呼吸運動は一方で脳幹部で覚醒状態に影響し, また, 胸腔, 腹腔内圧を変化させることにより静脈への物理的影響を行う」と述べ, 呼吸運動の影響の複雑さを指摘しているが, 今回のごとき直流増幅記録において上記のごとく一定傾向をもたない様相があらわれたことも呼吸運動と血管運動の複雑な関係を示しているものと思われる。

57) 長島親男 1956: Ibid.

58) Burch, G. E. 1947: Ibid.

59) 上田五雨 1957 末梢循環の動揺性に関する研究. 生体の科学, 8, 321-333.

60) 吉村正治 1967 脈波判読の実際. 中外医学社.

61) 長島親男 1956: Ibid.

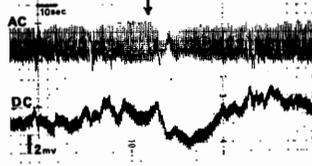


Fig. 15. 深呼吸に伴う脈波変動. 上：交流 TC 0.1 下：直流透過型
紙送り速度：1 mm/sec. 被験者：21才男

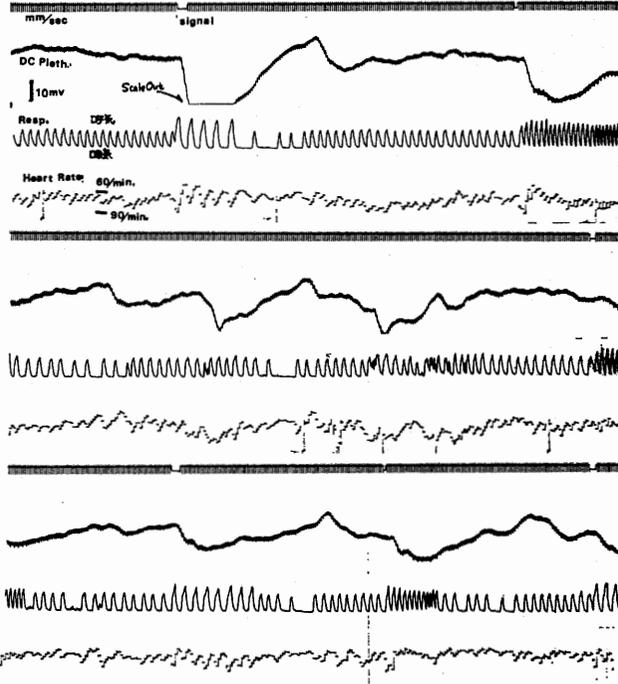


Fig. 16. 深呼吸と速呼吸のくり返し時の脈波変動. 上：直流増幅脈波・
反射型 中：呼吸 下：心搏数
紙送り速度：1 mm/sec. 被験者：27才男

ともあれ、呼吸運動が今回の結果でみられるように脈波に大きな影響を与えるとするならば今後、脈波を指標として実験を行う際、呼吸も同時記録しておくことが望ましい、と思われる。

総 括

容積脈波の振幅と基線の二種の変動を異った意義をもった指標として確立するための基礎的研究として、記録方法上の問題、および循環生理学的観点からみた容積脈波の意義の問題の二面から実験が行われた。その結果から今後の研究に向けて次のような総括がなされる。

<実験 I>

○ピックアップの装着指は第2指、第3指のいずれであっても記録にはほとんど差があらわれな

い。

○ピックアップの構造が反射型であるか透過型であるかは増幅度の調節により振幅を等しく記録すれば記録上の差異は認められない。ただし、反映する血管床に違いがあるので両記録を較正電圧により直接比較することは不適當である。

○増幅器の特性では、変化が長期にわたる性質をもつ基線変動は、それが急激におこる時は A.C. amp. の時定数が記録の著しい歪みをもたらす、ゆるやかな偏倚の時は記録にあらわれにくくなるという問題を生じる。従って基線の変動を問題にするには D.C. amp. によることが望まれる。ただし、直流増幅記録では基線の変動により振幅の正確な計測が困難になることはさげられない。

○ピックアップ装着圧については、振幅の変化を惹起しない程度の圧変化によっても基線は著しく変動することが確かめられた。従って装着圧は特に基線を測定対象にする時には厳密に一定に保たなければならないことになる。そのための具体的方法の改善に関する研究が望まれる。

○他に器械的条件としてトランスジューサー投入光の問題があげられる。清水(1969, unpubl.⁶²)は投入光が弱くなる程、振幅は大きく描記されるといい、本川(1966)⁶³はトランスジューサーの特性により投入光量を選択しなければならないことを指摘している。特に直流増幅記録では投入光の減衰はそのまま基線準位の低下としてあらわれ、基線の定量的測定は不可能になる。

○さらに Brown(1967)⁶⁴は他の問題として光源による熱作用のトランスジューサーへの影響をあげている。しかし、現在多く用いられている、そして本研究でも用いられた光源は通常小さいものであり、ほとんど問題はないと思われる。

<実験Ⅱ>

○上腕動脈と静脈の圧迫により、振幅・基線の個有変化が観察され、両者のもつ血管運動の基盤が基本的に異なることが明らかにされた。このことは過去いくつか試みられている振幅・基線を異なった中枢神経性支配の反映として利用しようとした研究に対し、一つの支持を与えるものである。

○温度刺激のうち温刺激によって、従来から血管個有の反射とされてきた温度順応反射よりも触刺激の効果とみなされるものの方が大きく観察された。これは脈波が外来刺激の方に敏感に反応を示すことの一例となる。

○循環温の変化により容積脈波の反応性に大きな変化が生じた。このことは脈波記録の際に温度条件を十分に統制する必要がある(20°C前後が望ましい)ことを示している。

○呼吸運動が脈波におよぼす影響は一定の傾向としては見出されなかったものの大きな変化を惹起することが明らかにされた。その意味では脈波を記録する際、呼吸運動をモニターしておくこ

62) 清水秀美 1969: Ibid.

63) 本川弘一 1966 電気的実験法. 南山堂.

64) Brown, C. C. 1967: Ibid.

とが望ましいと考えられる。石橋 (1973)⁶⁵⁾ は同様の問題点から「ピックアップの装着は呼吸の影響を受けやすい右手よりも左手の方が望ましい」と指摘している。

「むすび」として最後に改めて容積脈波の生理学、生理心理学の測定指標としての一般的特性をまとめてみたい。①容積脈波はまず末梢血管動態を鋭く反映する。②容積脈波は内的、外的に引き起こされた変化を敏感にとらえ、この点において GSR にまさる。③変化は全ての年齢の人間からとられ、さらには乳類からもとられる。④変化は多くの身体部からとられ、その神経支配は局所的であるという事実が各局所変化の興味ある組み合わせ比較を可能にする。⑤変化は異常なまでの固着を示す。即ち、順応、消失といった現象が GSR、心臓変化の消失後にも残る。⑥変化は自律神経系に基づき、また純粋に交感神経の活動を反映する。(Brown, 1967⁶⁶⁾より)

このような諸特性は、容積脈波が現在のところでは指標として十分に解明され確立されていないとしてもわれわれに大きな魅力を感じさせるだろう。その意味で、本研究のごとき基礎研究の上に、今後、振幅・基線の両変動に注目した研究が重ねられることが期待されるものである。

65) 石橋富和 1973 血管運動反射. 宇阪良二 (編) 心理学実験法, 実験Ⅱ. pp. 86-88,

66) Brown, C. C. 1967: Ibid.