

垂直挙上手の脈波応答の個人差に関する予備的研究

Pilot-studies on Individual Difference in the Pulse-wave Response by Raising the Hand

林 文代

【要 約】 In this study, inter-individual difference in the pulse-wave response when the subject's hand was raised vertically was examined in relation with results from autonomic nervous function test. In subjects in whom the pulse-wave height was elevated by raising their hand, the records of hypertension and taking hypotensive drugs were noted in their health history. Higher ratios of being negative in the postural blood pressure reflex and positive on the cold pressor test were observed in those subjects than in subjects in whom the pulse-wave height was reduced by raising the hand.

【キーワード】 Pulse-wave response, Individual difference, Postural blood pressure reflex, Cold pressor test

はじめに

ヒトに各種の生活条件負荷が加わった際に、脈波は敏感に応答する。そのため、負荷条件の評価指標として脈波応答が採用される。しかし、それは敏感であるために、負荷条件以外の攪乱要因の影響を受けやすい。したがって、無負荷条件では、安定した脈波が描記されなければならない。その目的を果たすための測定手技上の要件を前報で述べた¹⁾。その中で指摘した要件の1つとして、脈波測定手の位置に関する事項があった。すなわち通常、ピックアップ装着手の測定時の位置は心臓の高さとされており、それより低い位置でも高い位置でも脈波波高に影響があらわれる。

著者が使用している光電脈波装置は、生体組織を透過した近赤外線が動脈血中のヘモグロビンにある程度吸収されるので、吸収された光量を増幅して波形に描かせるものである。一般的には、ピックアップ装着手を心臓の高さより高い位置に置けば血流は減少するので、脈波波高は低くなる。しかし、前報で例示したよ

うにピックアップ装着手を垂直挙上させた場合に、脈波波高が高くなる被験者が稀に存在する。したがって前報では、装着手の位置によって脈波応答がどのように変化するかという応答形式を均一的に記述しないで、測定結果に影響する条件の1つとして、測定手位置を念頭におくべきであるという表現にとどめた。また、その記述中に、「このような応答の個人差は各人の血管反応が異なることに基づくものであり、潜在的な生体応答性を誘発したものである」とした¹⁾。

本報では、垂直挙上手の脈波応答と潜在的な生体応答性との関連を解明するための緒とすべき検討をおこなったので、その成績を報告する。

方 法

装着手を垂直挙上させた際に、脈波波高が高くなる反応が認められた被験者を従来の研究対象中から把握している。その被験者のうち、本報の実験に協力してもよいという同意を得た3名を本報の増高群とした。

一方、脈波波高が低くなるという一般反応を呈した被験者のうち、実験に同意した5名を本報の低下群とした。

両群について、センサー装着手の位置を心臓の高さとした場合と垂直挙上させた場合とを対比して、その典型例を図1に示した。群分け判定は波高計測をした結果の数値判定によらなくても、記録曲線から波高が高くなるもしくは低くなるという応答がはっきりしているの、質的におこなった。

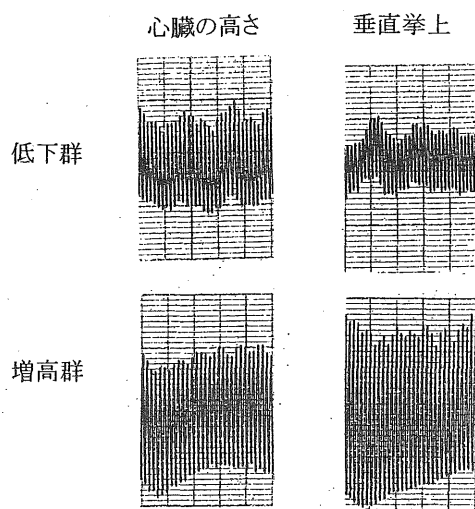


図1 脈波測定手位置による脈波波高変化の典型2例

- 注:1) 心臓高位置での脈波波高に比べて、垂直挙上位置でのそれが縮小する反応を示した被験者を低下群とした。この型が通常は被験者の大部分である。
 2) 心臓高位置での脈波波高に比べて、垂直挙上位置でのそれが増大する反応を示した被験者を増高群とした。この型の被験者が稀にみられる。
 3) 両型反応共、増幅は500mV/cm,記録紙送り1mm/s

両群の性、年齢、体格および循環器系健康記録のプロフィールを表1に示した。表に示したように、性、年齢、体格に両群間差はみられなかった。しかし、低下群に比して増高群では血圧が高かった経歴を持つ人があり、また降圧剤服用の経験者が含まれていた。したがって、高血圧状態の既往とセンサー装着手挙上による脈波波高が高くなることとの間には、何らかの関連の存在をうかがわせた。しかし、高血圧遺伝歴には両群間差はみられなかった。

両群被験者に体位変換試験および手掌の冷水侵漬試験をおこない、その際の指尖脈波および指尖血圧を測定した。

指尖脈波は、被験者の左手第II指第1節腹側にNEC三栄製45261型光電脈波測定用ピックアップを装

表1. 被験者の健康記録

脈波反応型		低下群					増高群		
被験者No		1	2	3	4	5	6	7	8
項	性	女	女	女	女	男	男	女	女
	年齢	18	19	19	22	69	46	53	68
	身長	160	152	156	147	170	170	155	157
	体重	57	51	53	42	75	66	58	55
	BMI	22.3	22.5	21.8	19.4	26.0	22.8	24.2	22.3
目	直近血圧	100/70	90/50	96/52	110/66	122/80	154/100	130/80	162/84
	降圧剤服用歴	無	無	無	無	無	無	有	有
	高血圧遺伝歴	祖母	祖母 父	祖父	父	無	母	父	父

着して、連続測定した。指尖血圧は左手第III指にOhmeda社製2300型Finapresのフィンガーカフを装着して、連続測定した。

測定は室温23±1℃、相対湿度60%、暗騒音レベル30db(A)以下の実験室でおこなった。被験者を実験室に入室させ、10分以上の安静椅座位を保持させた。その間に脈波および血圧測定用センサーを装着した。

体位変換試験：被験者を仰臥位として20分間安静をとらせた後に、素早く自力で直立位をとらせた。その際のセンサー装着手位置は心臓の高さとした。直立位をとらせた場合には仰臥位の場合に比べて脈波波高は全被験者が低くなった。図2に示すように、低くなる度合いが小さい場合(+)型と低くなる度合いが大きい

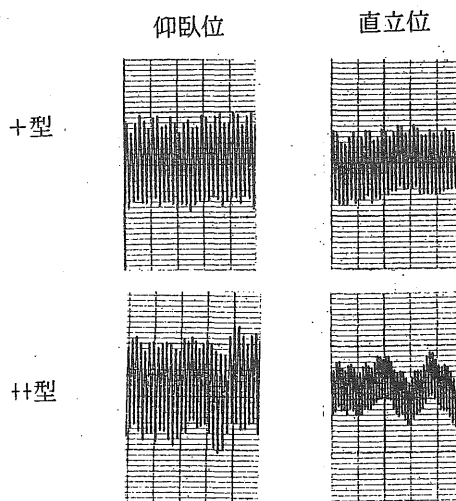


図2 体位変換に伴う脈波波高変化の典型2例

- 注:1) 仰臥位から直立位に体位を変換すると一過性に脈波波高低下がおこる。その程度が小さい場合を+型、大きい場合を++型とした。
 2) 両体位共、脈波測定手位置は心臓の高さとした。
 3) 両型反応共、増幅は500mV/cm,記録紙送り1mm/s

い場合（ \equiv 型）とに分けた。型分け判定は質的評価でおこなった。一方、体位変換に伴う指尖血圧変化には、著変がみられない場合（一型）と血圧下降が認められる場合（ $+$ 型）とがあった。その典型例を図3に示した。一もしくは $+$ 型の判定は質的におこなった。判定しにくい例はなかった。

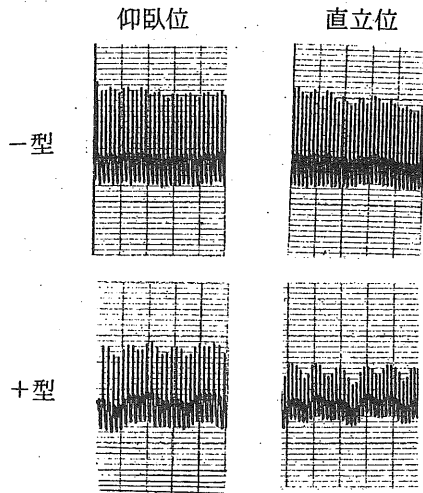


図3 体位変換に伴う指尖血圧変化の典型2例

- 注:1) 仰臥位から直立位に体位を変換すると一過性に指尖血圧が低下する場合を $+$ 型、著変がみられない場合を一型とした。
 2) 両体位共、Finapres センサー位置は心臓の高さとした。
 3) 一型例示被験者の増幅は500mV/cm, $+$ 型例示被験者のそれは1V/cm, 記録紙送り1mm/s

冷水浸漬試験：被験者を椅座位とし、センサー装着手は心臓の高さとした。センサー装着は左手におこなっており、右手を室温とした場合と15℃の冷水に5分程度浸漬した場合とを比較した。脈波波高が冷水浸漬により低下する例（ $+$ 型）と著変を示さない例（一型）とがあった。その典型例を図4に示した。判定は質的におこなった。判定しにくい例はなかった。一方、指尖血圧は冷水浸漬により上昇する例（ $+$ 型）と著変のみられない例（一型）とがあった。その典型例を図5に示した。判定は質的におこなった。判定しにくい例はなかった。

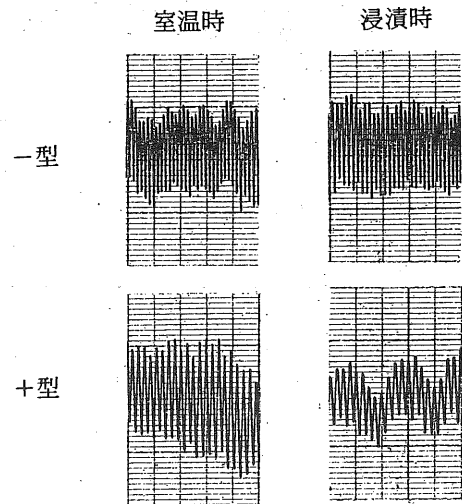


図4 手掌を冷水に浸漬した際に生じる脈波波高変化の典型2例

- 注:1) 冷水（15℃）浸漬すると反対側手指尖脈波の波高低下が生ずる場合を $+$ 型、著変がみられない場合を一型とした。
 2) 両条件共、椅座位にて測定手位置は心臓の高さとした。
 3) 一型例示被験者の増幅は500mV/cm, $+$ 型例示被験者のそれは1V/cm, 記録紙送り1mm/s
 4) 室温は25℃

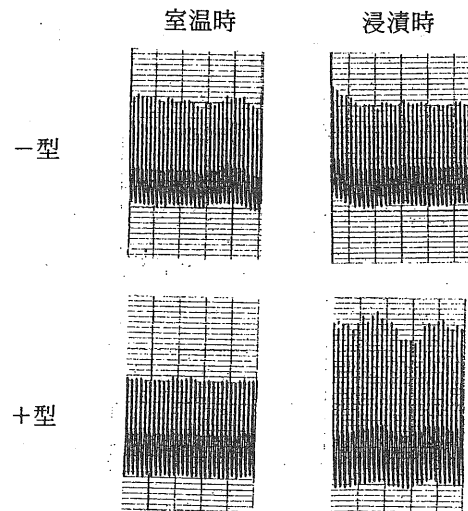


図5 手掌を冷水に浸漬した際に生じる指尖血圧変化の典型2例

- 注:1) 冷水（15℃）浸漬すると反対側手指尖血圧が上昇する場合を $+$ 型、著変がみられない場合を一型とした。
 2) 両条件共、椅座位にてFinapres センサー手位置は、心臓の高さとした。
 3) 一型例示被験者の増幅は500mV/cm, $+$ 型例示被験者のそれは250mV/cm, 記録紙送り1mm/s
 4) 室温は25℃

成績

センサー装着手を垂直挙上させた際に生ずる脈波波高応答の低下もしくは増高の両群別に、体位変換試験

表2 手掌高の位置による脈波反応型別体位変換・冷水浸漬刺激による脈波波高・血圧変化

		手掌挙上時の脈波反応							
		低下群					増高群		
被験者No 指標		1	2	3	4	5	6	7	8
		体位 変換	脈波波高	+	+	+	+	+	+
血圧	-		+	+	+	-	-	-	-
冷水 浸漬	脈波波高	-	-	-	-	-	+	+	+
	血圧	-	-	-	-	-	-	+	+

注：体位変化の場合
 脈波波高+：低下程度が小さい場合
 脈波波高+：低下程度が大きい場合
 血圧+：低下する場合，血圧-：著変がない場合
 冷水浸漬試験の場合（冷水15℃に浸漬）
 脈波波高+：低下がおこる場合
 脈波波高-：著変がない場合
 血圧+：上昇する場合，血圧-：著変がない場合

および冷水浸漬試験の成績を表2に示した。

体位変換試験では，脈波の+型と++型応答とは，両群共に同程度の出現頻度であった。しかし，血圧の-型と+型との出現は増高群に比べて低下群において+型（血圧下降）が多く見られる傾向を示した。すなわち挙上時の脈波反応の増高群では，体位変換にともなう血圧下降が認められなかったが，挙上時の脈波反応の低下群では体位変換による血圧下降の認められる例が出現した。

冷水浸漬試験では挙上時脈波低下群の脈波応答は全て-型，すなわち浸漬により著変を示さなかったのに対して，挙上時脈波の増高群の冷水浸漬応答は全て+型，すなわち波高が低くなった。一方，挙上時脈波の低下群では，冷水浸漬による血圧応答は全て-型，すなわち著変を示さなかったのに対して，挙上時脈波の増高群の冷水浸漬による血圧応答は+型，すなわち血圧上昇を示した例が存在した。

以上の成績を総合すると，挙上時の脈波反応の低下群に比べ増高群は体位変換による降圧をおこしにくいこと，冷水浸漬による末梢血管収縮や昇圧をおこし易い傾向にあることがうかがえた。

考 察

脈波測定時にピックアップ装着手を挙上させた場合には，装着手位置を心臓の高さとした場合に比べて脈

波波高が低くなるのが一般的である。しかし，被験者中には，逆に波高が高くなる例がみられた。

このような事象を解明するためには，次のような解析手法が通常とられる。すなわち，1. 測定対象母集団中にどれくらいの頻度でこのような事象が出現するのか，また，このような脈波応答を示す被験者の属性特徴は何か等を疫学的手法によって明らかにする，2. このような事象の発生機序を生理学的手法によって解明する，などである。

疫学的手法による場合には，対象母集団をどのように想定すべきかが検討され，調査デザインが決まる。すなわち，性，年齢，体格，遺伝歴等を考慮に入れて対象群の設定がなされる。このように厳密な意味での疫学調査デザインを採用した解析法とは別に，ある事象の自然誌的観察にも意義があろうとする見解がなされている²⁾。すなわち，自然誌的観察をおこなうことによって関連がありそうな要因を抽出し，次いでそれについて厳密な疫学手法を適用して検討する道筋である。

一方，生理学的手法による機序解明には，全ての生理機能との関連を観察することも必要であろうが，検討の初段階から全生体機能を取り上げることは少ない。事象の詳細な観察と記述から直接的な関連を有する系を想定し，それについて先ず機序のアウトラインを描くことがなされる。

すなわち，疫学的解析にしる，生理学の解明にしる，課題との関連を有する生体機能を推定して検討が進められる。したがって，これらの解析が将来なされることを前提として，本報はどのような属性，機能を検討すべき側面として想定すべきかの一部を明らかにすることを目的とした予備研究である。

本報で取り上げた事象は，挙上時の脈波波高反応である。このような事象の個人差を生ずる側面側の条件として，血管反応性や血流力学的要素が想定される。そのうち，本報では血管反応性を取り上げた。血管に投影される自律神経検査として古くから体位変換試験³⁾と寒冷昇圧試験⁴⁾とがあり，それを本報では採用した。

体位変換試験は立位負荷による血圧，心拍などの変動を評価する試験であり，臨床的には起立性低血圧の診断のために適用される。安静臥位から起立させると，下肢や腹部内臓系などに血液が貯留し，心臓への静脈還流は約30%減少し，1回駆出量が減少する。これに

ともなって圧反射が作動し、心・血管系交感神経活動の亢進と心迷走神経活動の抑制が生じ、結果として心拍数と血管抵抗性が増加し血圧が維持される³⁾。マンシェット血圧計による正常値は収縮期血圧が0～10 mmHg低下、拡張期血圧が0～10 mmHg上昇とされてきた⁵⁾。また、起立性低血圧の診断基準は、収縮期血圧が20 mmHg以上低下あるいは拡張期血圧が10 mmHg以上低下とされている^{6, 7)}。本報で用いたと同様のFinapresによる血圧連続測定では、270名の中学生を対象にした成績では、最高血圧が20 mmHg未満の低下が26.0%、21 mmHg以上の低下が74.0%であったという報告がある⁸⁾。

本報における体位変換にともなう血圧変化は、図3で例示した+型の判定は約10 mmHg以上の低下であり、一型の判定は変動が10 mmHg未満であった。この判定によると、挙上時脈波波高増高群では全員一型であり、10 mmHg未満の低下であった。これに対し、挙上時脈波波高低下群では+型すなわち起立時血圧低下が大であった者が5名中3名にみられている。したがって、挙上時の脈波が増高群では起立時におこる急激な心駆出量減少に抗して、圧反射が強く作動するような生体反応性があると推定できる。

体位変換時の指尖脈波変動についての報告は見あたらないが、本報成績でみられるように脈波波高が低くなる程度が大なり小なり生じている。これは前述の体位変換時の血流動態から理解できるように、心駆出量の減少や血管交感神経活動の亢進のあらわれと解される。しかし、脈波の体位変換に伴う反応型は、挙上手脈波応答両群の間で出現頻度に差はなかった。したがって、センサー装着手の挙上という刺激条件は、全身の起立刺激と同じ流体力学的刺激ではないと推察できる。

冷水浸漬試験は、1993年にHinesら⁹⁾により提唱された高血圧準備状態を発見するための指標としての寒冷昇圧試験に準拠した試験である。Hinesの原法では4℃の冷水に手関節の上まで浸漬する方法がとられている。しかし、この方法では被験者に疼痛を強く与えることから、水温を上げたり¹⁰⁾、浸漬部位を減じたり¹¹⁾する方法が工夫されている。岩田ら¹²⁾は30、20、10、5℃の4段階水温で皮膚温変化を観察し、5℃水温を用いた試験ではレイノー現象誘発の診断的価値が高いとしている。これに対して横井ら¹⁰⁾は水温を30、20、10℃の3段階とした結果、10℃でもかなりの被験者が

苦痛を訴えたとしている。一方、南ら¹³⁾は16℃水温の浸漬による生体反応は本態性高血圧症の病態解明に有用であるとしている。これらの報告を基にして、本報では水温を15℃とした。

南ら¹³⁾は16℃浸漬で収縮期血圧が20 mmHg以上上昇した群をhyperresponseとし、20 mmHg未満の上昇群をnormoresponseとして判定している。筒井⁵⁾によれば、収縮期血圧の上昇20 mmHg以上は血管運動神経緊張亢進状態としている。本報では数量的判定はおこなわなかったが、図5に例示した+型は収縮期血圧が20 mmHg以上上昇しており、上記判定によるhyperresponseとみなし得る。

寒冷昇圧試験は、冷水負荷による昇圧反応をみることにより、血管運動神経機能をみる検査である⁴⁾。したがって、血圧のみならず末梢血管反応も観察できる。日比野ら¹⁴⁾は5℃と18℃の水温浸漬時の指尖容積脈波を観察し、5℃に比べて18℃の反応はゆるやかであったとしている。本報における脈波反応は、図4に例示したように、+型は波高が低くなる程度が明確であった。このような反応型は血管運動神経緊張亢進状態と推定できる。

本報における成績をみると、挙上時の脈波波高増高群では冷水浸漬による脈波波高が低くなる、すなわち+型が全員にみられ、血管運動神経緊張の亢進が把握された。また、挙上時の脈波波高増高群では、冷水浸漬による血圧反応が3名中2名に昇圧反応がみられ、血管運動神経緊張亢進状態が推定できた。以上の冷水試験における脈波および血圧の反応は、挙上手脈波波高低下群では1例もみられないので、冷水浸漬による前述の反応は挙上手脈波波高増高群被験者の特性と考え得る。

以上述べた成績を総合すると、挙上手脈波波高増高群は低下群に比べて血圧が高い傾向にあり、降圧剤服用経験者があり、体位変換試験による血圧低下がみられず、冷水浸漬試験による脈波波高が低くなることおよび血圧上昇がみられている。これらのことから、刺激に対してhyperreactiveであり、血管運動神経緊張亢進状態が内在すると推察できる。

Hinesら⁹⁾のいうように、寒冷昇圧試験陽性が、将来の高血圧発症の予知指標となるか否かには賛否両論がある¹⁵⁾。この指標が将来予知の指標となり得るか否かは別として、寒冷刺激に対するその時点の血管反応

性を表していることは事実である。これと同様に、垂直挙上手の脈波応答の個人差は、異常病態のサインではなく、潜在的な血管反応性を誘発したサインと理解したい。ただし、この応答様式が将来の何らかの健康障害を予知し得る指標であるか否かは今後の研究課題である。

文 献

- 1) 林 文代：指尖光電脈波の測定手技に関する研究，三重県立看護大学紀要，2，141～148，1998
- 2) 鈴木継美：自然誌的観察と疫学，日本疫学会ニューズレター，No.13，1～2，1998
- 3) 林 理之：体位変換試験，日本自律神経学会編，自律神経機能検査第2版，p.4～8，文光堂，東京，1997
- 4) 林 理之：寒冷昇圧試験，日本自律神経学会編，自律神経機能検査第2版，p.9～11，文光堂，東京，1997
- 5) 筒井末春：自律神経機能検査，金井正光編，臨床検査法提要改訂第29版，p.1102～1103 (p.845～846)，金原出版，東京，1983
- 6) 小沢利男：起立性低血圧，老年精神医学，3，209～213，1986
- 7) Wieling, W: Non-invasive continuous recording of heart rate and blood pressure in the evaluation of neurocardiovascular control in autonomic failure, Ed by Bannister R., Mathias C.J., Oxford University Press, Oxford, p. 291～311, 1992
- 8) 蓬壹記久子，他：中学生における起立試験時の血圧変動について，日衛誌，54(1)，328，1999
- 9) Hines, Edogar A. et al: Standerd test for measuring variability of pressure; Its signicance as index of prehypertensive state, Ann.Int. Med., 7, 209-217, 1933
- 10) 横井郁子，他：局所寒冷曝露時の血圧と心拍変動に関する研究，日本生理人類学会，3，105～108，1998
- 11) 橋爪 清，他：冷水浸漬試験の苦痛軽減に関する予備的研究，三重医学，33，313～316，1989
- 12) 岩田弘敏，他：振動障害の中の末梢循環動態変調と皮膚温，爪圧迫テスト値，産業医学，16，463～468，1974
- 13) 南 收，他：本態性高血圧症患者の寒冷昇圧機序について，脈管学，34，95～103，1994
- 14) 日比野朔郎，他：寒冷刺激による指尖容積脈波の変動，体力科学，35(6)，457，1986
- 15) 佐藤利平：寒冷刺激，日本臨床増刊(高血圧上巻)，50(通巻637)，522～525，1992