

皮膚電位反応を用いた情動反応評価に関する基礎的検討

牛山美和, 中澤 朗, 小林正義

千島 亮, 佐藤陽子, 牛山喜久

A study on the estimation of the emotional phenomenon determined by the skin potential response

We have measured the skin potential response (SPR) in thirteen normal students aged mean 20 years under the mental stimulations of the Hasegawa's dementia scale-revised (HDS-R). The SPR signals were detected by the bipolar electrodes placed on the ventral side of the middle finger of left hand and the middle point of left forearm. The using HDS-R involved the nine kinds of stimulation ; age, orientation date, orientation place, repeating 3 words, serial subtraction, digits backward, recalling of 3 words, recalling 5 objects, generating vegetables.

The results of this experiments were summarized as follows ; 1) The average values of the magnitude and latency of the SPR induced by the HDS-R were 4.3 ± 3.0 mV and 1.6 ± 0.9 sec respectively, and so the large individual variations were contained in its SPR magnitude. 2) The two mental stimulations of serial subtraction and recalling 5 objects in nine test of the HDS-R caused the biggest response of the SPR magnitude, and this tendency of the SPR was coincident with it of the emotional sweating for the HDS-R.

Key Words :

Skin Potential Response (皮膚電位反応), Estimation of the emotional phenomenon (情動反応評価)

はじめに

作業療法では評価・治療手段として作業活動が用いられる。作業には、感覚・運動・認

知機能などの要素や、心理・社会・文化的な要素など、さまざまな要素が含まれるため、作業療法士は、作業が患者にどのような身体的、精神・心理的な影響を及ぼすかを熟知し

ていなければならない。しかし作業によって患者に引き起こされる反応の中でも、特に情動や精神・心理的反応を客観的に捉えることは非常に難しい。最近作業療法において、こうした精神的側面の客観的評価方法の確立が強く望まれるようになり、生理学的測定方法を導入して、負荷に対する情動・精神的反応を科学的に捉えようとする試みがなされるようになってきた¹⁻³⁾。

皮膚電位反応 (skin potential response: 以下 SPR) は、被験者の情動状態を評価できる自律神経検査法の1つである。これと類似したもので古くからよく用いられているものに皮膚電気反射 (galvanic skin reflex: 以下 GSR) があるが、いずれも精神性発汗部位の汗腺活動を電気的に測定したものと考えられている⁴⁾。GSR は皮膚抵抗反射 (skin resistance response) や皮膚コンダクタンス反応 (skin conductance response) と同じものである。この SPR と GSR の測定方法には大きな違いがあり、GSR は手掌や手指の2点間に微弱な電流を流し発汗による皮膚の抵抗変化を測定する (通電法) もので、SPR は電流を流さず2点間の電極間の電位差を直接測定する (電位法) ものである⁴⁾。従って SPR は生体への侵襲が全くない。また、刺激の違いによって様々な波形を呈するという性質を持っており⁵⁾、反応の定量的な測定だけでなく、その波形の特徴を分析することも可能である。

GSR は作業分析の1つの手法として作業療法の分野にも一部紹介されてきたが^{6,7)}、実際にこれを用いて作業分析を行った報告は極めて少ない。一方、SPR については今日まで作業療法の分野で検討が試みられたことはない。そこで今回は、作業療法における情動・精神的反応を評価する客観的指標として

の SPR の有用性を研究する目的で、まずその基礎的検討として、精神的刺激の下で SPR を測定し、その波形の観察や分析を行った。

対象と方法

1. 対象と測定法

健常者13名 (平均年齢20歳, 全員女性) を対象とした。実験は室温が $23.6 \pm 0.8^{\circ}\text{C}$ に保たれた、外部音の影響を受けない静かな実験室にて行った。被験者には椅子坐位をとらせ、電極貼付部位である左上肢前腕部を机の上に置かせた。電極部の圧迫によるアーチファクトを避けるため、左上肢は前腕回外位を保持させ、実験中は動かさないように指示した。SPR の誘導は、左手第3指末節部指腹を探查部位、同側前腕中央部を基準部位とし、Ag-AgCl 電極を取りつけて行った。ボディアース電極は前額中央部に貼付した。電極糊には 0.05 mol/l NaCl の agar-agar paste を自作して用いた。探查部位と基準部位の電位差を増幅器 (日本光電: MEG-2100) で約60 dB 増幅し、デジタルオシロレコーダー (NEC 三栄: RT-3300) で SPR 波形を記録した。増幅器のフィルター特性は $0.08 \sim 30 \text{ Hz}$ であった。電極貼付後10分間の安静時波形を記録し、自発性 SPR がほとんど出現せ

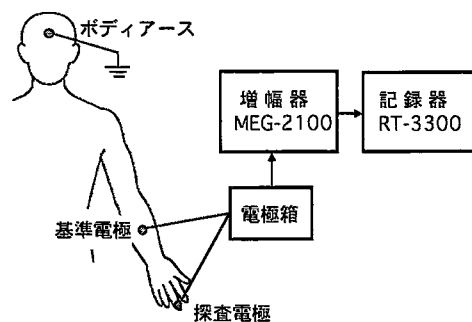


図1 SPR測定システム

表1 精神的刺激 (HDS-R)

1	年齢	(AGE)
2	日時の見当識	(OD : orientation date)
3	場所の見当識	(OP : orientation place)
4	3つの言葉の記銘	(RW : repeating 3 words)
5	暗算	(SS : serial subtractions)
6	数字の逆唱	(DB : digits backward)
7	3つの言葉の遅延再生	(ROW : recalling of 3 words)
8	5つの物品記銘	(RO : recalling 5 objects)
9	野菜の名前	(GV : generating vegetables)

ず、基線が安定したことを確認した後に刺激を負荷した (図1)。

2. 誘発刺激

精神的刺激としては、従来から誘発刺激として知られる暗算などを含み、比較的臨床での利用頻度が高い、改訂長谷川式簡易知能評価スケール⁸⁾ (Hasegawa's Dementia Scale-revised : 以下 HDS-R) の9項目を用いた (表1)。それぞれの刺激は、刺激によって誘発されたSPRが基線に戻り安定したのを確認した後に順不同に負荷された。

3. 波形分析

SPRの分析方法としては、従来より波形特徴による波形の型の分類や、SPR波形の陰性方向の振れを陰性成分、陽性方向の振れを陽性成分としそれらの振幅を加算して反応量として定量化する方法などが用いられてい

る⁹⁾。今回のSPR反応量の定量化は、刺激によって誘発されたSPR波形のうちで最大振幅を呈した波形の陰性成分、陽性成分の振幅の和を最大反応量、誘発されたSPR波形のすべての陰性成分、陽性成分の振幅の総和を合計反応量として算出した。また、刺激開始時点からSPR波形の立ち上がりまでの時間を潜時として測定した (図2)。さらに、誘発されたSPR波形を陰性单相波、陰陽二相性波、陰陽陰三相性波、陽陰二相性波の4

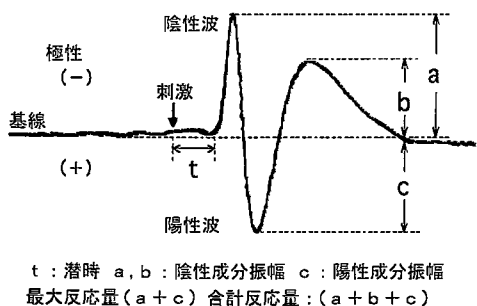


図2 SPR波形の説明図

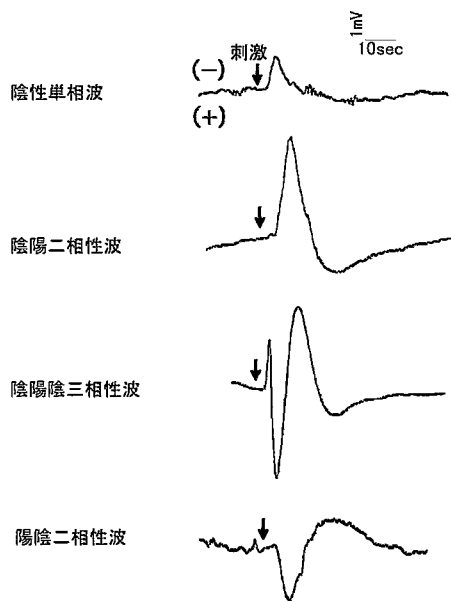


図3 SPR波形の典型例

つに分類した (図3)。

結果

1. SPR 波形の特性

SPR 波形の全対象 (n=117) の平均潜時は 1.6 ± 0.9 秒であった。同じく、最大反応量の平均は 4.3 ± 3.0 mV, 合計反応量の平均は 11.9 ± 10.7 mVであり、いずれも分散が大きく SPR 反応量には大きな個人差が見られた。得られた代表的な SPR 波形の一例を図3に示した。

2. SPR 波形の分類

HDS-R 刺激別に各被験者が出現させた SPR 波形を前述した4つに分類・集計し、各波形の占める割合を相対度数 (%) で表したものが図4-aである。各刺激に共通して最も多く見られた波形は陰陽二相性波であり、次いで多いのが陰陽陰三相性波であった。陰性单相波は「日付 (OD)」と「場所の見当識 (OP)」のみに出現していた。

同様に、9種の刺激によって出現した SPR 波形を各被験者別に集計し、各波形が占める割合を相対度数 (%) で表したものが図4-bである。各刺激において1種類のみの波形

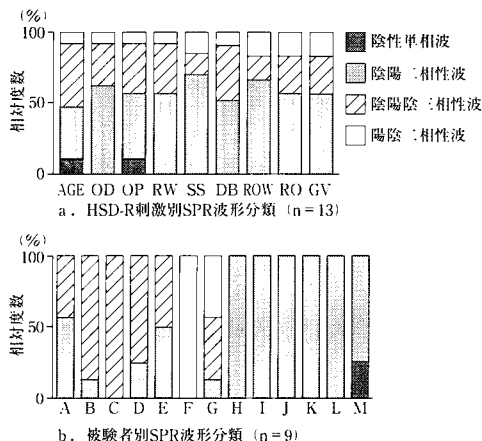


図4 刺激別、被験者別 SPR 波形分類

を出現させた被験者は13名中7名で最も多く、また2種類の波形を出現させた被験者は5名で、これを加えると、13名中12名 (92%) が1種類ないし2種類の波形に限定して出現させており、刺激によって誘発される SPR 波形は個人差に依存する傾向が特徴的に見られた。それらの波形は、陰陽二相性波が7名 (54%), 陰陽陰三相性波が4名 (31%) であり、今回の対象での波形はほぼこの2型に集約できた。

3. HDS-R 刺激と SPR 反応量

HDS-R の各刺激に対する SPR 最大反応量の平均値を高い順に並べた結果を図5に示した。反応量では最大反応量よりも多く算出された合計反応量においてもこの傾向はほぼ同

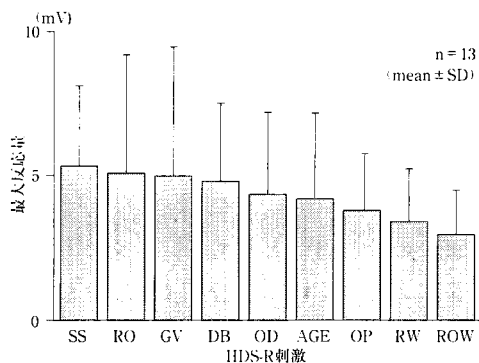


図5 HDS-R 刺激と SPR 最大反応量

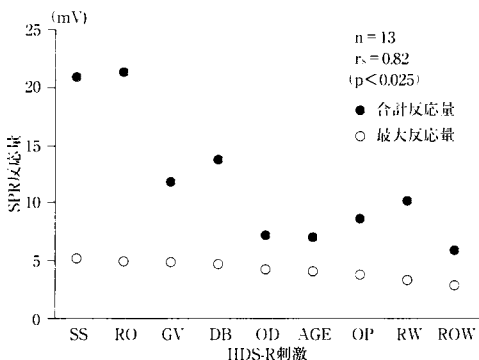


図6 HDS-R 刺激による SPR 最大反応量と SPR 合計反応量の相関

様であった(図6)。最大反応量, 合計反応量ともに, 反応量は「暗算(SS)」や「5つの物品記録(RO)」の刺激で多く, 次いで「野菜の名前(GV)」, 「数字の逆唱(DB)」の順で多い傾向を示した。反応量が少なかった刺激は, 「年齢(AGE)」, 「場所の見当識(OP)」, 「3つの言葉の遅延再生(ROW)」などであった。最大反応量の多い順に合計反応量を並べ, 比較したものが図6である。両者の順位の間には, Spearmanの順位相関係数 $r_s=0.82$ ($p.<0.025$)で有意な相関関係が認められた。刺激間における最大反応量の大小関係には明確な差は認められなかったが, 合計反応量では, 統計的な検定の結果, 「暗算(SS)」および「5つの物品記録(RO)」と, 「野菜の名前(GV)」との間で危険率5%未満で, また「場所の見当識(OP)」以下の各項目との間では危険率1%未満で反応量の有意差が認められた。最大反応量と合計反応量の間には相関係数 $r=0.74$ ($p.<0.01$)で有意な相関関係が認められた。

考察

1. SPR波形の特性

SPRは視覚・聴覚刺激などや暗算・考えごとで出現し⁵⁾, 潜時が1.5秒前後, 振幅が数mVの電位波形を呈するのが一般的と言われている¹⁰⁾。今回, 9種のHDS-R刺激に対し得られたSPR波形は, 潜時が 1.6 ± 0.9 秒, 最大振幅の平均が 4.3 ± 3.0 mVであり, 従来から言われている波形特性と一致していた。

SPRの波形分類に関しては, 一般的に刺激が弱いと振幅の小さな陰性単相波が現れ, 刺激の強度を上げていくとその振幅が増していき, ある強度以上の刺激になると陰陽二相

性波が出現するようになり, さらに強くすると陽性単相波が現れることが多いとの分析結果が報告されている^{10~12)}。しかし今回の実験結果では, HDS-Rの刺激の違いによる波形の差は明確につかめなかった。波形はむしろ個々の被験者が特定の波形を多く出現させる傾向にあった。このように個人による波形の特徴が明確になった結果は, 前述のような刺激強度による波形の変化に加え, 精神的刺激に対するSPRの個人差が大きく関与していると考えられる。この点に関しては, 刺激の強さには関係なく一定の波形を出現させやすい人もおり, これは汗腺を中心とする皮膚構造の個人差に由来するとの報告もある^{5, 10, 11)}。また, SPRは皮膚電位水準(skin potential level: 以下SPL)という緩徐な電位変動の上に乗っている小さな電位変化であるが¹⁰⁾, 人の手掌部のSPLは覚醒水準に左右され易く, 覚醒水準が高い時, 特に興奮している時には基準部位に対して $-60\sim -50$ mVとSPLが大きく陰性に傾き, 普通の覚醒状態で -30 mV前後, 覚醒水準が低下した時には -10 mVとSPLの陰性変位が小さくなるとの報告もある⁵⁾。さらに, SPR波形はこのSPLの大小とも関係し, SPLの陰性変位が大きい時, 従って一般的には覚醒水準が高い時には陽性単相波が出現しやすくなり, SPLの陰性変位が小さい時, 従って一般的に覚醒水準が低い時には陰性単相波が出現しやすくなり, その中間のSPLの時, 中間の覚醒水準の時には陰陽二相性波が出現しやすいことが指摘されている¹⁰⁾。この関係は, 強い刺激は覚醒水準を高めるためSPLの陰性変位が大きくなり, 従って陽性単相波を出現しやすく, 弱い刺激では覚醒水準をあまり高めなため陰性単相波を出しやすとも理解される。これらの特性から今回の結果

を考えると、ある被験者は実験場面に緊張せず、覚醒水準がそれほど高まらなかったため陰陽二相性波が多く出現したが、別の被験者にとっては実験という新奇な場面が精神的緊張を高め、陰陽陰三相性波や陽陰二相性波を出現させていたことが考えられ、波形特性が被験者の実験場面に対する精神的緊張度を少なからず反映していることが予測される。小林らは、心理傾向と手掌部発汗量（精神性発汗）との関連を検討し、情動不安定な群が安定群に比し優位に発汗量が多かったことを指摘している¹³⁾。従って、SPRについても同様に個人の心理傾向が波形の型に反映されたのではないかと考えられた。

以上をまとめると、今回のSPRの波形は刺激の違いによる変化よりも個人特性の方が大きく関与し、これは汗腺の皮膚構造の差に由来する個人差に加え、個人の心理傾向が反映されているものと考えられる。しかし、数人の被験者は刺激ごとに波形が変化していることを考えると、SPR波形が個人特性のみに影響されているとは言い難い。HDS-Rは痴呆のスクリーニングテストであるため健常者にとっては簡単で、波形の型を変化させる程の刺激強度にならなかったことも考えられる。また、今回用いた刺激は、すべて言語での精神的刺激であり、刺激の種類も少なかった。従って、今後さらに多様な刺激の下でSPR波形を測定し、波形の変化や個人差を見ていく必要がある。また各個人が出現させる波形の再現性も確認していくことが必要である。

2. HDS-R 刺激と SPR 反応量の関係

SPR 反応量は、「暗算 (SS)」、「5つの物品記銘 (RO)」で多く、「年齢 (AGE)」、「場所の見当識 (OP)」、「3つの言葉の遅延再生 (ROW)」などでは少ない傾向を示した。こ

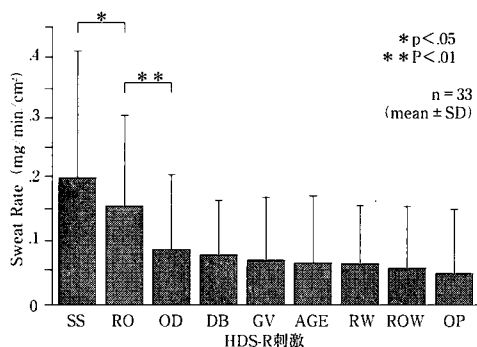


図7 HDS-R 刺激と手掌部発汗量
文献¹⁴⁾、小林他より引用

れらは、小林らが行ったHDS-R刺激での精神性発汗反応の傾向と極めてよく類似しており(図7)¹⁴⁾、SPR最大反応量と手掌部発汗量の間には、Spearmanの順位相関係数 $r_s = 0.88$ ($p < 0.02$)で有意な相関関係が認められた。小林らは、HDS-Rの中で「暗算(SS)」や「5つの物品記銘(RO)」が発汗量を増加させた理由を、2つの刺激が注意集中と継続性を要求する点や、「間違えたら恥ずかしい」「苦手だ」などの「羞恥心」「構え」といった心的緊張状態を誘発する点で共通しており、こうした要因が情動反応を修飾しているのではないかと考察している。また、発汗量の少ない負荷に関しては、継続性をそれほど必要とせず、同じ記銘再生でも対象が「物品」ではなく「言葉」であり、精神活動に視覚的な情報を介さない点で異なっており、これらが発汗量に関係しているのではないかと述べている。今回のSPRでも、こうしたさまざまな情動反応が生じることが、その反応量の大小関係で確認でき、SPRが被験者の情動状態を評価する指標として有効であることが示唆された。また、SPRの発現は汗腺活動に依存するとされているが、すべてを汗腺活動によって説明することは難

しく、表皮が活性膜としてSPR発現に関与している可能性も指摘されており¹⁵⁾、SPRの本体についてはいまだ不明確な点も多くある。今回の実験で、SPR反応量の傾向と精神性発汗量の傾向が極めてよく類似していたことは、両者の関連性を示唆するものであり、SPRが汗腺活動に依存することが裏づけられた。

今回の検討はSPRの特性の一部を把握したに過ぎず、現時点ではSPRの作業療法への応用方法についてまで明言することはできない。しかしSPRが情動反応評価の指標として有効であることが今回示されたことから、SPRが作業中の患者の情動状態を知る指標や、作業の持つ心理面の特徴を知る作業分析の手段として応用できることが推測される。今後さらに検討を重ねSPRの特性をより明らかにし、作業療法領域での応用を検討していくことが課題である。

まとめ

情動反応評価の指標としてのSPRの有用性を研究するための基礎的検討として、精神的刺激の下でSPRを測定し波形観察と波形分析を行った。その結果、

1. HDS-R刺激がSPRを誘発する刺激として有効であることが確認された。
2. 今回得られたSPR波形は刺激の違いによる変化よりも個人特性の方が強く、各被験者は特定のSPR波形を出しやすい傾向が示された。
3. SPRの反応量は「暗算」や「5つの物品記銘」で多く、「年齢」、「場所の見当識」、「3つの言葉の遅延再生」などでは少なく、これらは精神性発汗での傾向とよく一致していた。

今後は再現性を確認するとともに、多様な

刺激の下でSPRを測定し、さらにSPRの特性を明らかにし、作業療法の評価・治療へのSPRの応用を検討することが課題である。

文献

- 1) 小林正義, 牛山喜久, 富岡詔子, 他: 精神および身体負荷に伴う手掌部発汗現象(第一報) — 健常者と分裂病患者の観察 —. 作業療法, 13(2): 102-109, 1994.
- 2) 原田智美, 吉村愛, 二唐東朔, 他: おもり負荷強度に対する末梢血流量の変動. 作業療法, 15(Suppl.): 73, 1996.
- 3) 瓜田美保, 原田智美, 滝谷美紀, 他: ペグ移動速度の違いと末梢血流量の変動の関係. 作業療法, 15(Suppl.): 74, 1996.
- 4) 山崎勝男: 発汗と情動と自律神経機能. 日本自律神経学会(編), 自律神経機能検査, 第1版, 101-103, 文光堂, 東京, 1992.
- 5) 新美良純, 鈴木二郎編: 皮膚電気活動. 第1版, 14-15, 星和書店, 東京, 1986.
- 6) 日本作業療法士協会編著: 作業・その治療的応用. 83, 協同医書出版社, 東京, 1985.
- 7) 杉原素子: 活動分析の一方法. 第10回日本作業療法協会学会論文集: 33-36, 1976.
- 8) 加藤伸司, 下垣光, 小野寺敦志, 他: 改訂長谷川式簡易知能評価スケール(HDS-R)の作成. 老年精神医学雑誌, 2(11): 1339-1347, 1991.
- 9) 新美良純, 鈴木二郎編: 皮膚電気活動. 第1版, 36-38, 星和書店, 東京, 1986.
- 10) 新美良純: 皮膚電位水準と皮膚電位反射. 脳波と筋電図, 8(3): 147-155, 1980.
- 11) 新美良純, 皮膚電位水準と皮膚電気反射の測定技術. 臨床検査, 24(10): 1134-1140, 1980.
- 12) 新美良純, 鈴木二郎編: 皮膚電気活動. 第1版, 17-18, 星和書店, 東京, 1986.
- 13) 小林正義, 牛山喜久, 富岡詔子, 他: 精神および身体負荷に伴う手掌部発汗現象(第二報) — TEGエゴグラムプロフィールと手掌部発

汗現象との関連一. 作業療法, 14 (3):228-234, 1995.

14) 小林正義, 牛山喜久, 大橋俊夫: 精神性発汗とその誘発刺激の検討. 発汗学, 1 (1):12-14, 1994.

15) 新美良純, 鈴木二郎編: 皮膚電気活動. 第1版, 61-65, 星和書店, 東京, 1986.

受付日: 1996年10月8日

受理日: 1996年11月27日