

# 熱刺激強度の違いが交感神経皮膚反応 (SSR) におよぼす影響

中野 治郎<sup>1</sup>・沖田 実<sup>2</sup>・井口 茂<sup>2</sup>・中野 裕之<sup>2</sup>・東 登志夫<sup>3</sup>

**要旨** 本研究は、刺激強度の違いによる生体への影響を検索する目的で、3段階の熱刺激強度を設定し、それらが自律神経系におよぼす影響を交感神経皮膚反応 (SSR) を指標に検討した。対象は健常人5名で、各被験者の閾値温度を基にその30, 60, 90%となる温度を熱刺激として設定し、刺激なしの場合とこれらの熱刺激を加えた場合のSSR波形振幅を検討した。結果、各条件におけるSSR波形振幅は個人差が認められたが、各被験者とも熱刺激強度が増すほど振幅は大きくなり、特に痛みとして認識する強度では、この変化が著しかった。したがって、熱刺激強度が増すにつれ交感神経活動が促進され、特に生体に対する侵害刺激では、その影響が著しくなると考えられた。

長崎大医療技短大紀 11: 55-59, 1997

**Key words** : 熱刺激, 痛み, 交感神経皮膚反応

## 1. はじめに

生体に痛みを引き起こすような侵害刺激が加わるとその情報は痛みとして認識され、情動を引き起こすと同時に、自律神経系やホルモン系、免疫系など、生体の様々な機能に影響をおよぼす<sup>1)</sup>。そして、痛みの表出は侵害刺激に対する生体の警告信号であり、その存在は生体の生命維持に不可欠な反応である<sup>2), 3)</sup>。

一方、長期間に渡る痛み、頑固に繰り返される反復性の痛みなどは、一般に慢性痛とも呼ばれ<sup>4)</sup>、これは痛み本来の警告系としての働きは少ないとされる<sup>5)</sup>。加えて、慢性痛は筋緊張亢進や血管攣縮などによる局所の循環障害、酸素欠乏を引き起こし、それらはさらに痛みを増強させたり、新たな痛みを発現させるという悪循環を形成するといわれている<sup>6)</sup>。そして、理学療法の臨床場面ではこの慢性痛を対象とすることが極めて多く、鎮痛を目的に様々な方法が試みられている。

鎮痛を目的とした各種の理学療法は、物理的・機械的刺激、あるいはその他の刺激を末梢の皮膚や筋などの受容器に加え、様々な受容器を介した求心性入力に基づく生体反応を治療に応用していると考えられる。しかし、どのような刺激、あるいはどの程度の刺激強度により生体反応が生じるかは今だ明らかではなく、治療時の刺激の選択や設定は経験的なものに委ねているのが現状である。したがって、刺激の種類やその強度などに対する生体反応の関係を的確に把握することは理学療法における重要な課題の一つと考える。

そこで、本研究では、刺激強度の違いによる生体への影響を検索する目的で、その基礎研究として3段階の熱刺激強度を設定し、それらが生体の自律神経系におよぼ

す影響を交感神経皮膚反応 (Sympathetic Skin Response, 以下、SSRと略す) を指標に検討したので報告する。

## 2. 対象と方法

### 2.1 予備実験

まず、実験に先立ち熱刺激強度の設定、ならびに設定した熱刺激の違いについて検討した。

対象は、平均年齢20.6歳 (19~23歳) の健常人20名 (男性15名, 女性5名) である。各被験者に対しては、ユニークメディカル社製の痛覚計 (UDH104) を用い、左手前腕掌側中央部に皮膚温より0.25℃/秒で熱刺激を加え、疼痛評価法の一つである信号検出理論 (Signal Detection Theory, 以下、SDT と略す)<sup>7)</sup>の「非常に痛い」を表現する温度を求めた。そして、被験者個々について、これを閾値温度とし、閾値温度と皮膚温の差の30%, 60%, 90%の値を算出し、それぞれを皮膚温に付加したものを熱刺激強度に設定した (以下、刺激I, 刺激II, 刺激IIIとする)。

次に、設定した熱刺激強度について、刺激温度、ならびに刺激入力の際の痛みの程度をSDTと視覚的表現スケール (Visual Analog Scale, 以下VASと略す)<sup>8)</sup>で評価し、統計学的に比較した。その結果、刺激温度は刺激I 30.3±0.7°, 刺激II 34.8±1.1°, 刺激III 39.5±1.5°で有意差を認めた。また、各刺激強度におけるSDTの分布状況は有意差が認められ、VAS値も有意差を認めた (表1)。これらのことから、設定した熱刺激強度は、生体に対して異なるもので、特に、刺激IIIは生体が痛みとして認識する強度で、いわゆる侵害刺激であることが明

1 春回会長崎北病院 リハビリテーション科  
2 長崎大学医療技術短期大学部理学療法学科  
3 長崎大学医療技術短期大学部作業療法学科

表 1. 各刺激強度の状況

	刺激 I	刺激 II	刺激 III	検定結果
刺激温度 (°C)	30.3±0.7	34.8±1.1	39.5±1.5	ANOVA; P<0.01
SDT (名)	何も感じない (9) 感じる (6) 温かい (5)	感じる (1) 温かい (14) 熱い (5)	熱い (1) 少し痛い (5) 痛い (10) 非常に痛い (4)	$\chi^2$ test; P<0.01
VAS (%)	6.7±9.4	21.1±13.5	68.2±15.3	ANOVA; P<0.01

らかとなった。そして、これらの熱刺激強度の違いによる SSR への影響を検討した。

### 2.2 SSR の測定<sup>9)~14)</sup>

対象は、平均年齢20.4歳の健常人5名(男性4名、女性1名)で、各被験者について、刺激なしの場合のSSR波形と設定した3段階の熱刺激強度を与えた直後のSSR波形を検討した。

SSRの測定には、日本光電社製ニューロパックIIを用い、安静椅座位にて記録電極を手掌中央、不関電極を第2指爪部に貼付し、持続時間0.2msec、刺激強度4mAの短波形で右側正中神経を刺激し、両側のSSR波形を導出した(図1)。導出したSSR波形はA/D変換し、パーソナルコンピュータに取り込んだ。

実験は、前記の4条件をランダムに行い、1回ごとに約30秒間隔を開けて無作為にSSRを測定した。尚、熱刺激部位は左手前腕掌側中央部、室温は20~24°Cとした。

また、被験者には視覚・聴覚など外界の影響を遮断するためアイマスクを着用させ、ヘッドホンにて同じクラシック音楽を聞かせた。

分析には、キッセイコムテック社の生体情報解析プログラムBIMTASを用い、各条件で5個のSSR波形振幅をpeak to peakで求め、比較した。

統計処理には各被験者、ならびに各刺激強度を水準とした二元配置分散分析を用い、有意差を認められた場合には、多重比較法としてScheffeの方法に準じて2群間の検定を行った。なお、有意水準は5%未満とした。

### 3. 結 果

各被験者を水準とした分散分析では、両側のSSR波形振幅とも有意差が認められ、各刺激条件においてSSR波形振幅は個人差があることが伺われた(図2)。

次に、両側のSSR波形振幅は、熱刺激強度が増すほ

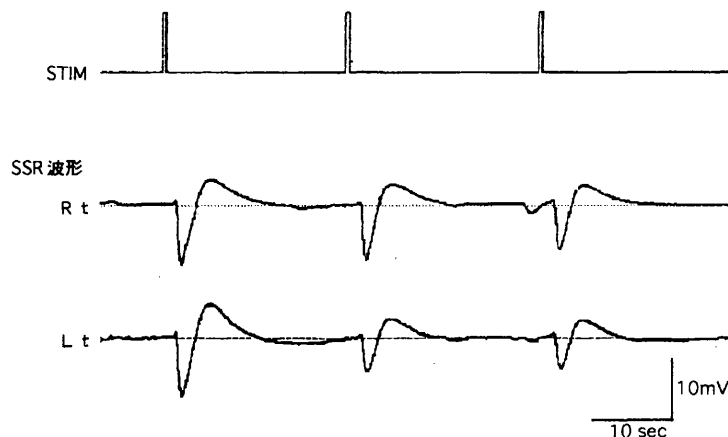


図 1. S S R 波形の記録例

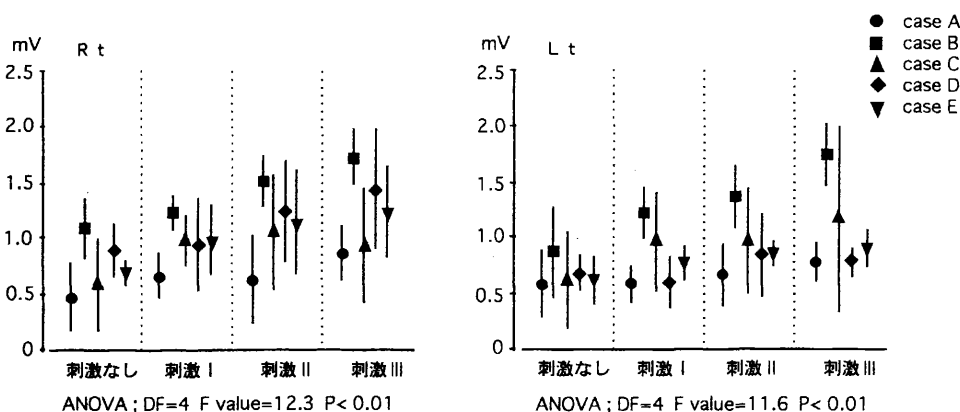


図 2. 被験者間による S S R 振幅の比較

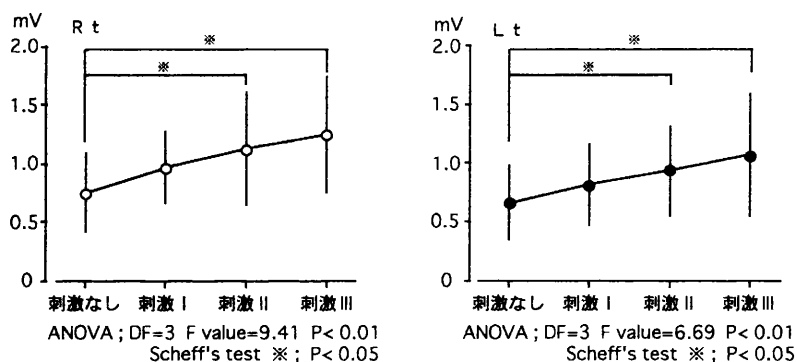


図3. 刺激強度の違いによるSSR振幅の比較

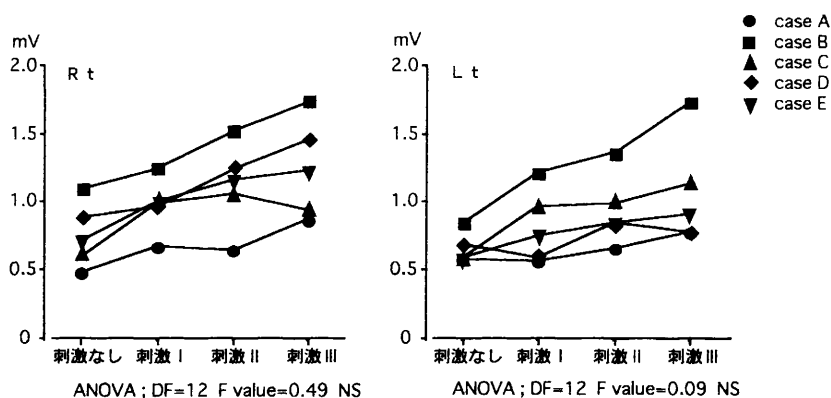


図4. 各被験者の反応様式

ど大きくなり、各刺激強度を水準とした分散分析では、有意差が認められた。さらに、2群間の比較では、刺激なしの場合に比べて刺激II、IIIで有意差が認められた(図3)。また、水準である被験者と各刺激強度の交互作用については、両側のSSR波形振幅とも有意差はなく、各被験者とも同様な反応様式を示していた(図4)。

#### 4. 考 察

今回設定した3段階の熱刺激強度は、予備実験の結果からも明らかなように、生体に対して異なるもので、刺激I、IIは非侵害刺激、刺激IIIは侵害刺激であるといえよう。

次に、SSR波形振幅についてみると、それ自体の表出には個人差があることが伺われた。横田らは、正常人でもSSR波形振幅はバラツキが大きく、個々の例では低振幅をもって異常を断定するのは容易ではないと報告している<sup>13)</sup>。したがって、SSR波形振幅を検討する際には、被験者個々の実験条件における振幅の比較だけでなく、その反応様式の変化が重要であると考えられ、本研究では、分散分析の水準を被験者と各刺激強度とし、この2水準の交互作用についても検討した。

今回の結果から、SSR波形振幅は熱刺激強度が増すにつれ大きくなり、有意差が認められた。また、2水準の交互作用については有意差はなく、このことから、3段階の熱刺激強度に対する被験者個々の反応様式は同様であることが推測される。SSRは元来、皮膚の汗腺機

能を反映するもので、その振幅の増加は汗腺を支配する交感神経活動の促進と考えられている<sup>11),12),14)~16)</sup>。したがって、今回の結果では、各被験者とも熱刺激強度が増すにつれ交感神経活動が促進されると推察され、特にこの変化は刺激II、IIIで著しくなるといえよう。

さらに、皮膚や骨格筋に多く存在する痛覚受容器であるポリモーダル受容器は、様々な種類の非侵害刺激から侵害刺激に反応し、自律神経に対して強力な反射性修飾作用をもつといわれている<sup>2),5),17)</sup>。したがって、非侵害刺激である刺激IIの強度からSSR波形振幅に有意な増加がみられた今回の結果も、ポリモーダル受容器の関与が推測され、特に生体が痛みとして認識する刺激III、すなわち侵害刺激では、その影響が著しくなると考えられる。また、臨床においても圧痛点などの痛覚過敏部位へ圧迫などの刺激を与えることで鎮痛が生じ、その際には同時に発汗などの自律神経反応がしばしば認められる。このような鎮痛のメカニズムは、現在、ポリモーダル受容器から入力された信号の経路で鎮痛作用のある内因性のモルヒネ様物質などの放出がみられるためであると考えられており、モルヒネ様物質など、いわゆる内因性のオピオイド系の関与が報告されている<sup>2),5),17)</sup>。また、自律神経系の関与について熊澤は、ポリモーダル受容器入力により呼吸促進反応が生じ、刺激が強い場合には、刺激終了後、呼吸出力が刺激前値よりも低下する現象を報告している。そして、この呼吸抑制相には内因性オピオイド系が関与し、前述の鎮痛作用の際と類似した現象が

自律神経系にも存在するとしている<sup>2),17)</sup>。したがって、本研究は健常人を対象とした基礎研究ではあるが、ポリモーダル受容器入力に基づく自律神経反応を捉えていると考えられる。そして、鎮痛を目的とした各種の理学療法における刺激の選択や設定に際しては、生体の自律神経反応が重要なパラメータとなると思われる。そのため、今後はこれらのことを検討するとともに、鎮痛効果をもたらす的確な刺激、ならびにその強度について明らかにしていきたい。

#### 文 献

1. 佐藤優子, 五嶋摩理, 佐藤昭夫: 痛みと自律機能. 理学療法 7 : 13-21, 1990.
2. 熊澤孝朗: 痛みと生体警告系. 理学療法 7 : 5-11, 1990.
3. 和才嘉昭: 痛みに対する物理的療法の適応と限界. 理学療法 7 : 41-47, 1990.
4. 永田勝太郎: 痛み. 治療 71 : 1017-1021, 1989.
5. 辻井洋一郎: 痛みに対する理学療法の効果. 理学療法学 20 : 69-75, 1993.
6. 小川節郎: 痛みに対する交感神経の関与. ペインクリニック 7 : 317-324, 1986.
7. 平井 久, 山中祥男: 痛みの心理学. 痛み—基礎と臨床—. 市岡正道, 中浜 博, 山村秀夫編, 朝倉書店, 東京, 1981, pp198-210.
8. 峯田洋子, 柴田政彦, 弥富郁夫, 原野 清, 十時忠秀: 痛みの評価. 理学療法 7 : 23-31, 1990.
9. B. T. Shahani, J. J. Halperin, P. Boulton, J. Cohen: Sympathetic skin response —a method of assessing unmyelinated axon dysfunction in peripheral neuropathies—. J Neurol Neurosurg Psychiatry 47:536-542, 1984.
10. 三森康世, 田中浩稔: Sympathetic skin response (SSR). 日本臨床 50 : 753-758, 1992.
11. 荒巻駿三, 吉良保彦: Sympathetic skin response (SSR) による自律神経評価. 医学のあゆみ 168:208-209, 1994.
12. 志茂田治, 加納龍彦, 栗田正樹, 江崎公明, 堤 隆治, 安元正信: 自律神経機能の客観的評価法としての交感神経皮膚反応. 麻酔 38 : 27-32, 1989.
13. 横田隆徳, 古川哲雄: Sympathetic skin response (SSR). 神経内科 36 : 11-19, 1992.
14. 渡引康公: Sympathetic skin response (SSR) の臨床応用に関する研究 第1報 ヒト SSR の基礎的性質. 臨床神経学 27 : 442-448, 1987.
15. 中尾洋子, 平沢泰介: 腰部脊柱管狭窄症における交感神経皮膚電位. 臨床脳波 35 : 429-433, 1993.
16. 原 行弘, 野田幸男, 千野直一: 肩手症候群を呈する脳卒中患者における Sympathetic Skin Response の検討. 総合リハ 19 : 431-434, 1991.
17. 熊澤孝朗: 痛みと自律神経. 自律神経 33 : 221-227, 1996.

The effect of sympathetic skin response (SSR) with  
increasing heated stimulus intensity

Jiro NAKANO<sup>1</sup>, Minoru OKITA<sup>2</sup>, Shigeru INOKUCHI<sup>2</sup>,  
Hiroyuki NAKANO<sup>2</sup>, and Toshio HIGASHI<sup>3</sup>

1 Department of Rehabilitation, Nagasaki Kita Hospital

2 Department of Physical Therapy, The School of Allied Medical Sciences, Nagasaki University

3 Department of Occupational Therapy, The School of Allied Medical Sciences, Nagasaki  
University

**Abstract** Aiming at clarifying the influences of various strengths of stimuli on human body, three different of heat stimuli were used investigate their effects on the sympathetic skin response (SSR) in the autonomic nervous system. As the subjects, five healthy adults were used and the threshold temperature of each subject was determined. Based on the respective threshold, the temperatures corresponding to 30, 60 and 90% of the threshold were given to each subject as heat stimuli and the amplitudes of SSR waves were measured. Then, the differences in the amplitude were compared between the conditions with and without the stimuli. The present results showed that there were significant differences in the amplitude of SSR wave among individuals and the amplitude became larger as an increase of the strength of stimulus. The amplitude change was remarkable, especially for the stimuli recognized as a pain. Therefore, it was thought that heat stimulus might enhance the activities of sympathetic nerve system as an increase of its strength and those effects of noxious stimuli might be marked.

Bull. Sch. Allied Med. Sci., Nagasaki Univ. 11: 55-59, 1997