冷・温水負荷によるSEP振幅の減衰¹⁾

関西学院大学文学研究科

金森 庸浩

資生堂ビューティーサイエンス研究所

平尾 直靖

関西学院大学文学部

富田 紘子・八木 昭宏

An attenuation of amplitude in SEP evoked by cold and hot water

Nobuhiro KANAMORI, Hiroko TOMITA & Akihiro YAGI

Department of Psychology, Kwansei Gakuin University,

Uegahara, Nishinomiya, Hyogo, 662-8501, Japan

Naoyasu HIRAO

Institute of Beauty Sciences, Shiseido Co.,LTD.

3 - 9 - 1 , Nishi-Gotanda Shinagawa-ku, Tokyo, 141-0031, Japan

In the present research, we investigated how stressor evoked by cold water affected somatosensory perception. The SEPs (somatosensory evoked potentials) were recorded under three conditions. The first was a cold-water condition (C condition) in that immersion in cold water was regarded as the stressor. The second was a hot-water condition (H condition) in that participants immerse hot water. The third was no-stressor condition (N condition) in that no stressor was given. The SEPs were recorded by electrical stimulation to upper parts of inside arms of subjects. As a result, in the N condition, the amplitudes of both N26-P38 and N50-P62 were larger than those in both C and H conditions. Following these results, amplitudes of the SEPs decreased by immersion in cold or hot water. In conclusion, some kinds of stressor on a part of the skin affect the other somatosensory perception. (*Japanese Journal of Physiological Psychology and Psychophysiology*, 20(3): 241-247, 2002.)

Key words: SEPs, stressor, cold and hot water

2002.1.16 受稿, 2002.9.6 受理

1) 本研究は, 資生堂(株)ビューティーサイエンス研究所内で行われた。また, 本研究の結果を第19回日本生理心理学会第19回大会において発表した。

【要 約】 本研究では冷水負荷が皮膚感覚に対してどのような影響を与えるのかを体性感覚誘発電位 (SEP) を指標として検討した。条件として、冷水によって負荷を与える冷水条件 (以下C条件)、温水を呈示する温水条件 (以下H条件)、および何の負荷も呈示しない無負荷条件 (以下N条件) を設定した。この3条件において右腕の前腕内側部に電気刺激を与え、女子大学生15名のSEPを測定した。その結果、N26-P38間・N50-P62間の振幅はN条件よりもC・H条件のほうが小さかった。つまり、冷水もしくは温水の呈示によってSEPの振幅の減少が認められた。このような結果は、心理的な負荷が皮膚感覚に大きな影響を及ぼすわけではなく、何らかの負荷を皮膚に与えることが皮膚感覚に影響を及ぼしていることを示唆している。

ヒトの皮膚は常に外界からの刺激を受け取っている。それゆえ、皮膚に生じる感覚はヒトにとって環境に接する最も身近な感覚といえる。本研究では、外界からの物理刺激がヒトの皮膚に与えられた際に生じる感覚を皮膚感覚とする (東山・宮岡・谷口・佐藤, 2000)。

皮膚感覚はさまざまな物理的要因によって影響を受ける。たとえば、触感覚閾と皮膚温との関係において、高周波の振動の検出閾は皮膚温が下がるにつれて上昇することが報告されている (e.g., Bolanowski & Verrillo, 1982)。Stevens (1982) は元となる皮膚温と比較して接触する部分の温度が高い、もしくは低い時には、皮膚温と同じよりも触感覚が鋭敏になることを明らかにしている。また、皮膚感覚は性差によっても影響されることがわかっている。たとえば、温度感覚については、冷覚閾に性差は見られないが、温覚閾は女性のほうが低いという報告がある (Lautenbacher & Strain, 1991)。

また、皮膚感覚の変動要因を検討するため、SEP (somatosensory evoked potentials, 体性感覚誘発電位) を指標とした研究も行われている (平尾, 2001a)。SEPの成分には、中潜時成分 (18ms ~ 100ms間) には刺激強度に対する主観的感覚量が反映されるという特徴がある (Hashimoto et al., 1988; 当間・中島, 1991)。このことから、SEPは皮膚感覚の変動要因を検討するための有効な指標となり得る。

上記の研究を踏まえ、平尾 (2001b) は女子大学生の両腕の前腕内側部をクレンジング後、スキんケアを施した側の皮膚と、施さずに放置した側の皮膚について中潜時成分を指標としたSEPを測定した。その結果、スキんケア後の皮膚で測定し

たSEPは安定していたが、放置した側の皮膚のSEPは振幅が増大した。このことは皮膚感覚の感度が肌の特性で変化するだけでなく、肌の状態変化に依存して変動していることを示している。

以上のように、物理的な要因によって皮膚感覚の感度が影響を受けることは明らかだが、心理的な要因が皮膚感覚に影響を及ぼすか否かを検討した研究は少ない。心理的要因に関しては、平尾 (2002) が睡眠不足による心身の疲弊状態がSEPの振幅を低下させる要因であることを報告しているが、物理的な要因と比較して、それほど研究が行われていないのが現状である。

そこで、本研究ではSEPを指標として、心理的な負荷によって皮膚感覚がどのように影響されるのかを検討した。本研究では冷水を負荷刺激とした。過去の研究から冷水などの寒冷刺激は心理的な影響を与えるストレスサとして用いられているからである (島井, 1997; 山田・大平, 1998)。また、負荷がかからない温水を与える条件も設定し、そのSEPも同時に測定した。心理的負荷がかかった状態のSEPとかがっていない状態のSEPを比較することにより、心理的な負荷が皮膚感覚にどのような影響を及ぼすかを検討できると思われる。

方 法

被験者 被験者は健康な女子大学生15名であった。平均年齢は21.4歳 (範囲21~23歳) であった。これらの被験者に対して事前に実験の目的を説明し、了解を取った上で実験が行われた。

実験刺激 SEP計測のために200mAの電気刺激が用いられた。刺激強度は被験者が痛みを感じない程度であった。電気刺激は電気刺激装置 (ダイ

アメディカル社製 DSP-1200D) によって制御され、アイソレータ (ダイアメディカル社製 DPS-122D) によって双極 2 ms パルスの一定電流に変換された。この刺激は被験者の右前腕内側部に貼り付けられた 3 cm 四方の 2 つの電極パッド (Omron 社製 HV-F02PAD) によって呈示された。刺激間隔は 1001 ms であった。刺激間隔が 1001 ms である理由は、AC ノイズとの同期を避けるためであった。

実験条件 本実験では冷水負荷が与えられた状態での SEP の変化を検討するために以下の 3 条件を設定した。10℃ の冷水を呈示する冷水条件 (以下 C 条件)、36℃ の温水を呈示する温水条件 (H 条件)、および何ら負荷を与えない無負荷条件 (N 条件) であった。これらの条件は被験者内要因配置計画の元の実験が行われた。10℃ の冷水は予備実験で被験者に十分なストレスを与えるという結果から選択された。冷水・温水とも被験者の両足のくるぶしに浸すことで呈示された。

実験手続 被験者を実験室内に設置した椅子に座らせ、脳波計測用電極を頭部に、電気刺激呈示用電極を右前腕内側部に装着した。SEP の計測に関して、SEP を惹起させる電気刺激および冷水・温水 (N 条件では電気刺激のみ) が 150 s 間呈示された。これを 1 セッションとした。刺激呈示後 30 s から 150 s までの 120 s 間、SEP を計測した。最初の 30 s 間の計測を行わなかったのは、冷水・温水に対する順応時間として設定したためである。また、条件を統一するため、N 条件においても最初の 30 s 間の計測を行わなかった。

電極を装着後、計測テストを行った。この計測テストでは、冷水も温水も与えない状態で電気刺激を 150 s 間呈示した。その後、以下の順序で SEP 計測を行った (Fig. 1 参照)。N 条件 (N-1) の後、C 条件 (C-0)、H 条件 (H-1)、C 条件 (C-1)、H 条件 (H-2)、C 条件 (C-2) と続き、20 分の休憩をはさんでから N 条件 (N-2) を行った。また、被験者間で C 条件と H 条件の順序をカウンターバランスした。

条件間で負荷の状態に偏りを付けるため、C 条件と H 条件を交互に行った。つまり、C 条件および H 条件はそれぞれが実験条件であると同時に次に行われる条件の負荷となっている。そのため、C-0 もしくは H-0 は処理されなかった。SEP の処理は各条件 2 セッションについて行われた。

記録と処理 脳波および垂直眼電図を計測した。脳波は、銀電極により両耳朶結合を基準として導出された。導出部位は国際 10-20 電極配置法に基づく C3、C4 であった。垂直眼電図は瞬目検出のために計測し、左眼の上下から双極導出により記録した。また、接地電極は左耳後方に装着した。時定数は脳波が 0.3 s、垂直眼電図が 2.0 s で、高域遮断周波数 60 Hz で導出された。

すべての生体信号はテレメータシステム (日本 GE マルケット社製 サイナアクト MT11) で増幅された。これらの信号は AD 変換ボード (コンテック社製 AD16-16 (PCI) E) によりサンプリング周波数 500 Hz で AD 変換され、パーソナルコンピュータ (日本コンピュータシステム社製 VC 7450K) のハードディスクに記録された。これら

Fig. 1 The procedure of this experiment. The order of C and H condition was counterbalanced among participants. In each session, The 30 second adaptation period prior to 120 second recording period was set in each condition. In the 120 second recording period, SEPs were recorded and analyzed. In test measure and -0 session, SEPs were recorded, but were not analyzed.

の信号は解析ソフト（キッセイコムテック社製 EPLYZER II）によって電気刺激呈示前100msから電気刺激呈示後400ms間の脳波がオフラインで加算平均処理された。加算回数は1セッション120回で各条件240回であった。

被験者には、体の力を抜くように、そして電気刺激間で瞬目をするように教示した。計測中に瞬目や筋電位によって脳波のピークが目視できなかった被験者のデータを解析には含めなかった。その結果、5人のデータを解析から除外した。

結 果

SEPの総平均波形 Fig. 2 に3つの実験条件に

ついて得られた総平均波形を示す。C3とC4の総平均波形を比較すると、C3の総平均波形の振幅がC4の振幅よりも全体的に大きくなっている。これは対側に優位な外因性成分であると考えられる。したがって、本研究ではC3から得られた波形のみについて分析を行うことにする。

C3における総平均波形を詳細に検討すると、電気刺激のオンセット時から20ms～150ms間で3つの陰性波と3つの陽性波が見られる。これらの成分をその極性とその頂点潜時により、N26, P38, N50, P62, N92, P120と命名した。これらの頂点間振幅について、条件ごとに分析を行った。

Fig. 2 These figures showed grand averaged SEPs in three conditions. The upper panel was C3 waveform, and the lower panel was C4 waveform.

C3における頂点間振幅 各成分について条件による差を検討するため、C3における各成分間の振幅値を条件ごとに求めた。陰性成分については、N26を24～38ms間、N50を46～54ms間、N92を80～110ms間の最小値を陰性成分として定義した。同様に、陽性成分についても、P38を34～40ms間、P62を60～80ms間、P120を102～124ms間の最大値を陽性成分として定義した。

本研究の頂点間振幅は、潜時38ms～62ms間の振幅が他の頂点間振幅に比べて大きくなっている。統計的に分析するため、頂点間振幅(5)×条件(3)の被験者内要因配置の分散分析を行った。

その結果、頂点間振幅と条件の主効果が認められた(頂点間振幅： $F(4,36)=6.93$, $p<.001$, 条件： $F(2,18)=4.09$, $p<.05$)。LSD検定($p<.05$)により頂点間振幅間の差を検定したところ、P38-N50振幅とN50-P62振幅が他の頂点間振幅よりも有意に大きかった。この2つの振幅間、および他の3つの振幅間に有意な差は認められなかった。また、LSD検定により3条件間の差を検定したところ、N条件の振幅がC条件、H条件の振幅よりも有意に大きくなった。この傾向はN26-P38間とN50-P62間の頂点間振幅において顕著であった(Fig. 3参照)。

Fig. 3 These figures showed the amplitude between negative and positive components. The upper panel was the amplitude of N26-P38, and the lower panel was N50-P68.

論 議

本研究ではSEPを指標として、冷水負荷による皮膚感覚への影響を検討した。そして負荷を伴わない36℃の温水条件、および無負荷条件とを比較した。その結果、どの条件においても38ms～62ms間の振幅が最も大きかった。また、刺激呈示後26ms～38ms間、50ms～62ms間の頂点間振幅において、N条件の頂点間振幅がC条件、H条件の頂点間振幅よりも大きくなった。以下、これらの結果について論議する。

先行研究との整合性

本研究では、38ms～62ms間の成分の振幅が他の成分と比較して有意に大きいことが示された。この結果は先行研究 (Hashimoto et al., 1988; 当間・中島, 1991) と一致している。

各条件におけるSEP振幅について

本研究ではN26-P38間とN50-P62間の頂点間振幅においてC条件、H条件ともN条件の振幅よりも小さかった。その原因としていくつかの要因が考えられる。

注意による影響について 本研究の結果は、注意が冷水・および温水に向けられたために、電気刺激に対するSEPがN条件よりも小さくなったということが考えられる。一般に視覚刺激であっても聴覚刺激であっても刺激に注意を向けるとERPの振幅は増大する (e.g., Hillyard, Hink, Schwent & Picton, 1973; Hillyard, et al., 1984)。このことから、注意が冷水もしくは温水に向けられたために、電気刺激に対するSEPの振幅が減少したという可能性が考えられる。つまり、N条件においては注意を向ける別の刺激がなく、他の2条件より多くの注意が電気刺激に向けられたため、振幅が大きくなったと考えられる。しかし、過去の研究からSEPにおける注意を反映する成分は長潜時成分に見られるということがわかっており、その点において本研究とは異なっている。

たとえば、Desmedt & Robertson (1977) は両手の人差し指と中指に無作為な順序で短い電気刺激を与え、いずれか一本の指の刺激を標的的刺激としてその刺激回数を数えさせた。その結果、ある指に注意を向けている時は、それを無視した時に

比べて誘発電位の振幅の増加が見られた。特にN140成分の振幅の増加が顕著であった。過去の研究からN140成分は感覚に特異な内因性注意関連陰性電位であるとみなされている (Näätänen, 1982; Hillyard, 1985)。また、N140成分に先行してN80成分が選択的注意によって増加することがわかっている (Michie et al., 1987)。

このように、過去の研究では注意によってSEPの80ms以降の成分に変化が見られた。しかし、本研究で変化が見られたのは、26～62ms間の成分であり、N80、N140に対応した成分 (本研究におけるN92) には変化は見られなかった。

また、被験者の内省報告の中に、冷水呈示時には電気刺激より冷水に注意が払われていたが、温水呈示時は特に温水に注意を向けていなかったという報告も見られた。

以上から本研究の結果が注意による効果であるとはいえ、別の要因がかかわっている可能性が考えられる。

感覚情報処理の観点 C、H両条件とN条件間において実験条件として異なっている部分は、両足に何らかの刺激が呈示されているか否かということである。つまり、何らかの刺激を別の部位に呈示したということがSEPの振幅にかかわっていると考えられる。

本研究では、CおよびH条件のSEPはN条件のSEPよりも振幅が減少していることから、感覚野において冷水および温水に対する情報処理が電気刺激に対する情報処理を抑制したという仮説が成り立つ。つまり、冷水もしくは温水を呈示してもSEPの振幅が減少するということである。SEPの振幅の減少は電気刺激に対する感度が鈍くなることを示す。この原因の一つに、冷水および温水を与えたことによる血圧の変化によって、SEPの振幅がN条件よりも減少した可能性が考えられる。しかし、皮膚へのどのような負荷が皮膚感覚に影響を与えているかを明言するためにはまだまだデータ不足であり、更なる研究が必要であろう。

これらのことは、冷水および温水負荷を皮膚に与えることが皮膚感覚に影響を及ぼしていることを示唆している。

本研究の問題点

N条件の振幅が有意に大きくなった原因として、N条件の順番のカウンターバランスが行われていないことが影響しているかもしれない。N条件では直前に電気刺激が呈示されていないが、他の条件では直前に電気刺激が呈示されている。このため、電気刺激の慣れによるSEP振幅の低下の要因が働かず、他の条件と比較して、相対的にN条件の振幅が大きくなったことが考えられる。今後、カウンターの要因を統制した実験を行って、この要因の影響を確かめる必要がある。しかし、負荷を与えることで皮膚感覚の感度が鈍くなり、そして、皮膚にとって刺激のない状態の感度がもっとも高くなるという結果は、皮膚感覚の研究において重要な意味を持つと考えられる。

引用文献

- Bolanowski, S.J.Jr., & Verrillo, R.T. 1982 Temperature and criterion effects in a somatosensory subsystem: A neurophysiological and psychophysical study. *Journal of neurophysiology*, 48, 836-855.
- Desmedt, J.E., & Robertson, D. 1977 Differential enhancement of early and late components of the cerebral somatosensory evoked potentials during forced-paced cognitive tasks in man. *Journal of Physiology*, 271, 761-782.
- Hashimoto, I., Yoshikawa, K., & Sasaki, M. 1988 Somatosensory evoked potential correlates of psychophysical magnitude estimations for tactile air-puff stimulation in man. *Experimental Brain Research*, 73, 459-469.
- 東山篤規・宮岡徹・谷口俊治・佐藤愛子 2000 触覚と痛み プレーン出版
- Hillyard, S.A. 1985 Electrophysiology of human selective attention. *Trends in neurosciences*, September, 400-405.
- Hillyard, S.A., Hink, R.F., Schwent, V.L., & Picton, T.W. 1973 Electrical signals of selective attention in the human brain. *Science*, 182, 177-180.
- Hillyard, S.A., Simpson, G.V., Woods, D.L., van Voorhis, S., & Mute, T. 1984 Event related brain potentials and selective attention to different modalities. In RenisoSuarez, F. & Ajmone-Maran, C. (Eds.), *Cortical Integration*, Pp.395-414, Ravan.
- 平尾直靖 2001a 皮膚感覚の変動要因についての検討 -Somatosensory Evoked Potential (SEP)を用いて- 生理心理学と精神生理学, 19, 112.
- 平尾直靖 2001b スキンケアによる皮膚感覚の変動 -Somatosensory Evoked Potential (SEP)を用いて- 日本心理学会第65回大会発表論文集, 65.
- 平尾直靖 2002 スキンケアの心理的な効果について -皮膚感覚, 情動, 肌改善効果の視点から- 日本化粧品技術者会誌 36, 1-9.
- Lautenbacher, S., & Strain, F. 1991 Sex difference in pain and thermal sensitivity: The role of body size. *Perception & Psychophysics*, 50, 179-183.
- Michie, P.T., Bearpark, H.M., & Crawford, J.M. 1987 The effect of spatial selective attention on the somatosensory event-related potential. *Psychophysiology*, 24, 449-463.
- Näätänen, R. 1975 Selective attention and evoked potentials in human -A critical review. *Biological Psychology*, 2, 237-307.
- 島井哲志 1997 健康心理学 培風館
- Stevens, J.C. 1982 Temperature can sharpen tactile acuity. *Perception & Psychophysics*, 31, 577-580.
- 当間忍・中島祥夫 1991 ヒトの皮膚感覚の主観的評価とSEPの関係. 臨床脳波 33, 747-749.
- 山田富美雄・大平秀樹 1998 ストレスと免疫 山崎勝男・藤澤清・柿木昇治(編) 新生理心理学 3 新しい生理心理学の展望 北大路書房 Pp. 33-43.