

皮膚交感神経活動と体性感覚誘発電位

— 精神的・身体的負荷に対する評価法としての皮膚交感神経活動 —

桑原裕子¹、塚原玲子²、岩瀬敏¹、西村直記¹、清水祐樹¹、菅屋潤壹^{1,3}

¹愛知医科大学生理学講座、²愛知県心身障害者コロニー発達障害研究所、³相山女学園大学

Relationship between Skin sympathetic nerve activity and Somatosensory evoked potentials.

Yuko Kuwahara¹, Reiko Tsukahara², Satoshi Iwase¹, Naoki Nishimura¹, Yuuki Shimizu¹, Junichi Sugeno^{1,3}

¹Dept. Physiol., Aichi Med. Univ., ²Inst. Develop. Res., Aichi Prefectural Colony,

³Sugiyama Jogakuen University

E-mail: kuwaya28@aichi-med-u.ac.jp

Abstract: Activation of the sympathetic nervous system is essential in adapting to environmental stressors and in maintaining homeostasis. Somatosensory evoked potential (SEP) was analyzed to examine the relationship between sympathetic outflow to the glabrous skin and the cortical function. Skin sympathetic nerve activity (SSNA) from the tibial nerve was recorded microneurographically and somatosensory evoked potential (SEP) from the scalp were recorded on the evoked muscle contraction by electrical stimuli to the median nerve in 10 healthy male subjects. To analyze stress-associated sudomotor and vasoconstrictor activation, sympathetic skin response (SSR) and reduction response of skin blood flow (SBF) were also simultaneously recorded. We concluded that sudomotor is activated by mental stress for relating with cognition, and vasoconstrictor is activated by mental and physical stress for relating with cognition and somatosensation. It is suggested that skin sympathetic nerve activity (SSNA) is useful for stress assessment during working in space.

Key words: skin sympathetic nerve activity (SSNA), sympathetic skin response (SSR), skin blood flow (SBF), somatosensory evoked potential (SEP), stress assessment

1. はじめに

主に体温調節に関与する皮膚交感神経活動(SSNA)は汗腺を支配する発汗神経活動と皮膚の血管を支配する血管収縮神経活動を含み、温冷刺激のほか電気刺激、音刺激、急激吸気などの覚醒刺激により賦活化されることが報告されている²⁾³⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾。発汗神経活動の効果器反応である交感神経皮膚反応(SSR: sympathetic skin response)は精神性発汗を示し、コリン作動性交感神経節後線維や汗腺の活動状態ばかりでなく、中枢神経系の認知・情動活動や覚醒水準の評価法としても用いられている¹⁾²⁾⁴⁾⁷⁾。血管収縮神経活動の効果器反応である交感神経皮膚血流反応(SFR: sympathetic flow response)は皮膚血流(SBF: skin blood flow)の低下反応で体性感覚に対する麻酔効果の評価に用いられている⁶⁾。いっぽう、末梢神経へ電気刺激を与えた時の脳波を加算平均して得られた体性感覚誘発電位(SEP)は刺激される感覚や認知を非侵襲的に評価するものとして用いられている⁵⁾⁷⁾。本研究は皮膚交感

神経活動が精神的・身体的負荷の指標として、宇宙における過酷な作業時の環境モニタリングに有用であるか否かの根拠を明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

被験者は健康な成人男性10名(年齢:22±3歳、身長:175.3±6.6cm)を対象とした。実験に際して、愛知医科大学医学部倫理委員会の承認ならびに被験者からは説明に基づく承諾書を得た。

皮膚交感神経活動(SSNA)は膝窩の脛骨神経からタングステン微小電極を用いたマイクロニューログラフィにより、交感神経皮膚反応(SSR)と皮膚血流(SBF)は脛骨神経の支配域である足底より皿電極とプローブにて記録した。体性感覚誘発電位を解析するための脳波(Fz, Cz, C₃, C₄, Pz)は10-20電極配置法により、Fz, Cz, Pzについては平均電位基準電極、C₃, C₄は耳朵基準電極を用いて、眼球運動とともに記録した。筋電図(EMG)は右前腕の屈筋群より表面電極(Ag/AgCl)にて

記録した。

正中神経への電気刺激は前腕屈筋収縮閾値の約1.5倍のダブルパルスを20～30秒間隔で、1セッション30回を休憩をはさみ、3セッションで約90回の試行を行った。

3. 結果

1) 正中神経の電気刺激時に発現する皮膚交感神経活動 (Fig.1)

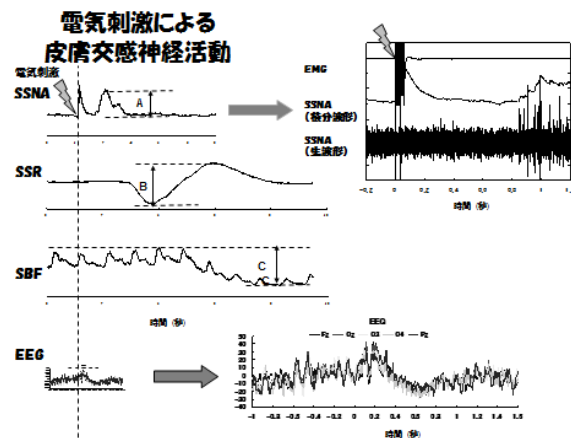


Fig.1 正中神経の電気刺激時に発現するSSNA, SSR, SBFおよびEEG

2) 電気刺激時の情報伝達と体性感覚誘発電位との関連 (Fig.2)

体性感覚誘発電位(SEP)は体性感覚刺激による情報伝達過程に記録される誘発電位である⁵⁾。正中神経への電気刺激は誘発性の筋収縮を招き、皮膚や筋、関節、腱などの感覚情報が脳幹から視床を経て、感覚野に達し、さらに連合野で認知される。皮膚交感神経活動はこの情報伝達過程に視床下部から脳幹を経て発現すると考えられる。

電気刺激をトリガーとして脳波(EEG)を加算平均して得られる体性感覚誘発電位には大脳皮質の感覚野で発生する感覚電位(N₃₃, P₄₅, N₆₀)と連合野で発生する認知の重畳を示すVertex P.および認知電位(P_{300a}, P_{300b})が解析されます。

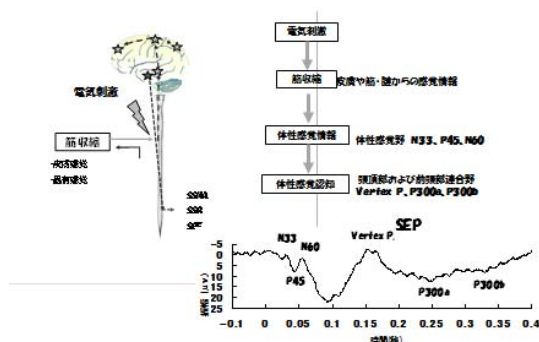


Fig.2 電気刺激時の情報伝達と体性感覚誘発電位

3) 効果器反応による皮膚交感神経活動のグループ化 (Fig.3, Fig.4)

発汗神経活動や血管収縮神経活動を含むマルチユニットな皮膚交感神経活動の反応の大きさは試行毎に異なる。そこで、効果器反応である交感神経皮膚反応の振幅が0より大きいものを発汗神経優位な皮膚交感神経活動 SSNA(SM+), 0 を発汗神経非優位な皮膚交感神経活動 SSNA(SM-)とした。

また、血管収縮神経活動(SBF)の低下率が0%より大きいものを血管収縮神経活動優位な皮膚交感神経活動 SSNA(VC+), 0%以下のものを血管収縮神経活動非優位な皮膚交感神経活動 SSNA(VC-)とした。

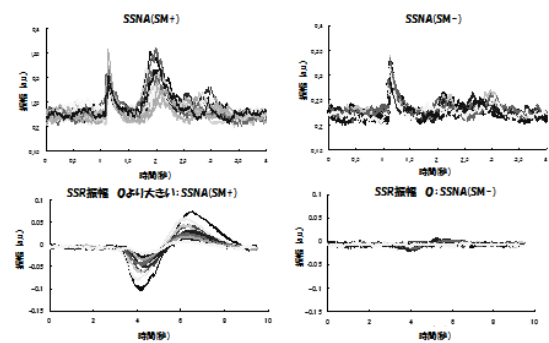


Fig.3 発汗神経活動の差による皮膚交感神経活動のグループ化

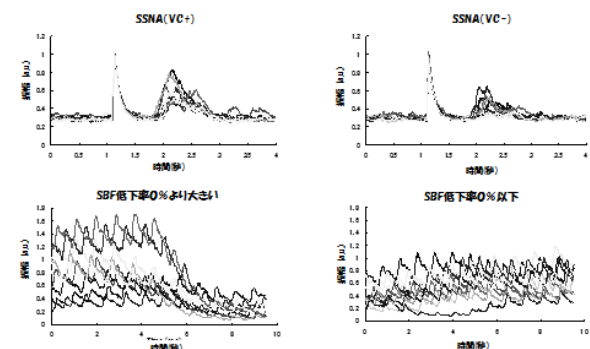
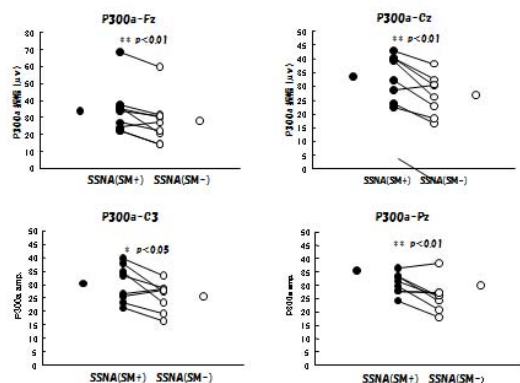
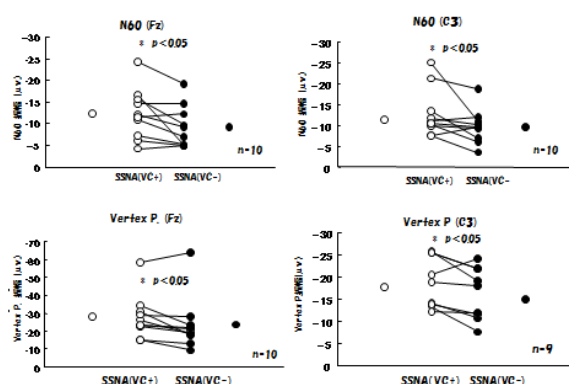


Fig.4 血管収縮神経活動の差による皮膚交感神経活動のグループ化

4) 皮膚交感神経活動と体性感覚誘発電位 (Fig.5, Fig.6)

発汗神経活動や血管収縮神経活動と体性感覚や認知との関連をみるために、効果器反応の大きさを試行をグループ群化し、それぞれに対応する体性感覚電位を比較した。発汗神経活動に対しては認知電位(P_{300a})がFz、Cz、Pz (P<0.01)およびC₃ (P<0.05)に有意差があり、血管収縮神経活動に対しては体性感覚電位(N₆₀)がFzとC₃ (P<0.05)に、認知の重畳(Vertex P.)がFzとC₃ (P<0.05)に有意差があった。

Fig.5 発汗神経活動に対する認知電位(P_{300a})Fig.6 血管収縮神経活動に対する体性感覚電位(N₆₀)および認知の重量を示す電位(Vertex P.)

4. まとめと考察

皮膚交感神経活動と体性感覚誘発電位の関連より、発汗神経活動は認知電位(P_{300a})に関与し、血管収縮神経活動は体性感覚電位(N₆₀)と認知の重量を示す(Vertex P.)に関与することが判明した。

従来、経時的な負荷の評価は精神性発汗を示す交感神経皮膚反応(SSR)をはじめ心拍変動、血圧変動、脈波、皮膚温(血管収縮反応による影響)など自律神経の効果器反応を指標に行われてきたが、負荷に影響する因子については十分に明らかにされていない。最近、機能的磁気共鳴画像(fMRI)やポジトロンCT(PET)などを使用した中枢神経系の負荷反応が明らかにされ、身体的負荷は脳幹から視床下部へ情報が伝達され、精神的負荷は脳辺縁系や近傍の皮質から視床下部へ情報が伝達されると報告されている¹¹⁾。さらに、負荷反応に個人差があることより心理面からの負荷の評価には認知的評価も検討されている。

このような観点と今回の結果より、認知に関与する発汗神経活動は精神的負荷に対する評価として有用であり、体性感覚と認知に関与する血管収縮神経活動は精神的・身体的負荷に対する評価として有用であると考えられる。

5. 文献

- 1) Aihara M, Sata Y, Osada M et al: The effects of higher cortical functions on SSR. In *Recent advances in human neurophysiology*, Hashimoto I, Kakigi R, eds, 1089-1094, Elsevier, Amsterdam, 1998
- 2) Asahina M, Suzuki A, Mori M et al.: Emotional sweating response in a patient with bilateral amygdala damage. *International J Psychophysiol*, 47, 87-93, 2003
- 3) Bini G, Hagbarth KE, Hynninen P et al: Thermoregulatory and rhythm-generating mechanisms governing the sudomotor and vasoconstrictor outflow in human cutaneous nerves. *J Physiol*, 306, 537-552, 1980
- 4) Deguchi K, Takeuchi H, Touge T: Significance of cognitive function in the elicitation of sympathetic skin response in healthy humans. *J Auton Nerv Syst*, 6, 61(2), 123-7, 1996
- 5) Hashimoto I: Somatosensory evoked potentials elicited by air-puff stimuli generated by a new high-speed air control system. *Electroencepha Clin Neurophysiol*, 67, 231-237, 1987
- 6) Ikuta Y, Shimoda O, Ushijima K, Terasaki: Skin vasomotor reflex as an objective indicator to assess the level of regional anesthesia. *Anesth Analg*, 86(2), 336-40, 1998
- 7) Ito H, Sugiyama Y, Mano T et al: Skin sympathetic nerve activity and event-related potentials during auditory oddball paradigms. *J Auton Nerv Syst*, 60, 129-135, 1996
- 8) Iwase S, Mano T, Sugeno J et al: Relationships among skin sympathetic nerve activity, sweating, and skin blood flow. *Environ Med*, 32, 55-67, 1988
- 9) 岩瀬敏, 間野忠明: 交感神経皮膚反応1. 基礎. *臨床脳波*, 38, 558-565, 1996
- 10) Sugeno J, Iwase S, Mano T et al: Identification of sudomotor activity in cutaneous sympathetic nerves using sweat expulsion as the effector response. *Eur J Appl Physiol*, 61, 302-308, 1990
- 11) Herman JP, Cullinan WE: Neurocircuitry of stress: central control of the hypothalamo-pituitary-adrenocortical axis. *Trends Neurosci*, 20, 78-84, 1997