

5BSKM010 高橋 未奈美
指導教員 関根嘉香

1. 緒言

現在の臨床検査の主流は血液検査であり、血液検査は侵襲性、観血性を伴い、創傷感染の恐れがあることから、患者にかかる負担が大きいことが示唆されている。そこで、非侵襲的・非観血的な臨床検査として汎用されているのが、尿¹⁾や生体ガスであり、生体ガスの一つであるヒト皮膚から放散される生体ガス(皮膚ガス)が近年、注目されている。酢酸は発汗に伴い放散が増加する皮膚ガスであるが、睡眠時の発汗の影響は不明である。本研究では、夜間における睡眠時の酢酸放散フラックスと脳波を測定し、睡眠の質を測るバイオマーカーとしての利用可能性を検討した。また、発汗には温熱性発汗と精神性発汗があり、発汗の種類による放散フラックスへの影響は不明である。そこで、安静時と温熱性発汗または精神性発汗時の酢酸放散フラックス、発汗量及び体表面温度を測定し、発汗の種類によって及ぼす影響を調べた。

2. 皮膚ガス測定方法

酢酸の捕集材としてセルロース濾紙に Dipping 法で 10% トリエタノールアミン/アセトン溶液を含浸させた後、30 分間減圧乾燥して作製し、パッシブ・フラックス・サンプラー(PFS)²⁾に設置した。作製した PFS を測定部位に装着して一定時間、皮膚ガスを捕集した。捕集した皮膚ガスは超純水 8 mL を加え、150 rpm で 1 時間振とう抽出し、試料溶液とした。その後、イオンクロマトグラフィーで測定して捕集量を求め、酢酸放散フラックス $E(\text{ng} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1})$ を算出した³⁾。

本実験は、東海大学湘南校舎「ヒトを対象とした実験」倫理委員会の承認を得て実施した。

3. 夜間睡眠時における酢酸放散フラックスの挙動

3.1 方法

被験者として健常ボランティア(22 歳女性、22 歳男性)を対象に 0:00~6:00 まで皮膚ガスと脳波を測定した。脳波は、脳波計 EGG-1714 を用いて測定し、睡眠経過図を作製した。

3.2 結果

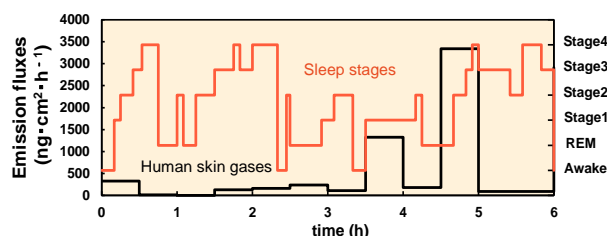


Fig.1 Relationship between emission flux of acetic acid and degree of sleep of one healthy volunteer (female, age22)

Fig.1 では被験者一名の放散フラックスの時間内変動及び脳波から求めた睡眠経過図を示す。睡眠経過図から、レム睡眠は 4 回出現し、一番深い眠りであるノンレム睡眠のステージ 4 が 5 回出現していた。また、明け方に向けレム睡眠の占める時間が支配的になった。以上の事から、被験者 C はよく眠れていることがわかった。酢酸の放散フラックスは入眠時に増加し、レム睡眠時に低下したことから、睡眠サイクルの切り替わりで増減していることがわかった。また、得られた結果から睡眠段階の増加幅によって酢酸放散フラックスがどの程度増加するかを調べた。酢酸放散フラックスの増加率 P_i は(1)式で求め、睡眠段階の増加幅 S は 30 分間の睡眠段階の最大増加幅とした。

$$P_i(\%) = \frac{E_i - E_{i-1}}{E_i} \times 100 \quad (1)$$

E_i : Emission flux ($\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$) at sampling period, i
 E_{i-1} : Emission flux ($\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$) at sampling period, $i-1$
 Note: $E_i > E_{i-1}$

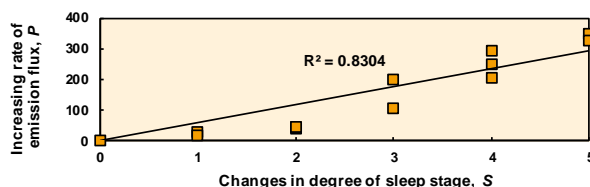


Fig.2 Effect of change in degree of sleep stage on the increase in emission flux of acetic acid

Fig.2 に睡眠段階の増加幅に対する酢酸放散フラックスの増加率を示す。この結果から、酢酸放散フラックスは睡眠サイクル及び睡眠段階の増加幅と対応することが解った。

4. 温熱性発汗と精神性発汗時における酢酸放散フラックスの挙動

4.1 方法

本研究では被験者として健常ボランティア4名を対象に安静時、運動負荷または精神的ストレス負荷時に皮膚ガス、発汗量及び表面温度を測定した。運動負荷として軽く汗ばむ程度のジョギングを30分間行った。また、精神的ストレス負荷として被験者が室内にてスピーチを30分間行った。

4.2 発汗量測定方法

負荷前後に右前腕部と右手掌部にコットンを装着し、皮膚表面から排出される汗を捕集した。その後、コットンの重量変化⁴⁾を発汗量として求めた。

4.3 体表面温度測定方法

体表面温度は、発汗刺激前後にサーモグラフィFLIR E4(FLIR SYSTEMS社製)で測定した。

4.4 結果

4.4.1 温熱性発汗

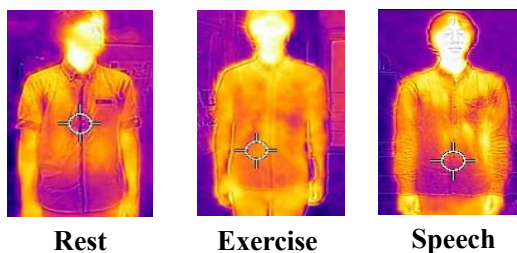


Fig.3 Thermographs of a tested volunteer during rest, exercise and speech

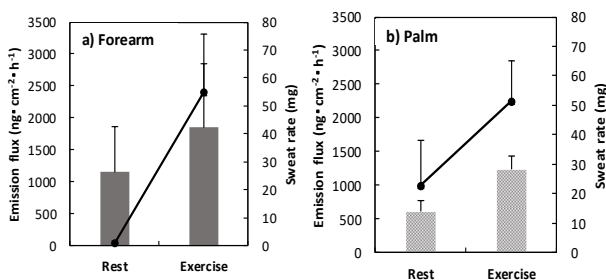


Fig.4 Variations of emission flux of acetic acid (bar) and sweat rate (plot) during rest and exercise ($n=4$)

Fig.3のサーモグラフィにより、運動後に体表面温度が上昇したことから、温熱性発汗が行われたと考えられる。また、Fig.4に安静時と運動時における酢酸放散フラックスと発汗量の比較を示す。放散フラックスは、前腕部と手掌部の両部位とも運動後に放散フラックスが増加し、安静時と有意差がみられた($p<0.05$)。発汗量は前腕部では有意に差がみられ($p<0.05$)、手掌部では有意差はない

が、発汗量は増加した。以上より温熱性発汗によって酢酸放散フラックスが増加したことが解った。

4.4.2 精神性発汗

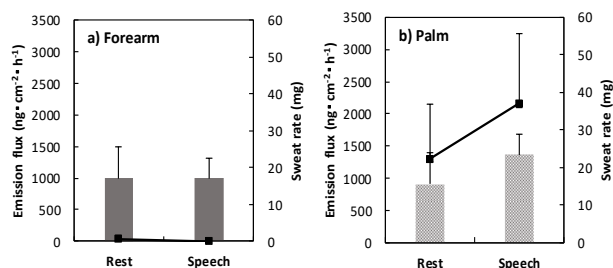


Fig.5 Variations of emission flux of acetic acid (bar) and sweat rate (plot) during rest and mental stress loading ($n=4$)

Fig.5に安静時と精神的ストレス負荷時における酢酸放散フラックスと発汗量の比較を示す。放散フラックスは、前腕部では放散フラックスは変化しなかったが、手掌部ではストレス負荷時に放散フラックスが増加し、安静時と有意差がみられた($p<0.05$)。発汗量は前腕部では変化がみられず、手掌部ではストレス負荷後に発汗量は増加し、安静時と有意差がみられた($p<0.05$)。精神性発汗は温熱性発汗とは逆に、手足裏から頭の流れ⁵⁾で発汗するため、手掌部では発汗量が増加し、前腕部では発汗がみられなかったと考えられる。また、Fig.3からサーモグラフィによる体温変化は見られなかった。以上より、精神性発汗によって手掌部では酢酸放散フラックスが増加し、前腕部では精神性発汗による影響がないことが解った。

5. まとめ

温熱性発汗では両部位で酢酸放散フラックスが増加し、精神性発汗では手掌部のみ増加したことから、前腕部では精神性発汗がみられないことがわかった。これにより、夜間睡眠時における酢酸放散フラックスの増加は睡眠による発汗(温熱性発汗)由来だと裏付けられた。このことから、酢酸は睡眠の質を測るバイオマーカーとしての利用可能性が示唆された。

【参考文献】

- 1)橋詰博行ら, 医学のあゆみ, 208(13), 1067-1068
- 2)Sekine, Y. et al., *J.Chromatogr. B*, 859, 201-204(2007)
- 3)高橋未奈美ら, 室内環境学会学術大会講演要集, 196-197 (2015)
- 4)Biehle-Huettele S.J., et al., *Int. J. Cosmet. Sci.*, 36(1), 102-108(2014)
- 5)小川徳雄, 新汗のはなし, アドア出版, pp58-60(1994)