

足底刺激とその装置開発に関する研究

茨城大学大学院 ○横堀一男 茨城大学 住谷秀保 白石昌武

A Study on Stress Relief Effect with Vibro-Stimulation on Planta Pedis

Ibaraki University ○Kazuo YOKOBORI, Hideyasu SUMIYA, Masatake SHIRAIISHI,

Along with the era of high speed growth, there reported a number of diseases response to stress from the rapid changes in socioeconomic structure. As a relief of stress, foot massages became popular in transverse lie. However, there are few that report precise analysis between stimulation methods and stress relief effect. This paper reports stress relief effect with 1/f vibro-stimulation with steady air pressure on planta pedis.

1. 緒言

昨今の急速な発展は、便利で快適な暮らしをもたらす一方運動不足の増加や社会構造のめまぐるしい変化により、多くの人にストレスを引き起こす状況を作り出している。そのため、ストレスを緩和するサービスや装置の必要性がメディアなどで数多く取り上げられている。そこで本研究ではストレスを緩和するような工学的アプローチを取ることを目標とした。

現状として臨床医学においては、ストレスを解消しかつ血液循環を良くする方法の一つとして就寝中に足の裏に刺激を与えることが効果的であることが報告されている^{[1],[2]}。足底刺激の効果として、①循環系に与える効果、②反射効果の2つが知られている。過去の研究例の刺激方法として電気的信号を用いる方法、直接圧力を加える方法が報告されている^{[1],[2]}、が実際に刺激方法とストレス緩和効果について詳しく解析した例は少ない。本発表では横位姿勢で足底部位に一定加圧をかけた状態で1/f振動刺激を加えた際のストレス緩和効果について報告する。

刺激負荷によるストレス緩和効果を把握するために、血圧、体温、加速度脈波、脳波をモニタリングすることとした。

2. システム構成

2.1 システム構成

図1にシステム構成を示す。パソコンで作成した1/fゆらぎをDAコンバータを用いカフへ取り付け付けた振動モータに信号を送る。カフ圧を一定に保ち共振作用させることにより、振動刺激を加える。横位姿勢の被験者の足底部分をカフで包み負荷を与え評価を行う。図2に足底部振動負荷装置と振動モータの仕様を示す。

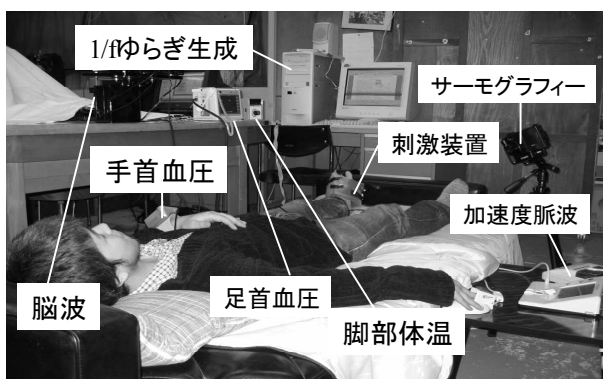


図1 システム構成

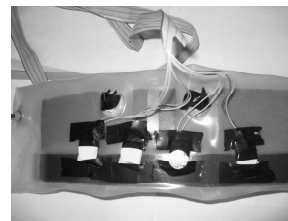


図2 足底部振動負荷装置

振動モータ
電圧：使用範囲 0.8V
～1.6V
標準電圧 1.3V
標準回転数：5000rpm
標準電流：30mA
振動量：1.0G

2.2 測定機器

測定機器仕様を表1に示す。

表1 測定機器仕様

オムロンデジタル自動血圧計 HEM-6371T	測定方式：オシロメトリック法 測定範囲：0～299mmHg
バイタルセンサ TM-2560	測定方式：オシロメトリック法 測定範囲：0～300mmHg
計装用温度計 D622-1D61	温度範囲：-39.52℃～130.13℃ 分解能：0.01℃
BC チェッカー	電源：入力 AC90～115V 50/60Hz 出力 DC12V、300mA
赤外デジタルカメラ IR SnapShot	測定温度範囲：0℃～35.0℃（-3から120.0℃の範囲でカスタマイズ可） 測定波長範囲：8～12μm
α波測定器 FM-515A	電源：ACアダプター/DC7.5V 700mA(50/60Hz) バッテリー/DC6V 600mA 感応周波数：θ波：4～6Hz α1波：7～8Hz α2波：9～11Hz α3波：12～13Hz β波：17～30Hz EMG：100～300Hz

3. 1/f ゆらぎ生成機構

本報告では足底刺激を行う際に用いる1/fゆらぎを、計算機を用いて①線分の分割による方法、②間欠カオスを用いる方法、③白色ゆらぎの1/2階積分による方法の3種類の方法^[3]から作成した。今回生成した1/fゆらぎにおいては周波数が大きくなるにつれ、白色ゆらぎと識別が困難になる。よって精度を高めるために振動モータへ与える信号は低周波成分を用いることとした。3種類の生成法の違いによってパワースペクトルを求め確認した結果、有意差はみだせなかったため、今回の実験では①の方法を用いて1/fゆらぎを生成した。①の生成法はフラクタル性の中の1/fゆらぎに着目して作成した方法である。まず適当な長さNの線分に平均値を0.5の乱数Rを乗じ、約半分の長さで分割する。次に分割されたそれぞれの線分に同様に乱数を乗じ4つの部分に分割する(図3)。この過程を繰り返し、線分の長さから平均値を引いた値を端から順番に取り込み時系列として取り込むことにより作成する方法である。

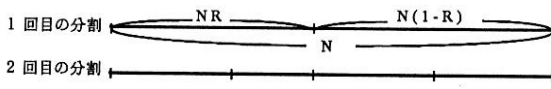


図3 分割方法

4. 横位姿勢状態における足底 1/f ゆらぎ振動刺激負荷実験

被験者は5名、横位状態の被験者に対し無負荷状態及び 1/f ゆらぎ振動刺激時の 30分間を観察した。測定時間を3分間隔とし、各測定値を記録した。

4.1 測定結果

無負荷状態と 1/f ゆらぎ振動刺激負荷時において変化が見られたパラメータを表2に示す。各測定値において依存性が観測されたものを○、検出できなかったものを×とする。

表2 足底刺激負荷時における各測定値の依存性

	足首血圧	手首血圧	サーモグラフィー	液体温	脚部温度
1/fゆらぎ刺激	×	×	×	×	○
加速度脈波					△
1/fゆらぎ刺激	×	○	○	×	△

以下に依存性が観測された被験者のデータの代表例を示す。

4.2 脚部温度

無負荷状態及び 1/f ゆらぎ振動刺激負荷状態における被験者Aの足首の後脛骨動脈上体温の測定結果を図4に示す。

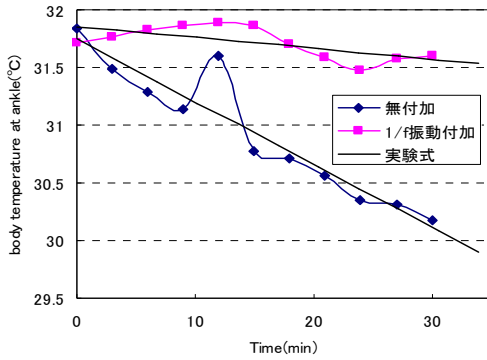


図4 被験者Aの時間変化に伴う脚部体温

無負荷状態における脚部温度の近似式を式(1)に、1/f ゆらぎ振動負荷時の脚部温度の線形近似による実験式を式(2)に示す。

$$T_{mp}(^{\circ}C) = -0.05t + 31.7 \quad (1)$$

$$T_{mp}(^{\circ}C) = -0.01t + 31.8 \quad (2)$$

脚部温度変化において無負荷状態においては時間と共に脚部温度が下がる傾向が被験者において観測された。しかし 1/f ゆらぎ振動刺激を負荷した場合、無負荷状態と比較して時間が変化しても脚部温度が一定に保持され血流循環が健全に保たれることが観測された。

4.3 脳波(α波)

無負荷状態及び 1/f ゆらぎ振動刺激負荷状態における被験者Aの脳波成分のα波含有率測定結果を図5に示す。

脳波のα波含有率の無負荷時の線形近似による実験式を式(3)に 1/f 振動負荷時の線形近似による実験式を式(4)に示す。

$$AWC(\%) = -0.35t + 58.1 \quad (3)$$

$$AWC(\%) = 0.24t + 52.9 \quad (4)$$

1/f 振動刺激を負荷した状態では、刺激開始から約 15分後以降α波の含有率が上昇傾向となることが観測された。α波が増加傾向を示すことより、ストレス緩和効果が認められ、本刺激方法の有効性が確認された。

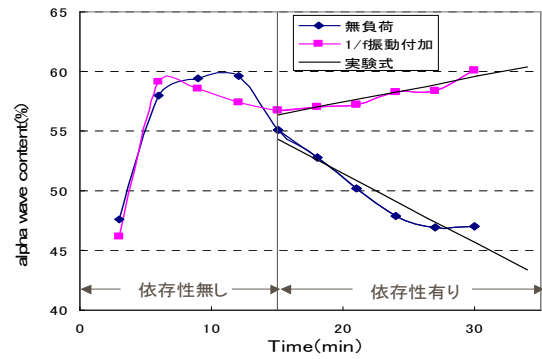


図5 被験者Aの時間変化に伴うα波含有率

4.4 脈波間隔

無負荷状態及び 1/f ゆらぎ振動刺激負荷状態における被験者Aの脈波間隔の測定結果を図6に示す。脈波間隔は時間0秒時を100パーセントと設定した。

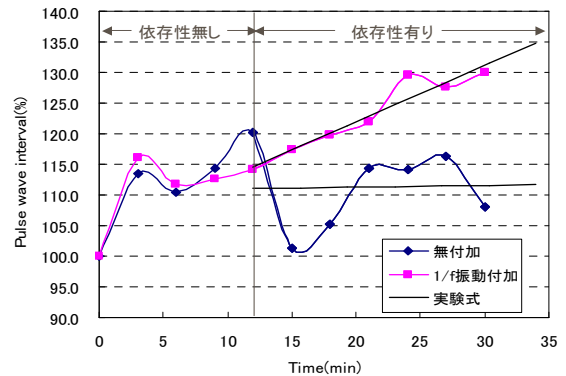


図6 被験者Aの時間変化に伴う脈波間隔

無負荷時のデータの線形近似実験式を式(5)に 1/f 振動負荷時のデータの線形近似実験式を式(6)に示す。

$$PWI(\%) = 0.14t + 108.5 \quad (5)$$

$$PWI(\%) = 0.83t + 105.8 \quad (6)$$

脈波間隔において 1/f ゆらぎ振動刺激負荷後 12分以降から脈波間隔が増加する傾向が観測された。脈波間隔が長くなることから心臓にかかる負担が軽減されることが観測された。

5. 結言

本研究では足底部へ 1/f ゆらぎ振動刺激負荷を連続的に与えた場合のストレス緩和効果について検証を行った。1/f ゆらぎ振動刺激負荷時に脚部温度及び脈波間隔等の観測結果より、循環系などの肉体的ストレス緩和効果とα波含有率上昇から精神的ストレス緩和効果が認められ 1/f ゆらぎによる足底刺激の有効性が確認された。いずれも足底部刺激負荷効果のストレス緩和作用が 15分以降に効果を示すことを確認した。

参考文献

[1] 谷川, 西口他/足裏のツボ刺激による特定臓器の血流増加: サーマグラフィー温度画像による体表温度の確認, 鈴鹿医療科学技術大学紀要, Vol. 5 (1998.03)
 [2] MACHI, LIU et al./Physiological Measurements for Reflexology Foot Massage, Journal of International Society of Life Information Science, Vol. 18 Num. 2 (2000.09).
 [3] 赤羽秀朗他/1/f ゆらぎの時間反転性