

令和 2 年 6 月 22 日現在

機関番号：33801

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01804

研究課題名(和文) 顔への非侵襲性の皮膚刺激が副交感神経活動と精神ストレスに及ぼす影響

研究課題名(英文) The effect of non-invasive mechanical stimulation to the facial skin on parasympathetic nervous activity and mental stress

研究代表者

星川 秀利 (HOSHIKAWA, Hidetoshi)

常葉大学・健康プロデュース学部・教授

研究者番号：00258948

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：顔への非侵襲性の機械的な皮膚刺激が、自律神経活動に及ぼす影響を検討した。その結果、この刺激は、冷却刺激と同程度の副交感神経活動の亢進を引き起こし、その反応は顔の刺激部位と速度で異なることが観察された。また、暗算ストレスは、交感神経活動を増加させたが、顔への皮膚刺激でそれが抑制された。以上から、顔への非侵襲性の機械的な皮膚刺激は、副交感神経活動を亢進させ、精神的ストレス時に生じる自律神経活動の不均衡を改善させることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

慢性的なストレス状態は、交感神経活動を亢進させ、様々な疾病を誘発させる。したがって、抑制された副交感神経活動を高めることができれば、ストレスによって誘発される疾病等の予防・改善につながる。本研究では、顔への非侵襲性の機械的な皮膚刺激が副交感神経活動を高め、暗算ストレスによる交感神経活動の亢進を抑制させた。顔への非侵襲性の機械的な皮膚刺激は、衛生管理も容易で、特別な技術も必要とせず、手軽にできるストレス・ケアとして有用であると考えられた。

研究成果の概要(英文)：The aim of this study was to investigate the effect of non-invasive mechanical stimulation to the facial skin on autonomic nervous activity. Non-invasive mechanical stimulation caused the same increase in parasympathetic nerve activity as the cold stimulation, and these responses were different at the stimulation site on the facial skin and speed. Although mental arithmetic stress increased sympathetic nerve activity, the response was suppressed by the stimulation to the facial skin. Thus, it was revealed that non-invasive mechanical stimulation to the facial skin enhances parasympathetic nerve activity and improve the imbalance of autonomic nerve activity induced during mental stress.

研究分野：運動生理学

キーワード：非侵襲性の皮膚刺激 精神ストレス 自律神経

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

我々の身体は、精神ストレスを受けた際、内部環境の恒常性を維持させるために、自律神経系では交感神経活動が亢進される。しかし、慢性的に精神ストレスを受けている状態では、交感神経活動が高い状態が続き、呼吸器系、循環器系、消化器系などの疾患、神経症、鬱、慢性疲労症候群、不定愁訴などを引き起こし、大きな社会問題となっている。

したがって、抑制された副交感神経活動を高めることができれば、精神ストレスによって誘発される疾病等の改善につながるものと思われる。副交感神経活動を高める方法として、電極を体内に埋入し直接副交感神経を電気刺激する方法などが報告されている。しかし、ヘルスプロモーションの手法として、これらの手法は侵襲性が高く実用的でない。一方、古くから東洋医学では、鍼を用いた皮膚への刺激によって自律神経へのアプローチが行われている。ただ、鍼は安全面や衛生面で問題もあり、また施術は有資格しか認められていない。

最近、Hotta ら¹⁾は、新しく開発されたツールによる非侵襲性の機械的な皮膚刺激が自律神経活動に影響を及ぼすことを明らかにした。また、顔への冷却刺激が徐脈を引き起こすことが知られており、機械的な皮膚刺激でも同等の反応が生じる可能性があるが、これを検討した研究はない。

新しく開発された皮膚刺激ツールは、非侵襲性であるため皮膚を傷つけることもなく、衛生管理も容易であり、特別な技術や機器を必要としない。このような機械的な皮膚刺激によって副交感神経活動を賦活させることができれば、誰もが手軽にできるストレス・ケアとして有用である。

2. 研究の目的

顔への非侵襲性の機械的な皮膚刺激が、心電図 R 波の間隔から評価される自律神経活動に及ぼす影響、また、顔面の部位、刺激量の違いなども検討する。さらに、これらの刺激により、暗算ストレスによって抑制される副交感神経活動に及ぼす影響を検討した。

3. 研究の方法

[実験 1] 顔への非侵襲性の皮膚刺激と冷却刺激の比較

男女 7 名の大学生を対象に、7 分間の椅座位安静後、5-7 分目に非侵襲性の機械的刺激 (S) と冷却刺激 (I) を与える試行、および刺激なし (N) の 3 試行を行った。試行間には直前の刺激の影響を少なくするために 10 分間の安静を置き、試行順はランダム化した。また、呼吸は毎分 15-18 回程度になるように実験前に練習したが、実験中、実際の呼吸数は計測していない。非侵襲性の皮膚刺激には、Hotta ら¹⁾が用いたのと同じ、非能動型接触鍼 (SOMAPLANE, 東洋レヂン社) を用いた。このツールは、回転軸棒と、その先端に重さ 4g、直径 17mm、長さ 15mm のローラーが取り付けられている。ローラー部には、エラストマー樹脂 (AR-840C, アロン化成) が巻き付けられ、この滑らかな表面を皮膚に当て、ローラー部を回転させることで刺激を与えた。刺激は験者によって与えられた。刺激部位は、顔面部左側の頬骨から下顎骨上の皮膚であった。また、刺激頻度は 1Hz とし、電子メトロノーム音で正確に合わせた。一方、冷却刺激は、氷水 (約 3℃) を用い、機械的な刺激と同様の場所に、験者によって固定された。試行中、心拍計 (RS800CX, ポラール社) を用い、心電図の R 波の間隔 (RRI) を 1kHz のサンプリング頻度で計測した。

[実験 2] 顔面への非侵襲性の刺激における刺激部位と刺激速度の影響

男女 5 名の大学生を対象に、5 分間の椅座位安静後、5 分間にわたり非侵襲性の皮膚刺激を与えた。3ヶ所の刺激部位 [前額 (V1)、頬 (V2)、顎 (V3)] と 3 種類の刺激速度 (1cm/秒, 5cm/秒, 10cm/秒) の 9 種類を行った。1 日 3 試行までとし、試行間には 5 分間の間隔を置いた。刺激ツールは、実験 1 と同様のものを用いた。刺激は、被験者自身で行い、刺激部位に 5cm 間隔に印をつけ、その間を 0.5 秒, 1.0 秒, 5.0 秒で移動するよう指示した。メトロノームを使用し、そのリズムに合わせ、本実験前にスムーズに刺激が与えられるよう練習した。試行中、実験 1 と同様の心拍計を用いて心電図 RRI を 1kHz で記録した。また、刺激に対する主観的な心地よさ (「快適である」から「不快である」) を VAS (Visual Analogue Scale) で評価した。

[実験 3] 非侵襲性の皮膚刺激が暗算ストレス時の自律神経活動に及ぼす影響

男女 12 名の大学生を対象に、5 分間の椅座位安静後、その姿勢を保った状態で 10 分間の暗算を行わせ、その後 5 分間安静を保たせた。これを、10 分間の間隔を置いて、3 回実施した。3 試行は、非侵襲性の突起のあるツール (先端径 37 μ m、高さ 300 μ m の円柱状の突起が直径 4mm の範囲に規則正しく 53 本配列されているエラストマー製チップ, S, SOMARESON mini、東洋レヂン社)、見かけ上は S と区別がつかないが突起のないツール (P) を耳甲介腔に貼付する条件と何も貼付しない条件 (N) であった。暗算は、4桁の数字、例えば、2039 から 13 ずつ引き算をさせ、その結果が間違っていた場合は、験者がそれを被験者伝え、最初の数字からやり直させた。暗算終了後に、主観的な疲労度 (「疲れを全く感じない」から「何もできないほど疲れ切った最悪の感覚」) を VAS にて評価した。

試行中、胸部双極誘導法 (CM5) にて心電図、自動血圧計 (Tango+, SunTech Medical 社) を用

いて血圧値、また、唾液アミラーゼモニタ (Nipro 社) を用いて唾液中のアミラーゼ値を計測した。

全ての実験において、被験者には、実験前、4 時間以内の食事、24 時間以内のカフェイン・飲酒、また、前日の激しい運動を禁止するよう指示した。

また、計測された RRI データから、Kubios HRV Premium (ver.3.0.2, Kubios) を用いて時間領域、周波数領域、及び非線形のパラメータを算出した。時間領域のパラメータとして、RMSSD (連続した RRI の差の二乗根)、pNN50 (50ms 以上の差の連続した RRI の割合)、周波数領域の変数として、標準化された高周波領域と低周波領域の割合 (それぞれ、HFnu と LFnu)、非線形指標としてポアンカレプロットの $y=x$ 線の垂直方向及び水平方向の標準偏差 (それぞれ、SD1 と SD2) などを算出した。

4. 研究成果

顔への非侵襲性の皮膚刺激と冷却刺激の比較

下表に、顔への刺激の前後の心拍変動を示した。刺激中の RRI において、S 条件及び I 条件で刺激前よりも有意に増加していた (それぞれ、 $P < 0.001$, $P = 0.004$)。しかし、RMSSD と pNN50 には統計的な変化は認められなかった。RRI の刺激前からの変化量 (ΔRRI) は、N 条件と比較して S 条件 (63.1 ± 37.7 ms, $P = 0.01$) 及び I 条件 (61.1 ± 16.9 ms, $P = 0.013$) で有意であり、S 条件と I 条件の間には有意差がなかった。HFnu は、S 条件及び I 条件の刺激中に有意に増加 (それぞれ $P = 0.036$, $P = 0.011$) し、LFnu は減少した (それぞれ $P = 0.036$, $P = 0.011$)。刺激前からの変化量に 3 条件の差は認められなかった。LF/HF も I 条件で有意に低下したが ($P = 0.043$)、S 条件では低下傾向であった ($P = 0.082$)。S 条件の刺激中、SD2 は低下した ($P = 0.006$) が、I 条件では低下傾向であった ($P = 0.051$)。SD2/SD1 は、S 条件及び I 条件とも刺激中に有意に減少した (それぞれ $P = 0.016$, $P = 0.006$)。この変化量 ($\Delta SD2/SD1$) は、N 条件と比較して I 条件で有意に低値を示した ($P = 0.037$)。S 条件では低値を示す傾向にあったが、有意差はなかった ($P = 0.104$)。

表 顔への皮膚刺激中の心拍変動の変化

Variable	S (Mechanical stimulus)			I (Ice-cold stimulus)			N (Nonstimulus)		
	PRE	STI	<i>p</i>	PRE	STI	<i>p</i>	PRE	STI	<i>p</i>
Time domain									
RRI (ms)	898.2 ± 175.0	959.3 ± 178.8	<0.001	903.2 ± 156.4	966.3 ± 180.2	0.004	933.8 ± 175.4	932.9 ± 153.5	ns
RMSSD (ms)	36.0 ± 10.9	35.2 ± 12.3	ns	32.8 ± 7.1	36.6 ± 10.9	ns	34.6 ± 7.8	34.5 ± 10.2	ns
pNN50 (%)	9.5 (5.8–19.2)	14.3 ± 14.8	ns	11.4 ± 6.1	18.8 ± 15.8	ns	14.1 ± 9.9	14.9 ± 12.5	ns
Frequency domain									
HF (ms)	384.7 ± 174.0	445.5 ± 220.4	ns	372.1 ± 157.7	618.6 ± 425.1	ns	461.5 ± 270.7	434.4 ± 265.0	ns
LF (ms)	1312.5 ± 864.3	422.6 ± 292.5	0.027	850.2 ± 435.5	403.9 ± 285.8	0.009	557.5 (420.0–1280.7)	825.5 ± 769.9	ns
LF/HF	4.2 ± 3.8	1.2 ± 1.0	0.082	2.9 ± 2.3	0.9 ± 0.8	0.043	1.6 (1.3–2.2)	1.4 (1.0–2.0)	ns
HFnu	31.1 ± 22.5	54.0 ± 23.7	0.036	34.8 ± 19.4	62.0 ± 25.3	0.011	37.9 ± 18.3	40.6 ± 15.8	ns
LFnu	68.9 ± 22.5	46.0 ± 23.7	0.036	65.2 ± 19.4	37.9 ± 25.3	0.011	62.0 ± 18.3	59.4 ± 15.9	ns
Nonlinear									
SD1 (ms)	25.7 ± 7.8	25.1 ± 8.8	ns	23.4 ± 5.1	26.1 ± 7.8	ns	24.7 ± 5.6	24.6 ± 7.3	ns
SD2 (ms)	54.2 ± 16.4	37.0 ± 9.5	0.006	53.8 ± 10.0	39.3 ± 14.9	0.051	44.8 ± 13.0	45.3 ± 17.3	ns
SD2/SD1	2.3 ± 0.9	1.6 ± 0.6	0.016	2.4 ± 0.8	1.6 ± 0.6	0.006	1.9 ± 0.6	1.9 ± 0.7	ns

Data are presented as mean ± standard deviation or median (interquartile range).

RRI, R wave-to-R wave interval; PRE, prestimulation; STI, stimulation; RMSSD, root mean square of successive RR interval differences; pNN50, percentage of successive RR intervals that differ by more than 50 ms; HF, absolute power of the high-frequency band (0.15–0.4 Hz); LF, absolute power of the low-frequency band (0.04–0.15 Hz); HFnu, HF power in normalized units; LFnu, LF power in normalized units; SD1, Poincaré plot standard deviation perpendicular the line of identity; SD2, Poincaré plot standard deviation along the line of identity; *p*, *p* values of PRE vs. STI; ns, no significance.

顔面への非侵襲性の刺激における刺激部位と刺激速度の影響

刺激前に比較して、刺激中の RRI は、V1 の全条件で有意に延長し ($P < 0.05$)、副交感神経活動が活発になっていた。一方、V2、V3 も刺激中の RRI が延長したが、有意差が見られたのは V2 で 0.5 秒 (10cm/s)、V3 で 5.0 秒 (1.0cm/s) の条件のみであった。また、副交感神経活動の指標である HFnu 値も、RRI と類似した結果であった。

非侵襲性の皮膚刺激が暗算ストレス時の自律神経活動に及ぼす影響

VAS の値は、暗算前と比較して、暗算中に有意に増加し ($P < 0.01$)、暗算終了後には低下した。この変化は、S、P 及び N 条件での違いは認められなかった。また、血圧反応、唾液アミラーゼの暗算前からの変化量に変化は見られなかった。一方、RRI については、P 条件及び N 条件において、暗算中に有意に低下 (それぞれ、 -40.4 ± 43.7 [ms], -37.3 ± 44.9 [ms], $P < 0.05$) したが、S 条件では、暗算前からの変化量は有意ではなかった (-31.0 ± 51.1 [ms], 下図)。

一方で、同様の実験を、仰臥位姿勢において別被験者を対象として実施したが、VAS 及び RRI は暗算中に増加したが、S、P 及び N 条件で差は認められなかった。

まとめ

顔への非侵襲性の機械的な皮膚刺激は、副交感神経活動を亢進させ、それは冷却刺激と同等であった。顔への皮膚刺激の求心路は、三叉神経の眼神経 (V1)、上顎神経 (V2)、及び下顎神経 (V3) で支配領域が異なるが、いずれの領域でも機械的な皮膚刺激は副交感神経活動を亢進させた。しかし、刺激のスピードにより反応の違いが観察された。また、暗算ストレスは、疲労感と交感神経活動が増加させたが、皮膚刺激を与えることによって交感神経の亢進が抑制された。

これらのことから、今回用いた非侵襲性の皮膚刺激ツールは、副交感神経活動を亢進させ、精神的ストレス時に生じる自律神経活動のバランスの崩れを整え、ストレスに対するセルフケアの方法となり得ることを示唆するものである。ただ、再現性の問題も確認され、さらなる検討が必要である。

<引用文献>

- 1) Hotta H, Masunaga K, Miyazaki S, Watanabe N, Kasuya Y (2012) A gentle mechanical skin stimulation technique for inhibition of micturition contractions of the urinary bladder. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical* 167:12-20

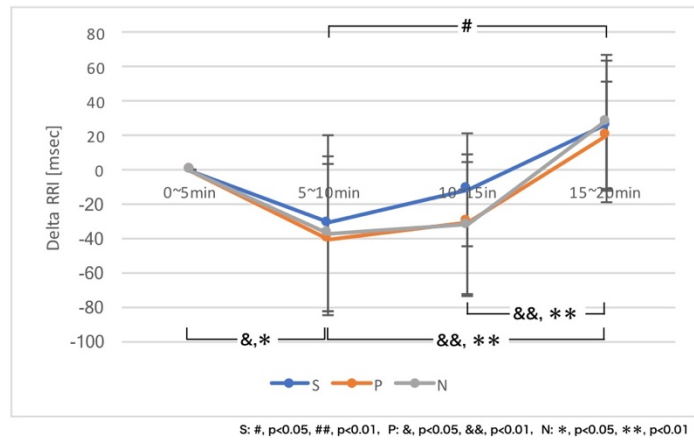


図 暗算ストレスによるRRIの変化

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Hoshikawa Hidetoshi, Sawazaki Kenta	4. 巻 29
2. 論文標題 Effects of elastomer roller stimulation of facial skin on autonomic nervous activity	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Clinical Autonomic Research	6. 最初と最後の頁 127 ~ 128
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1007/s10286-018-0582-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 星川秀利, 沢崎健太	4. 巻 34
2. 論文標題 顔面部への非能動型接触鍼による非侵襲性の機械的皮膚刺激が安静時の心臓副交感神経活動に及ぼす影響	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Eastern Medicine	6. 最初と最後の頁 41-48
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Hidetoshi Hoshikawa, Kenta Sawazaki, Hiroyuki Nkazawa, Takayasu Murakami
2. 発表標題 Effects of Noninvasive Skin Stimulation by Microcones on Autonomic Nervous Activity during Mental Stress Task
3. 学会等名 WFAS 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hidetoshi Hoshikawa, Kenta Sawazaki, Hiroyuki Nakazawa, Takayasu Murakami
2. 発表標題 The effect of non-invasive mechanical stimulation to the facial skin on autonomic nervous activity at rest in human.
3. 学会等名 第10回 台北国際中医学術論談 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 星川秀利, 沢崎健太
2. 発表標題 エラストマー性ローラーによる顔面への皮膚刺激が有酸素運動後の自律神経活動に及ぼす影響
3. 学会等名 日本体育学会 第70回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hidetoshi Hoshikawa, Kenta Sawazaki, Hiroyuki Nakazawa, and Takayasu Murakami
2. 発表標題 Effects of Noninvasive Mechanical Skin Stimulation to the Cavum Concha by Microcones on Autonomic Nervous Activity during Mental Arithmetic Task.
3. 学会等名 WFAS 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	沢崎 健太 (SAWAZAKI Kenta) (80387935)	常葉大学・健康プロデュース学部・教授 (33801)	