

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 1 日現在

機関番号：14401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23659743

研究課題名（和文）

ソニフィケーション(情報の可聴化技術)を用いた疼痛治療デバイスの開発

研究課題名（英文）

The development of a pain treatment device using sonification technology

研究代表者

中江 文 (NAKAE AYA)

大阪大学大学院医学系研究科・特任准教授

研究者番号：60379170

研究成果の概要（和文）：

本研究は「痛みと音」に着目し、痛みを「音」で把握できるデバイスを作成する元となるデータを取得した。数種類の生体除法モニターの痛みによる変化を検討した結果、パルスオキシメーターを用いて測定可能な末梢循環の指標「Perfusion Index (PI)」が最も鋭敏であった。音による痛みの変化を音の快不快、主観的痛みの強度、Perfusion Index を組み合わせで解析した。Perfusion Index は若年者ではきわめて反応性の良い指標であるが、高齢者では大きな変化が見られない可能性があること、不快音に対する反応に比べ、快を誘導する音の反応に個人差があることが明らかになった。さらに、ペインクリニック患者においてはコントロール条件の主観的痛み強度が健康被験者に比し高く、音による誘導を受けにくい可能性も示唆された。

研究成果の概要（英文）：

We conducted the research focused on "pain and sound" and performed the basic data to reflect the painful situation to create a device that can grasp the pain in the "sound". Firstly we tried to use many kinds of monitoring systems and we found out that "Perfusion Index", which can be analyzed using pulse oximeter and reflect the autonomic response analyzed by peripheral perfusion change, was the most sensitive indicator. Then, we performed the experimental heat pain study with comfortable and unpleasant sounds, and analyzed the subjective pain intensity and perfusion index. It was revealed that perfusion index was a more sensitive indicator for younger people than for older people. Moreover, uncomfortable sound effect was almost the same, but the sound effect which we predicted it comfortable for everybody has an individual differences. The average subjective pain intensity was higher in patients with chronic pain compared to healthy subjects. Patients with chronic pain tended not to be influenced their pain intensity by any sounds.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：麻酔学

科研費の分科・細目：疼痛医学

キーワード：情動・痛み・sonification・音

1. 研究開始当初の背景

IASP の定義においても痛みは情動体験 (emotional experience) であることを明らかにしている。痛みの情動的側面は複雑なメカニズムが働いており、現在解明が進みつつある分野である。また、音と情動に関する研究はよくなされているが (Antunes R, et al., 2010 J Neurosci 30(29))、音と痛みに関する研究は不快な音と痛みの関係について存在するのみで (Martin PR, et al. 2005, Headache 45(10))、非常にまれである。痛みと情動は密接な関係があり、痛みの情動面を制御する戦略は鎮痛を考える上で重要である。

痛みの情動的側面を制御する戦略は鎮痛を考える上で重要であり、その情動面に positive に作用し得る音に着目した研究はこれまでにない。

Sonification (情報を音に変換する技術)

は、医療の世界ではパルスオキシメーターに使われている、情報のある変換方式を用いて音として認識させる技術である。パルスオキシメーターの場合酸素化の低下に伴い音が低くなるようにプログラムされている。

今回本学とビーレフェルド大学との大学間協定により Sonification の世界第一人者である

トーマス・ハーマン博士

(<http://www.sonification.de/thermann/index.shtml>) との繋がりを得て、ハーマン博士が複数の情報を同時に複数の音で同時にならし、情報を伝える技術を開発されていることを知った。そこで、我々のモニタリング技術と博士の Sonification テクノロジーを結び付けることで新たな技術開発を目指せると考え、この研究を提案した。

2. 研究の目的

本研究は「痛みと音」に着目し、痛みを「音」で把握できるデバイスを作成すると共に、「音」で鎮痛を誘導する機器の開発を目標とする。そのために情報を音に変換する技術 (Sonification) を用いる。

1. 痛みを伴う身体的状況を、様々な生体モニターから取り出した情報を音に変換する技術 (Sonification) を用いて、治療者のみならず患者にとって痛みにより有利な状況を客観的に容易に判断できる機器を開発する。

2. 痛みをやわらげる音の研究を行い、上記技術と連動させ、音による理学療法の可能性を探る。

3. 研究の方法

1) 生体情報モニターでの指標の検討

①ペインビジョンを用いた電気刺激でそれぞれの被験者について最小感知 (初めて何か感じた電流値)、痛みを感じ始めた電流値

(PDT)、と我慢できない電流値 (PT) を測定した。最初の 5 例について心電図、血圧計筋電図・パルスオキシメーターを装着しその変化を観察した。

②パルスオキシメーターが最も鋭敏な指標であることが分かった後はパルスオキシメーターのみを装着し電気刺激の PT 測定時の前後の反応を見た。

2) 音が痛み強度と生体に与える影響の検討

①ハーマン博士が、従来の音と認知の報告を

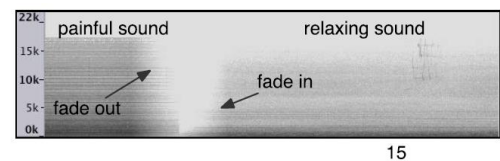


Figure 1: Spectrogram of the stimulus transition from painful sound to relaxing sound: a 2 s fade out/fade in ensures smooth transition between stimulus types.

参考に快情動を誘導する音と痛みを誘発する音を作成した。

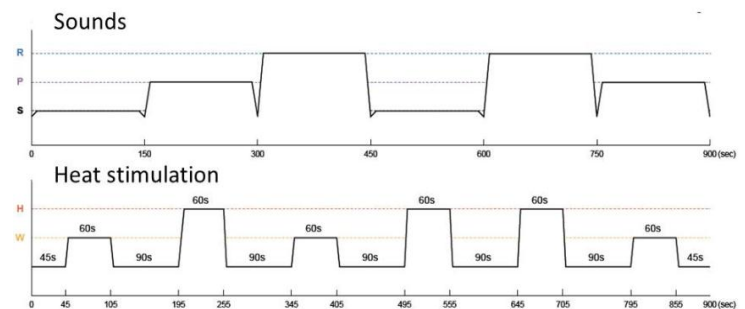


Figure 2.

②頂いた音に合わせて、熱刺激プログラムを行った。

③精神疾患や慢性の痛みの既往のない健康被験者と慢性疼痛患者に文書による同意を得た後、熱刺激と音を組み合わせる研究を行い、同時にパルスオキシメーターを装着し、それぞれの条件での変化を解析した。

④統計には JMP9.01 と多重比較には SPSS21 を用い 5% を有意水準とした。

4. 研究成果

1) ①予備実験の結果

健康被験者 5 名に対し、行った生体モニターの変化をとらえる研究において、Aβ 刺激による電気刺激で行った結果、反応が見られたのはパルスオキシメーターを装着して側的可能な PI のみであった。

②本実験の参加者

参加者は健康被験者 35 人と慢性疼痛患者 27 人に対し文書による同意を取得した後研究を来なった。年齢に有意差はなく、性別で男

	Healthy Mean ± SD (95%CI)	Patients Mean ± SD (95%CI)	P-value (H vs P)
Age	73.4±6.19 (71.3-75.6)	72.3±7.73 (69.3-75.4)	-
Sex F/M	19/16	11/16	-
PI	pre 5.07±2.49 (3.80-6.33)	3.57±1.69 (2.57-4.56)	P<0.01
	post 4.41±2.08 (3.45-5.37)	3.18±1.58 (2.34-4.03)	P<0.05
PR	pre 66.5±9.96 (61.4-71.5)	74.8±13.3 (67.0-82.7)	P<0.01
	post 67.0±10.6 (61.6-72.3)	75.3±13.2 (67.6-83.1)	P<0.01

性患者が若干多い傾向であったが統計学的に優位さを認めなかった。(表1)

表1. 参加者の Perfusion Index と脈拍数の違い

刺激前の PI, PR はともに健康被験者と患者で異なっていた。健康被験者で PI が高く、PR が低いという結果であった。このことは患者において、痛みによる交感神経の持続的な興奮状態を反映していることが示唆された。

③患者・健康被験者における刺激前後の PI

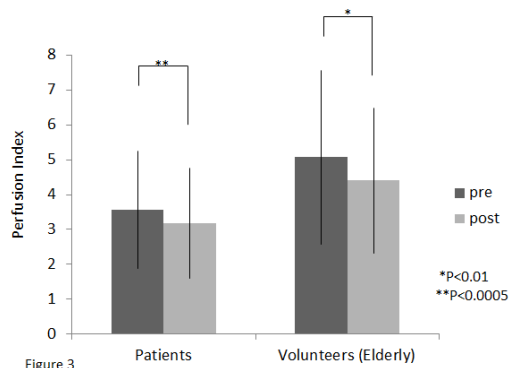


Figure 3

の違い

図3のように年齢をマッチさせた健康被験者と患者において、双方とも刺激の前後で PI の低下を認めたが、患者と健康被験者の間では有意差を認めなかった。特に健常者で大き

	Elderly Mean ± SD (95%CI)	Young Mean ± SD (95%CI)	P-value (H vs P)
Age	73.4±6.19 (71.3-75.6)	32.0±9.49 (28.9-35.0)	P<0.0001
Sex F/M	19/16	16/24	-
PI	pre 5.07±2.49 (3.80-6.33)	3.81±2.11 (2.90-4.71)	P<0.05
	post 4.41±2.08 (3.45-5.37)	1.98±1.17 (1.18-2.78)	P<0.0001
PR	pre 66.5±9.96 (61.4-71.5)	73.2±10.5 (68.3-78.2)	P<0.01
	post 67.0±10.6 (61.6-72.3)	74.4±12.4 (68.5-80.2)	P<0.01

なばらつきを認めるデータであった。

④若年・高齢健康被験者間の違いについての検討

表4. 年齢間の違い
次に健康被験者を 60 歳以上とそれ以下の

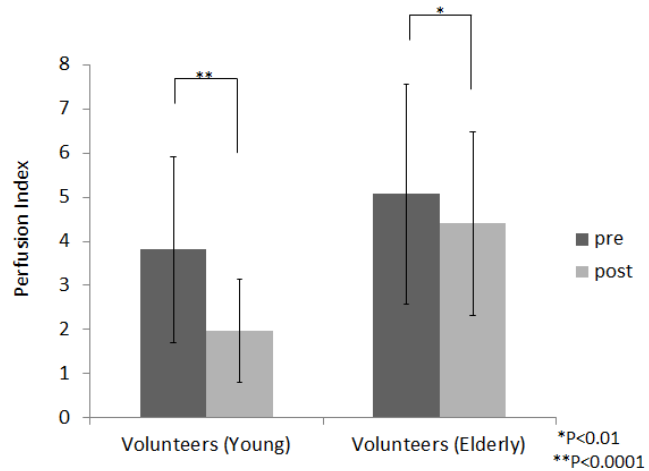


Figure 4

被験者に分けた検討を行った。その結果、PI の前値は若年者で低く、PR は若年者で高いという結果となった。

さらに、刺激前後の比較を行ったところ、対応のある t 検定の 2 群間の比較により p<0.005 と有意に若年者の方が刺激前後の差が大きいという結果が得られた。このことは、PI は若年者により有用な指標になることが明らかとなった。

2) 音による痛みの変化に関する研究

①参加者

参加者は慢性疼痛患者 18 名と健康被験者 32 名であった。平均年齢に有意差はないが今回の対象患者において高い傾向にあった。慢性疼痛の原因疾患は帯状疱疹後神経痛と腰部

	Patients with chronic pain	Healthy volunteers
Age (Mean ± SD)	67.7 ± 10.3	57.8 ± 19.9
Sex (F/M)	9/9	15/17
Causes of neuropathic pain	6 postherpetic neuralgia 6 lumbar canal stenosis 3 spinal cord injury 1 complex regional pain syndrome 1 post-surgical pelvic pain 1 trigeminal neuralgia	

脊柱管狭窄症が 6 名ずつと最も多く、3 名の脊髄損傷患者が含まれた。しかし、その障害レベルは腰椎レベルであった。

表5. 音と痛み研究の参加者の背景

②すべての参加者の結果の概要

予備実験の結果、設定温度を低温 (44℃: 多くの被験者が弱い痛みを感じる温度を想定)、高温 (46℃: 多くに被験者が強い痛みを感じる) と設定し、同時に痛みを誘発する

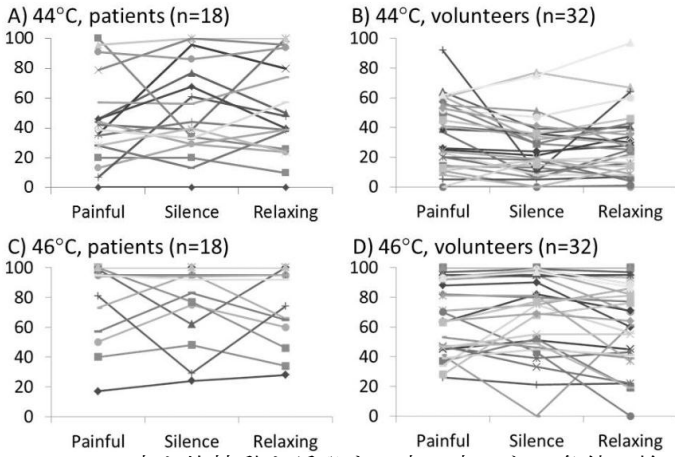


図5. 全参加者の条件間の痛み強度

図で観察されるように特に 44 度の低温条件においては健康者では痛みを誘発する音で示す主観的痛み強度が高く快情動を誘発する音では低い傾向がみられる参加者がみられるが、患者においては同様の傾向を認めな

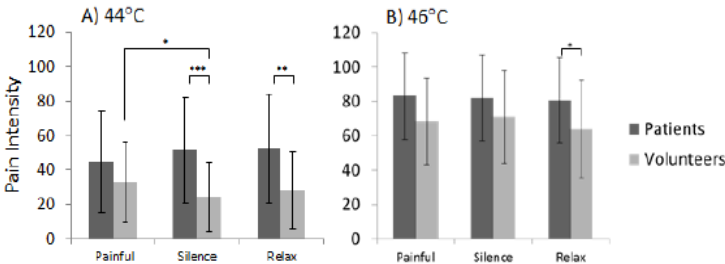


図6. 異なる音条件での主観的痛み強度の違い
 ③ 各温度・各音条件における主観的痛み強度の患者、健康被験者間の違い

かった。
 ④ 刺激前後の PI の変化
 熱刺激の前後の PI の違いについての検討を行った。44 度の低温条件においてデータのばらつきはあるものの、いずれの音条件においても刺激前後の有意な差を認めなかった。このことは、44 度は多くの被験者において、体の自律神経反応を惹起するほどの痛み刺

激ではなかったことが示唆される。一方 46 度の高温条件においては、患者の快情動を誘発する音条件を除いてすべての条件で患者・健康被験者共に刺激前後で PI の値に差を認めた。このことは 46 度の温度条件は多くの被験者にとって自律神経を介

した反応が出現し得る温度であったと考えられた

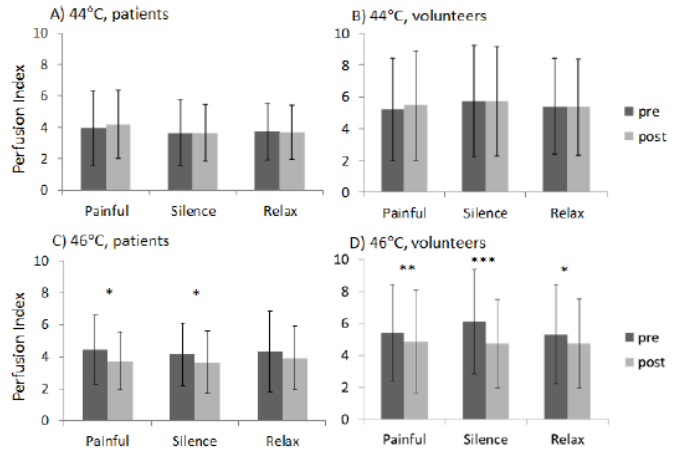
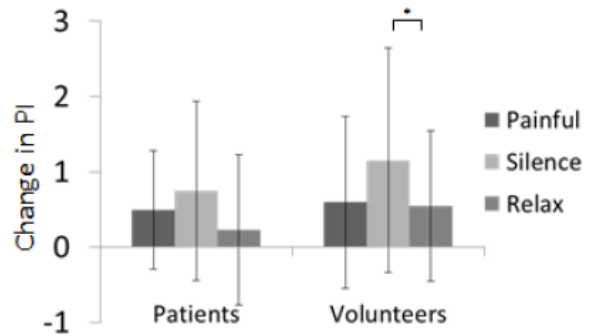


図7. 異なる温度条件・音条件における



PI の変化
 ⑤異なる音条件における熱刺激前後の PI 変化の違い

図8. 46 度条件における PI の変化率の違い
 音の効果を検討するために、PI の変化値についての検討を行った。繰り返しのある検定を行ったところ、患者においては 3 群間で有意差を認めなかったのに対し健康被験者群については音なし条件と快情動を誘発する音条件の間に有意な変化の減少を認めた。変化が少ないということは、すなわち、自律神経反応が弱くしか起こらなかったという状況を意味すると考えられ、健康被験者においては心地よい音の効果を間接的に示したものとと言える。

しかし、痛みを誘発する音での変化との差は見られておらず、痛みを誘発する音そのものにも痛みを誘発するだけでなく、注意を痛みよりそらすという効果が出ている可能性

も考えられ、音の情動への作用以外の要素を今後考慮していく必要性が考えられた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

- ① A. Nakae, T. Hermann, T. Ikeda, T. Sakurai, T. Adachi, H. Ito, T. Nishimura, M. Shibata, M. Osaka, T. Mashimo. Pain Modulation by Negative and Positive Emotional Sounds. Neu PSIG 2013 proceeding in press.
査読有
- ② 西村俊輝、中江文、眞下節、実験的痛みと末梢循環の変化、PAIN RESEARCH、査読有、27 巻、2012、123

[学会発表] (計 2 件)

- ① 西村俊輝、中江文、眞下節、実験的痛みと末梢循環の変化、第 34 回日本疼痛学会、2012. 7. 20~21、熊本司国際交流会館
- ② A. Nakae, T. Hermann, T. Ikeda, T. Sakurai, T. Adachi, H. Ito, T. Nishimura, M. Shibata, M. Osaka, T. Mashimo. Pain Modulation by Negative and Positive Emotional Sounds. NeuPSIG 2013 May 23rd 2013 Toront Canada

[図書] (計 1 件)

Cognitive Neuroscience Robotics Elsevier
“Mechanisms of Pain” Chapter 7 in press

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中江 文 (NAKAE AYA)

大阪大学大学院医学系研究科・特任准教授
研究者番号：60379170

(2) 研究分担者

池田 尊司 (IKEDA TAKASHI)

大阪大学大学院人間科学研究科・特任助教
研究者番号：80552687

眞下 節 (MASHIMO TAKASHI)

大阪大学大学院・名誉教授
研究者番号：10110785