

令和 5 年 6 月 11 日現在

機関番号：15101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K09550

研究課題名（和文）情動刺激で惹起される脳活動の測定に基づく慢性腰痛患者の評価の試み

研究課題名（英文）Assessment of brain activity in patients with chronic low back pain using a non-contact brain activity detection sensor

研究代表者

谷島 伸二（SHINJI, TANISHIMA）

鳥取大学・医学部・講師

研究者番号：20747068

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：我々は慢性腰痛患者が腰痛に関する話題を聞くことで脳がどのように反応しているかに注目し研究した。腰痛に関する話題を患者に聞かせ顔色の変化と脳反応を測定したところ、腰痛患者は腰痛に関する言語刺激で脳の記憶領域である海馬と言語中枢である上側頭回が賦活化されること、そして顔色の変化とこれらの脳活動は相関することが判明した。結果として顔色から脳反応を推測する可能性がある。

研究成果の学術的意義や社会的意義

慢性腰痛者は腰痛を惹起する絵などを見ることで、脳の記憶領域は惹起されることが知られている。これは腰痛というイメージは脳に刷り込まれており、腰痛を持たないものと明らかに異なる脳活動を示していることを明らかにした報告である。一方でこういった研究ではfMRIなどの大規模な機材を用いる必要があり、容易に脳活動を検査することはできなかった。今回脳活動の一部が顔色変化と相関していたことで、顔色の変化をとらえると脳活動が推測できる可能性が示唆された。顔画像という取得しやすい生体情報から脳活動を推測できる可能性が示唆されたことは社会的にも学術的にも意義が大きいと思われる。

研究成果の概要（英文）：We focused on how chronic low back pain patients' brains respond to listening to topics related to low back pain. We found that patients with low back pain showed activation of the hippocampus, a memory area of the brain, and the superior temporal gyrus, a language center, by verbal stimuli related to low back pain, and that changes in facial color correlated with these brain activities. When the same conditions were examined in healthy subjects, the brain responses were not significant, and there was no correlation with facial color. The results suggest that patients with low back pain activate language areas and memory areas when they listen intensively to topics related to their low back pain. As a result, it is possible to infer brain responses from facial color.

研究分野：脊椎

キーワード：慢性腰痛 fMRI 情動刺激 脳活動 顔色

1. 研究開始当初の背景

腰痛には様々な原因が存在する。解剖学的には腰椎の椎間関節や椎間板の変性、脊髄神経の障害、筋肉の損傷があげられる。しかし、腰痛は慢性化することが多くなかなか改善せず、苦しんでおられる方が多く存在する現実がある。こういった腰痛は慢性腰痛と呼称されている。慢性化の原因として痛みや社会生活上感じておられるストレスが原因となっているものもある。我々は普段、腰痛の原因を外来での触診や X 線、MRI、CT などによる画像診断で診断を行っている。しかし、ストレスが慢性的な腰痛の原因となっているかどうか評価することは非常に困難である。慢性疼痛患者は痛みに対して敏感になっており、痛みを惹起する質問や画像などを見ると脳が興奮しやすい状態（情動変化が過敏に生じる状態）にあると考えられる。こういった脳の興奮をとらえる検査として最近では fMRI、PET - CT が行われている。本検査では痛みに関する脳の活性化をとらえることが可能である。しかしながら、本検査は容易に行える検査ではない。我々は、脳が活発に活動していることを検知するセンサー（非接触型脳活動センサー）を準備した。本センサーは非接触型の脳活動のセンシングシステムである。これは顔面の血流量をビデオカメラから測定できるシステムである。ビデオ画像から得られた RGB(red, green, blue)画像データから顔の血流量変化を紅斑指数に変換する。この紅斑指数が、無刺激の状態の紅斑指数とどれだけ変化したかを数値化して計測することで、脳活動変化を客観的に評価できる。脳は何らかの刺激を受けると脳が放熱する。その放熱量と顔面の血流量は相関することが知られており（参考文献[1]）、本センサーでとらえる顔面の血流量は脳活動量をとらえていると判断できる。我々は本センサーを用いることで、慢性腰痛症例でかつ腰痛が原因で心理障害が生じている症例が腰痛に関する話題を聞くことで顔色が変わることを報告した（ISSLS 2018 発表）。一方で本センサーは顔面の血流から脳活動を評価しているため、脳のどの分野が活動しているかは不明のままであった。

2. 研究の目的

慢性腰痛患者の脳活動を非接触センサーと fMRI で検査し、腰痛による心理障害の各々のモダリティで行い、非接触センサーが fMRI と同様に有用であるか検討することにある。

3. 研究の方法

対象は3か月以上持続する慢性腰痛症例腰痛とした。腰痛は Numerical Rating Scale (NRS) 5以上とした。腰痛群は20例（男性10例、女性10例）であり、平均年齢は55.2歳であった。年齢性別をマッチさせた対照群20例（男性10例、女性10例）、平均年齢54.5歳とした。次に腰痛と心理障害を評価する質問紙に回答いただく。質問紙は Oswestry disability Index (ODI) Japanese Orthopaedic Association Back Pain Evaluation Questionnaire (JOABPEQ) Pain Catastrophizing Scale (PCS)、Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS) を使用した。顔画像解析はヘッドホンとカメラを装着し（図1）、腰痛に関連する話題と腰痛に関連のない話題を流す。同時にカメラで顔画像を撮像し、顔画像から顔色の変化を解析し定量化する。定量化した数値は RGBCC (Red, Green, Blue, correlation coefficient) として評価した。RGBCC は 0 - 1 で算出され、顔色変化の大きさは数値の大きさと正比例となる（参考文献[2]）。同様に fMRI でも同じ質問を音声で被験者に流した。腰痛に関する話題を聴取している状況を Pain Condition、腰痛に関連のない話題を聴取している状況を General Condition として、脳反応を計測した。fMRI は MarsBar で解析を行い、脳反応は値として算出した。脳反応は聴覚・言語領域と情動記憶領域が反応すると考え、ヘシュル回、上側頭回、島、海馬、扁桃体、内側前頭回、前帯状皮質とした。値の比較は Pain condition, Neutral Condition, Pain-Neutral の3条件とした。

統計解析は腰痛群、健常群において、RGBCC を 2 群間検定 (Mann-Whitney U テスト) で比較した。

また脳各所の脳反応の値も同様に比較した。

情動記憶領域の値と質問紙の各スコアの相関、RGBCC と脳各所の相関を解析した。

4. 研究成果

(1) 腰痛群の被験者の背景

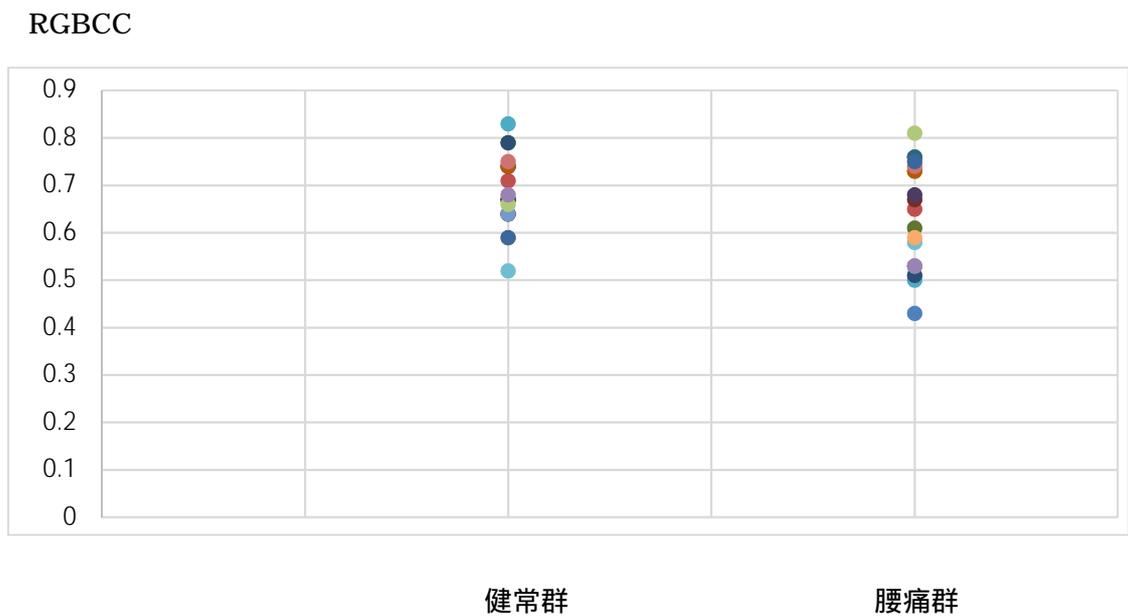
慢性腰痛群は腰部脊柱管狭窄症 10 例、仙腸関節炎 2 例、腰椎椎間板ヘルニア 3 例、非特異的腰痛 2 例、椎間板性腰痛 2 例、成人脊柱変形 1 例であった。腰椎手術歴は 4 例であった。平均罹病

期間は 82.9 か月であった。

(2) RGBCC の比較

健常群は 0.68 ± 0.08 , 腰痛群は 0.65 ± 0.10 であり 2 群間に有意差を認めなかった。

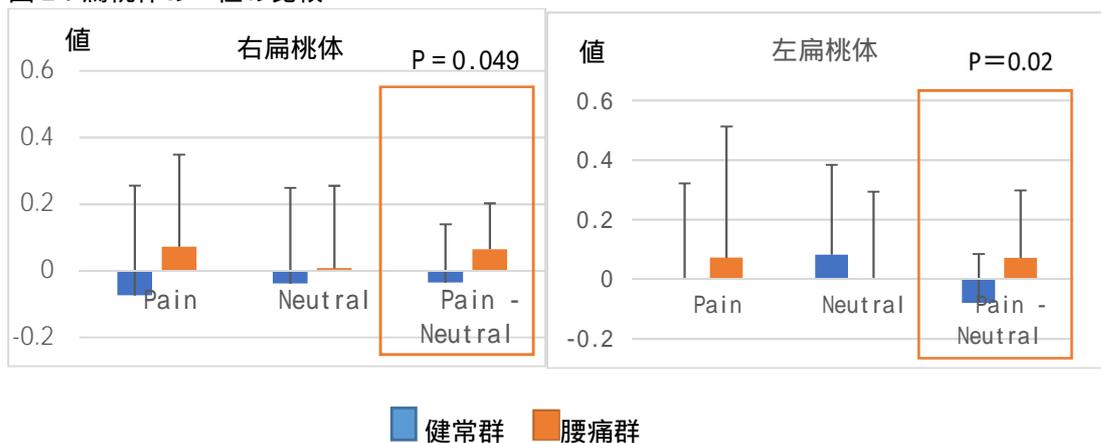
図 1 : RGBCC の比較



(3) 値の比較

対照群と腰痛群で脳の各領域の 値の比較をすると、両側の扁桃体において Pain-Neutral Condition の 値は、腰痛群は対照群と比較して高値であり、腰痛に関連する話題を聞いた時に腰痛群の症例は有意に扁桃体が活動していると考えられた。その他の聴覚・言語領域および記憶・情動領域の 値は 2 群間で差を認めなかった (図 2) 。

図 2 : 扁桃体の 値の比較



(4) 脳反応と RGBCC の相関

各脳領域の 値と RGBCC の相関を比較した。健常群において、脳の各領域の 値 (Pain condition, Neutral Condition, Pain-Neutral) と RGBCC は相関を認めなかった。一方で腰痛群においては聴覚野の中枢である右上側頭回と RGBCC、左上側頭回と RGBCC は正の相関を認めた (右 : $R=0.41$ $P=0.02$ 、左 : 0.47 $P=0.04$) (図 3) 。また腰痛群の海馬の脳反応は 値と RGBCC は左側のみ相関を認めた ($R=0.51$, $P=0.02$) 。右側は相関を認めず ($R=0.31$ $P=0.18$) (図 4) 、腰痛群はそのほかの脳領域で相関を認めなかった。

図 3 : 上側頭回 (聴覚野) の反応 (値) と顔色 (RGBCC) の相関 (腰痛群)

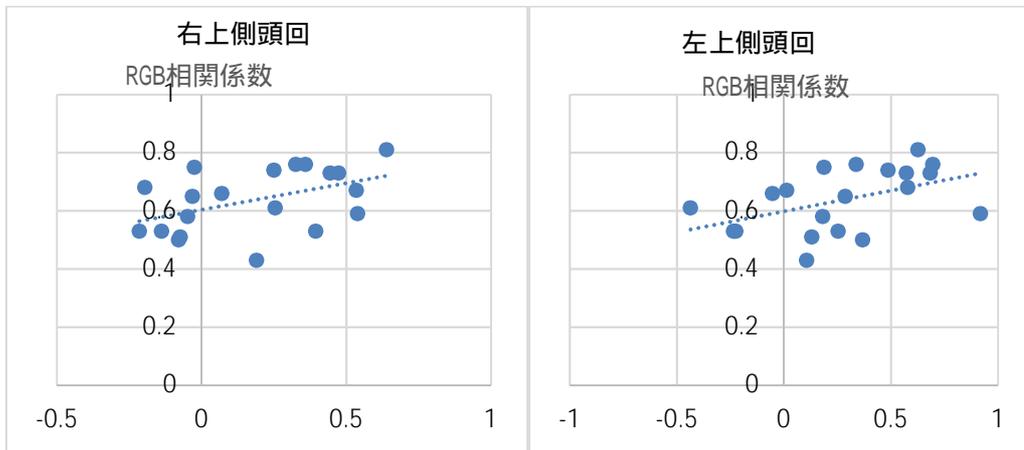
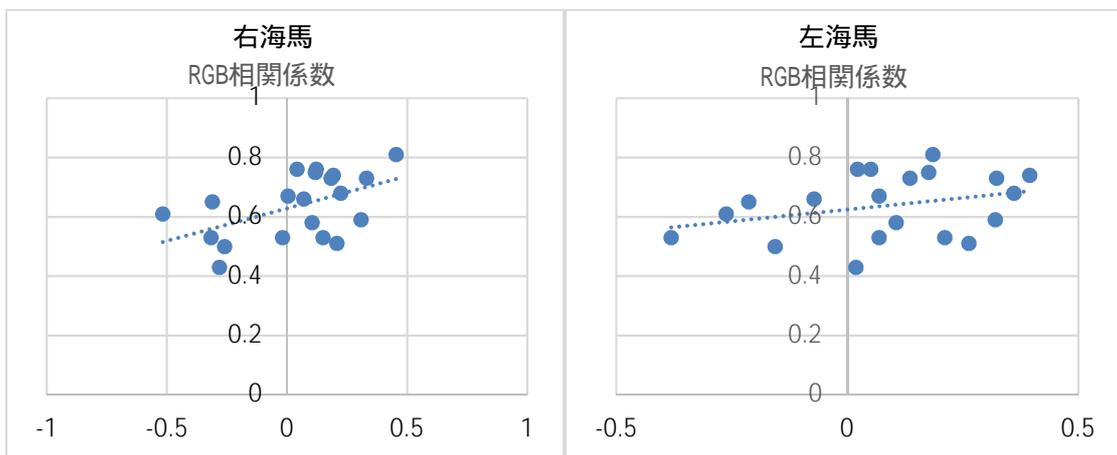


図 4 : 海馬 (記憶) の反応 (値) と 顔色 (RGBCC) の相関 (腰痛群)



(5) 脳反応と心理障害の関連

腰痛群に対して JOBEPQ の下位尺度である心理スコアと扁桃体の Pain condition における 値に間に正の相関を認めた (右 : $r = 0.47$ $P = 0.038$, 左 : $r = 0.49$ $P = 0.028$) (図 5 : a)。また扁桃体の Pain condition における 値と ODI の間には負の相関を認めた (右 : $r = -0.50$ $P = 0.024$, 左 : $r = -0.54$ $P = 0.013$) (図 5 : b)。PCS, HADS のスコアとは相関を認めなかった。ほかの領域とは相関を認めなかった。

図 5 : a 扁桃体と JOBEPQ の心理スコアとの相関

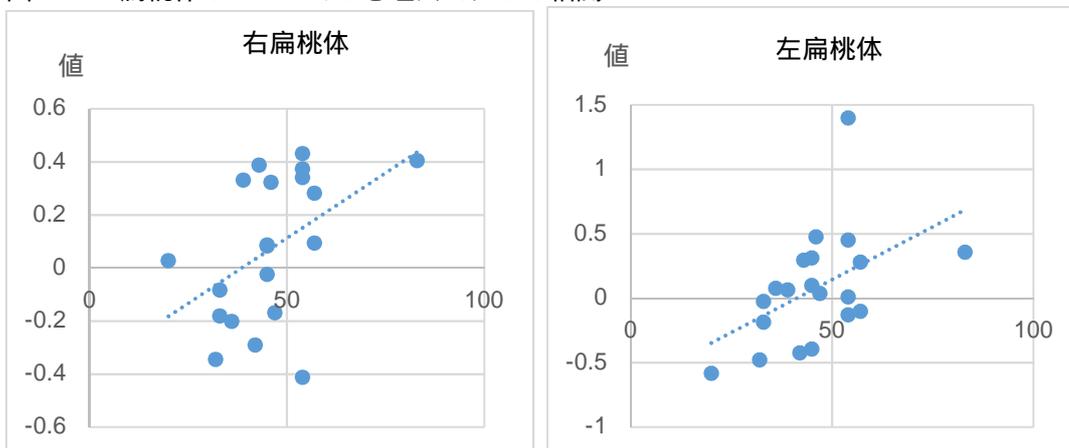
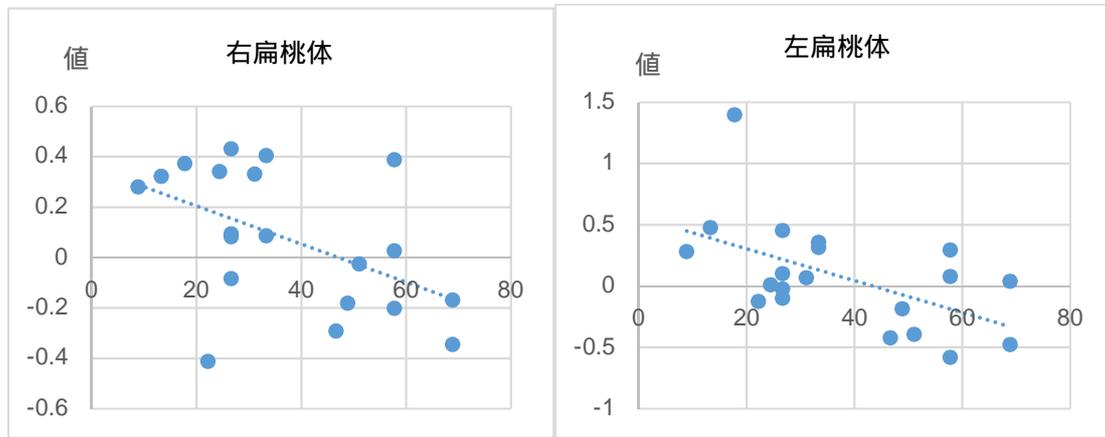


図 5 : b 扁桃体と ODI との相関



(6) 研究に関する考察

本研究では、慢性腰痛患者の脳活動と心理状態を非接触センサーとfMRIで評価した。結果として、扁桃体活性化と心理状態の負の相関を確認できた。この結果は、患者が対処戦略を形成し、それが疼痛の認知や感情反応に影響を及ぼす可能性を示唆すると考える。

一方でRGBCCに基づく顔色の評価だけでは、健常者と腰痛患者間での差異が認められなかった。しかし、慢性腰痛患者を対象とした解析では、上側頭回と海馬の一部が脳活動とRGBCCに相関していた。これらの結果は、心理状態が良好であるほど扁桃体の活動が低下し、恐怖や不安を減少させることが、脳の活動を変化させ、疼痛体験を改善する可能性があるのではないかと考えている。しかし、顔色から脳反応を推測することは困難であり、非接触センサーによる心理状態の評価は現時点では実用化の段階ではないことも示唆された。

本研究の社会的な意義としては、慢性腰痛治療に新たな視点を提供することと考えている。慢性腰痛患者の脳内の活動を客観的に評価できたことは、例えば認知行動療法に役立つ可能性があり、心理療法による腰痛改善の期待を持たせるものと考ええる。

さらに、特定の状況下で顔色変化から脳反応を推測する可能性についての結果は、十分ではないもののストレス評価や心理状態評価の新技术開発に寄与するものと考ええる。しかしこの手法は初期の段階であり、今後のさらなる検討が必要と思われる。

参考文献

1. White, M.D., J.G. Greiner, and P.L. McDonald, *Point: humans do demonstrate selective brain cooling during hyperthermia*. J Appl Physiol (1985), 2011. **110**(2): p. 569-71; discussion 581-2.
2. Tanishima, S., et al., *Relationship between Facial Color Changes and Psychological Problems Associated with Lower Back Pain*. Medicina (Kaunas), 2022. **58**(10).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 谷島伸二
2. 発表標題 慢性腰痛患者における脳活動の解析 言語刺激による検討
3. 学会等名 第51回日本脊椎脊髄病学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 谷島伸二
2. 発表標題 慢性腰痛と脳反応
3. 学会等名 第29回腰痛学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 谷島伸二
2. 発表標題 情動刺激で惹起される脳活動の測定に基づく慢性腰痛患者の評価の試み
3. 学会等名 2020年日本脊椎脊髄病学会Asia Traveling fellow
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	小谷 泰則 (Kotani Yasunori) (40240759)	東京工業大学・リベラルアーツ研究教育院・助教 (12608)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------