

【研究報告】

身体部位を使用したメンタルローテーション課題が 疼痛に及ぼす影響

The Effects of Mental Rotation Tasks on Pain

福岡 千枝¹⁾, 元村 直靖²⁾

Chie Fukuoka¹⁾, Naoyasu Motomura²⁾

キーワード：メンタルローテーション, 疼痛, 運動イメージ

Key Words: mental rotation, pain, motor imagery

抄録

慢性疼痛や幻肢痛に対する運動イメージ療法は一定の効果が確認されているが、急性疼痛に対する運動イメージ療法の除痛効果や訓練方法は報告が見当たらない。運動イメージ想起により除痛効果が確認されれば、受傷後の固定期間から治療に運動イメージを使用することが有用となる。本研究の目的は、運動イメージ想起により即時的・短期的な除痛効果が認められるのかを検査することである。運動イメージの想起には身体部位を用いたメンタルローテーション課題を使用した。即時的・短期的な除痛効果の検査には、5分程度の実験にて課題前後の疼痛の程度を Visual Analogue Scale (VAS) にて比較した。その結果、課題後有意に疼痛が軽減した。

Abstract

The therapeutic effects of motor imagery on chronic and phantom limb pain have been confirmed. However, there have been no reports on pain management or methods of training using it for patients with acute pain. If motor imagery is proven to reduce pain, it may become applied to treatment during a period of immobilization after injury. Therefore, this study examined its immediate and short-term pain-relieving effects. A mental rotation task for motor imagery involving body areas was performed by patients with fracture, and its immediate and short-term pain-relieving effects were examined by an approximately 5-minute experiment before and after the task, using a visual analogue scale (VAS) to compare their pain levels. After the task, their pain levels significantly decreased.

1) 医療法人友誼会 彩都友誼会病院 リハビリテーション部, 2) 大阪医科大学看護学部

I. はじめに

われわれが疼痛を感じるのはどういうときか。組織の侵襲を伴う傷を負ったときや、腹痛・頭痛・歯痛、腫瘍など、様々な要因で痛みを感じている。もしくは自分の身体に器質的変化がなくても、悲しいことに遭遇しところが痛かったり、痛そうな他者を見て自分まで痛みを感じたり、他者の悲しみに共感し自分まで痛みを感じたりといったことも、通常、痛みと呼んでいるかもしれない。痛みはわれわれの生活上で、危険を知らせて身を守る作用があり、必要以上に継続する場合にはわれわれを困らせるものでもある。

疼痛とは何か。国際疼痛学会 (IASP) では、「組織の実質的あるいは潜在的な障害に結びつくか、このような障害を表す言葉を使って述べられる不快な感覚、情動である」と定義している。近年、脳イメージング研究の進歩により、疼痛に関する脳領域の活動が解明されつつある。侵害刺激に対して第一次体性感覚野 (primary somatosensory cortex ; S I), 第二次体性感覚野 (secondary somatosensory cortex ; S II), 島, 帯状回などの複数の領域が関与しあって、活動することが明らかになっている (乾他, 2006)。このネットワークは痛み関連領域またはペインマトリックスと呼ばれ、S I・S IIで認知される感覚として判別するための経路と、島・辺縁系などで不快な感情として情報を伝える経路の2つの経路がある。疼痛を感じるということは、侵害刺激がただ感覚として伝わるだけでなく、伝わった刺激が不快情動であるという情報も認知されるということである。疼痛を与えられている他者を見たときに自分も疼痛を共感した場合の脳活動は、前帯状回や島といった、痛み関連領域の情動的側面の活動が活発になり (Singer et al., 2004), その痛みを自分のものと捉えることが報告されている (乾, 2006)。さらに、いじめなどの社会的疎外感を感じているときも、身体的な疼痛を感じているときと類似の脳活動がみられる (Eisengerger et al., 2003)。このように、われわれの脳には、実際の侵害刺激がなくても感覚と不快な情動を与えることで、痛み関連領域が活性化され、疼痛として認知される仕組みが備わっ

ているようである。逆に、脳活動によって疼痛が弱く感じることもあり、こころの状態や疼痛をどのように捉えているかでその強度が調節されるシステムがある。これは、下行性痛覚制御系といい、中脳中心灰白質 (PAG) からの出力が縫線核 (延髄中心部のセロトニン作動性核の集合) のセロトニン作動性ニューロンを活性化し、それから脊髄後索を下降して、介在ニューロンを活性化して後角において入ってくる痛覚シグナルをブロックするというモデルで、BasbaumとFieldsが初めに提唱した。その後、盛んに研究が続けられているが、いまだにこの回路の仮説は複雑に進化している。

以上のことにより、疼痛の定義に不快な感覚・情動と示されているのは、疼痛には感覚的側面と情動的側面があり、脳内で疼痛の関連領域として複雑に影響し合っているためである。すなわち、脳の中で疼痛を作り出したり軽減したりすることは可能であると考えられる。

近年、運動イメージ研究が盛んに行われており、運動をイメージすることによって実運動と同様の脳活動がみられることが明らかになっている (内藤他, 2002)。さらに疼痛に関連する研究として身体部位のメンタルローテーション課題を用いて運動イメージを想起させる実験が行われている。Schwoebelら (2001) は、3ヵ月以上にわたって上肢に疼痛を訴える患者群と健常者群で右手か左手かをできるだけ早く回答させる課題を行い、患肢と同側では反応時間の遅延が認められることを報告した。この研究において、運動イメージには実際の運動に関わる認知・神経機構が関与するため、身体的特性が反映された活動がみられるということが示唆された。本邦では、疼痛が原因で「学習された不使用」が生じた肩関節周囲炎の患者でメンタルローテーション課題を行った研究が、山田ら (2009a) により報告されており、運動機能の改善に伴って、運動イメージの想起能力も改善するとの結果が明らかになっている。さらに、治療手段としてのメンタルローテーション課題に関する報告では (山田他, 2009b), 肩関節周囲炎患者における肩関節機能向上に、メンタルローテーション介入が有用であったとしている。しかし、

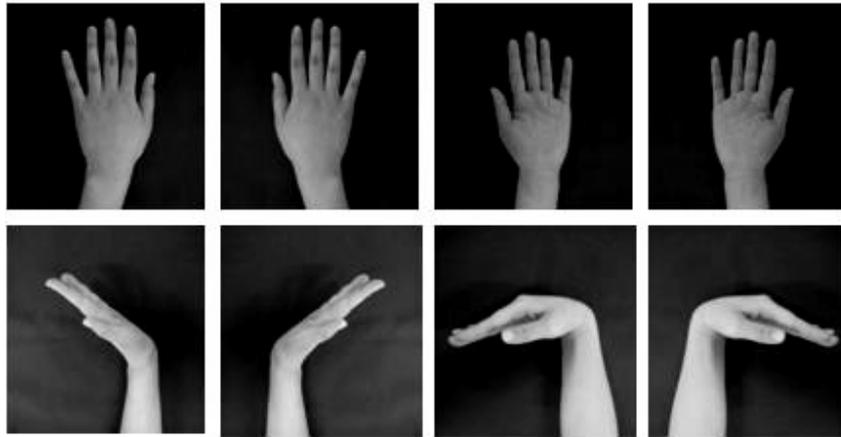


図1 メンタルローテーション課題

これらの写真を回転させ、ランダムに提示し左右を答えさせる課題。

これらの研究はいずれも、疼痛が原因で能動的な運動が制限されたことにより生じた機能障害と運動イメージに関する研究であり、受傷後間もない疼痛症例を対象とはしていない。

疼痛と運動イメージの関連性の研究が進む一方、直接運動野に電気刺激や磁気刺激を与えることで除痛に成功したとの報告もされている。大脳皮質運動野電気刺激術は、脳卒中後の疼痛に対して有効性が見いだされてから、各種求心路遮断痛に成功例が認められている。齋藤(2008)は大脳皮質運動野電気刺激術の除痛メカニズムについて解析を試み、一次運動野での電気刺激が除痛に有効であることを示した。脳の運動関連領域と除痛の関連性について十分には明らかにされていないが、何らかの関連性があることは論じられてきている。

これらの先行研究は脳卒中後疼痛や脊髄損傷後疼痛、幻肢痛などの難治性求心路遮断痛や、慢性疼痛に対する除痛効果についてであるが、臨床上、受傷後間もない整形外科疾患の症例でも、身体認識の変容がみられることを経験する。患者は患肢を通常のサイズより大きく感じていたり、正しい運動方向に動かせなかったりすることがしばしばある。つまり、疼痛そのものによって身体イメージと運動イメージが誤認識されることがあると考えられる。そこで今回の研究では、メンタルローテーション課題を用いて運動イメージを想起することで短期的に除痛効果が期待できるのか5分程度の実験を用いて検証した。

II. 目的

本研究の目的は、メンタルローテーション課題を用いた運動イメージ想起により、即時的・短期的な除痛効果が認められるのかを検討することである。

III. 方法

1. 研究対象者

上肢の整形外科疾患症例、25例(男性6例、女性19例)、年齢 54.7 ± 15.1 歳(平均 \pm 標準偏差)。全く疼痛を訴えない症例と研究への協力が得られない症例を除外し、訓練1日目の時点で疼痛の訴えがあり、本研究に協力する意思があることを確認した。診断名は骨折・不全切断・脱臼などで、疼痛の個所は肩部7例、肘部2例、手部16例(右15例・左10例)であった。

2. 研究手順

本研究では、疼痛の指標としてVisual Analogue Scale (VAS)を用いた。測定方法は10 cmの直線の両端を疼痛の程度の両極端と定義し(長谷川他, 2006)、被験者は疼痛の程度を示すと思われる場所を指し示すよう指示した。疼痛の指標は、強度を測定するもの、疼痛の性質を測定するもの、疼痛の空間的・時間的評価に関するもの、機能評価と様々なものがあるが(松原他, 2011)、本研究での評価は、疼痛の強度の変化を測定することが目的であり、急性期の評価方法として信頼性が認められているVASを用いることとした。

実験手順は、左右4ポーズの手部の写真をそれぞれ0°、90°、180°、270°に回転させた計32枚の写真を用意し(図1)、画面上に2秒間隔のスライドショーが流れるのを見るだけの目視課題と、その写真が右手なのか左手なのかを回答するメンタルローテーション課題の2課題を実施した。メンタルローテーション課題実施時には、被験者に頭の中で写真の手の形に体を合わせようイメージして回答するように指示を行った。実験前、目視課題後、メンタルローテーション課題後の計3回VAS値を測定し、その変化を指標に除痛効果を判定した(図2)。課題の写真の肢位については、今回の症例の傷害部位に合わせて、手関節の運動イメージも想起できるよう掌背屈運動を含むものにアレンジした。実験開始肢位

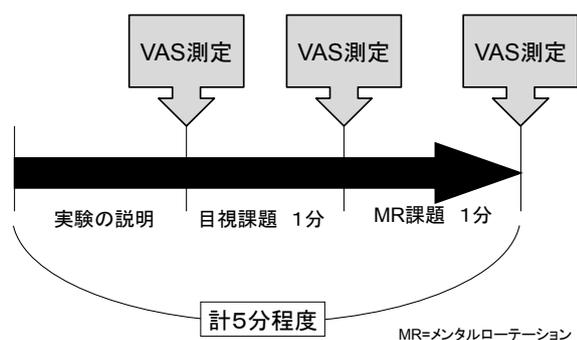


図2 実験手順

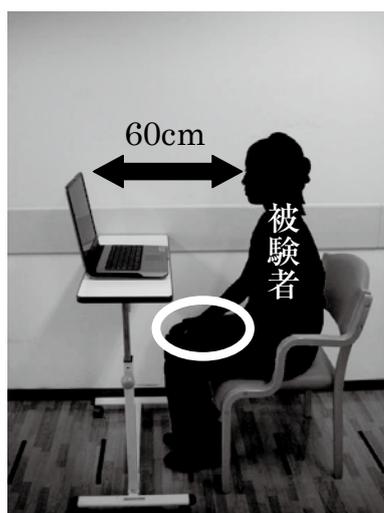


図3 実験開始肢位

パソコンディスプレイより60cm離れ、頭部は固定。
両手を膝の上に置き運動させないように指示。

(図3)は、座位にて画面から60 cm離れた場所に頭部を固定するよう指示し、被験者は両手を膝の上に置き、実験中は自分の上肢を見えないよう、また動かさないよう指示した。所要時間は、両課題とも各1分程度の計2分間、実験全体の所要時間は5分程度であった。

3. 分析方法

統計学的手法はFriedman検定を行った後、さらに多重比較検定を行い、有意水準を5%未満とした。統計ソフトはSPSS Statistics version 18を使用した。

4. 倫理的配慮

被験者への倫理的配慮に関しては、研究の目的と方法、研究への参加が任意であること、参加しない場合でも不利益を受けないこと、一度参加に同意した場合でもいつでもこれを撤回できること、個人情報保護(匿名化)の方法、得られたデータの利用範囲等について書面を用いて明確な説明を行い、同意書に署名のうえ研究への参加の意思を確認した。なお、本研究は所属していた大阪府済生会茨木病院倫理委員会による倫理審査にて承認を得ている(承認番号22-1)。

IV. 結果

各被験者のVASの推移を表1に示す。実験前、疼痛があったにもかかわらず、実験後にVASが0 mmとなった被験者は6名であった。

メンタルローテーション課題実施後のVAS値は実験前・目視課題後のVAS値より有意に低値を示した。

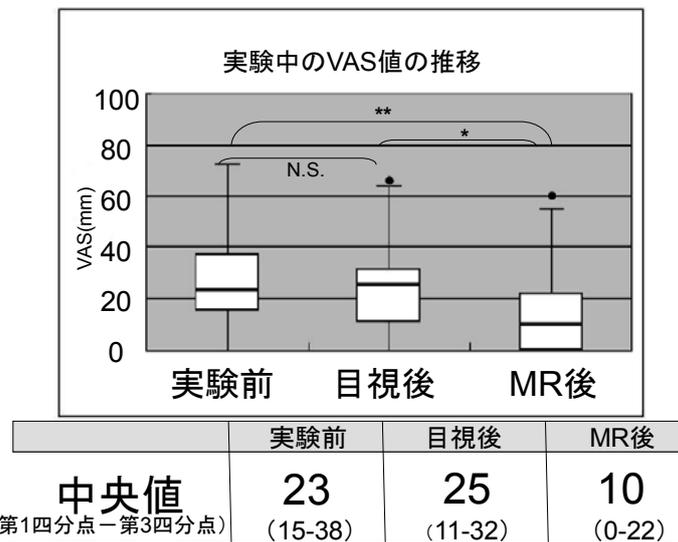
実験前のVAS値と目視課題後のVAS値に有意な差は認められなかったが、目視課題後のVAS値とメンタルローテーション課題後のVAS値 ($p < 0.05$)、実験前のVAS値とメンタルローテーション課題後のVAS値 ($p < 0.01$) ではいずれもメンタルローテーション後のVAS値が有意に低値を示した(図4)。

V. 考察

メンタルローテーション課題の即時的・短期的

表1 VASの推移 (R:右 L:左 数値はVAS:mm)

No.	受傷側	性別	年齢	受傷部位	運動時痛	実験前	目視後	実験後
1	L	男	40	肩	21	10	11	10
2	R	女	78	手	80	38	32	24
3	L	男	70	手	50	22	18	26
4	R	女	58	手	38	15	21	6
5	L	男	39	肩	58	25	32	10
6	L	女	64	肘	62	0	0	0
7	R	男	50	肩	49	0	0	0
8	R	女	53	肩	85	65	64	38
9	L	男	36	肘	88	60	58	44
10	R	女	41	肩	61	19	16	0
11	L	女	39	肘	56	30	26	13
12	R	女	66	手	56	23	25	15
13	R	女	61	手	80	52	48	60
14	R	女	56	手	48	0	0	0
15	R	女	73	手	66	0	0	0
16	R	女	42	手	10	22	20	0
17	L	女	73	手	18	15	10	0
18	L	女	79	手	40	23	25	0
19	R	女	53	肩	85	62	63	50
20	R	女	68	肩	71	44	44	22
21	R	女	33	手	56	43	39	0
22	L	男	62	手	52	28	25	10
23	R	女	66	手	43	0	0	0
24	R	女	35	手	51	36	31	0
25	L	女	32	手	28	28	26	18



Friedman検定 P=0.000, 多重比較検定 *:P<0.05 **:P<0.01 N.S.:有意差なし

図4 除痛効果に関する実験結果 (VASの推移)

除痛効果の実験において、課題実施後のVAS値は、実験前・目視課題後のVAS値より有意に低かった。このうち、メンタルローテーション課題後にVAS

が0mmとなった被験者は6名で、除痛効果が期待できるということを示唆している。

今回、目視課題を設定したのは、視覚刺激が入力

され注意の分散が起り除痛されたとの解釈を最小にするための対策である。疼痛と注意の関係においては、注意をそらすことにより、疼痛が緩和されるとの報告がある (Miron et al, 1989)。しかし、実験前と目視課題後のVASには差が認められなかったが、メンタルローテーション後のVASは有意に疼痛を減少させたことから、視覚刺激が入力され運動イメージが生成されるそのプロセスの間に何らかの除痛効果があるのではないかと考えられる。また、メンタルローテーション課題前に目視課題を設定したことによる残像などの影響は否定できないが、どのような刺激が疼痛に影響をもたらすのかの検討も含め、今後の課題と考える。

疼痛によって、患部がずいぶん大きく腫れあがっているように感じることもある。疼痛を与えられると身体イメージに歪みが生じ、実際の大きさよりも大きく感じるとの報告がされている (Gandevia, 1999)。脳内で身体イメージを決定するためには、運動を行うことによって得た体性感覚情報をもとに、絶えず身体イメージのアップデートが行われ、その都度身体イメージがつくられている (内藤, 2002)。すなわち、身体イメージを正しく保つために運動が必要で、運動を行うためには疼痛を緩和させることが必要である。以上のことより、脳内での身体イメージ、運動、除痛メカニズムには相互に関連性があると考えられる。本研究では身体部位を使用したメンタルローテーション課題の、脳内機構に関わるどの領域の時点で除痛効果があるのかということ明らかにするには限界があるが、脳の運動関連領域が除痛に関わっている可能性が示唆された。今後さらに課題遂行時の脳画像にて、その除痛効果を検証する必要がある。

一方、メンタルローテーション課題を行った後、VAS値が上昇した被験者が2例あった。ほとんどの被験者がメンタルローテーション課題を行うことで疼痛が軽減している中で、課題後にVAS値が上昇する被験者も存在するということである。すなわち、視覚刺激が入力され運動イメージが生成されるそのプロセスの間に何らかの疼痛増加作用があったものと考えられる。複合性局所疼痛症候群 (complex

regional pain syndrome ; CRPS) 患者ではメンタルローテーション内での患肢の運動でも疼痛が増強するとの報告がある (Moseley, 2004)。したがって、運動することによって疼痛を学習した被験者は、運動をイメージしただけで疼痛が強くなるという反応があるかもしれない。今回の実験では大部分の被験者に除痛効果が期待できる結果となったが、疼痛増加作用のあった被験者においては、運動イメージを想起することで脳の運動関連領域が作用し、運動イメージが疼痛の増加に関与したか、何らかの不快情動に喚起され疼痛が増加した可能性がある。

VI. 結語

メンタルローテーション課題の即時的・短期的除痛効果の実験において、課題実施後のVAS値は、実験前・目視課題後のVAS値より有意に低かった。視覚刺激が入力され運動イメージが生成されるそのプロセスの間に何らかの除痛効果が示唆された。

謝辞

本研究にご協力くださいました患者の皆様に深謝申し上げます。

利益相反

本研究における利益相反は存在しない。

引用文献

- Eisenberger NI, Lieberman MD, Williams KD (2003) : Does rejection hurt? An fMRI study of social exclusion, *Science*, 302, 290-292.
- Gandevia SC, Phegan CM (1999) : Perceptual distortions of the human body image produced by local anaesthesia, pain and cutaneous stimulation, *J physiology*, 514, 609-616.
- 長谷川守, 服部 卓 (2006) : Visual Analogue Scale(VAS), McGill Pain Questionnaire(MPQ), *臨床リハ*, 15, 160-167.
- 乾 幸二, 柿木 隆 (2006) : 痛みの脳内機構, *脳と神経*, 58, 5-15.
- 乾 幸二 (2006) : ヒト侵害受容器系の電機生理学的検索, *ペインクリニック*, 27, 1505-1517.
- 松原貴子, 沖田 実, 森岡 周 (2011) : *ペインリハビリテーション*, 三輪書店, 東京.

Miron D,Duncan GH,Bushnell C (1989) : Effects of attention on the intensity and unpleasantness of thermal pain, *Pain*, 39, 345-352.

Moseley GL : Imagined movements cause pain and swelling in a patient with complex regional pain syndrome, *Neurology*, 62(9), 1644.

内藤栄一, 他 (2002) : 身体図式 (ボディスキーマ) と運動イメージ, *体育の科学*, 52(12), 921-928.

齋藤洋一 (2008) : 大脳皮質電気・磁気刺激による疼痛治療, *総合リハ*, 36(10), 941-943.

Schwoebel J, Friedman R,Duda N, et al. (2001) : Pain and the body schema : Evidence for peripheral effects on mental representations of movement, *Brain*, 124, 2098-2104.

Singer T, Seymour B,O' Doherty J, et al. (2004) : Empathy for pain involves the affective but not sensory components of pain. *Science*, 303, 1157-1162.

山田 実, 樋口貴広, 森岡 周, 他 (2009a) : 肩関節周囲炎患者における機能改善とメンタルローテーション能力の関連性, *理学療法学*, 36(5), 281-286.

山田 実, 樋口貴広, 森岡 周 (2009b) : 肩関節周囲炎患者における簡易型メンタルローテーション介入の効果, *理学療法科学*, 24(3), 459-462.