

慢性疼痛患者に対する除痛シート使用による除痛効果の脳波研究

坂本和義*¹⁾、齊藤徳翁*²⁾、脇元幸一*³⁾、嵩下敏文*³⁾

慢性疼痛者(被験者)の痛みの発生状態を生理学的及び心理学的に評価した。生理学的評価は“脳波”を測定し、心理学的評価は、痛みの量であるVAS (Visual Analog Scales) と痛みの質であるMDS (Multi-Dimensional Scales) を測定した。慢性疼痛者の痛みは慢性的に発生していると考えられているが、実際には痛みの認識は複雑で常時疼痛が発生していないことが認められた。痛みを軽減させる除痛シート貼付後にも測定時に痛みを訴える被験者と訴えない被験者が認められた。更に、痛みを明確に評価するために、痛みが最も発生する姿勢保持をしてもらい、除痛シート貼付前後の測定(脳波、VAS、MDS)を実施した。痛み姿勢保持前後の痛みの表示状態により被験者を3群に分類した。脳波評価尺度(フェイス・スケール・スコア; FSS)を定義して除痛シート前後の脳の意識状態評価を行った。脳波によるFSS評価は、除痛シートによる除痛効果に有効であることが認められた。

The occurrence of pain for patient with chronic pain is evaluated physiologically and psychologically. The electro-encephalograph (EEG) is measured as physiological item, and both VAS (Visual Analog Scales) and MDS (Multi-Dimensional Scales), which are quantitative and qualitative methods respectively, are measured as psychological item. The pain for the patient is considered to occur all day long continuously. However, the recognition of pain is complex, so it is recognized in the study that the pain does not occur all the time. After sticking sheet to remove the pain on the region of skin shown pain, some patients show to remove the pain, while other patients complain of the pain. Furthermore, the measurements of EEG, VAS, and MDS are carried out during taking a posture to occur the maximum pain before and after sticking the sheet. The patients are classified in three groups in terms of the results. In the evaluation of patients, face scale score (FSS) on the base of EEG is defined, and conscious level of brain before and after sticking the sheet is evaluated. It is

recognized that the evaluation with use of FSS is effective to study effectiveness of the sheet to remove the pain.

Kazuyoshi Sakamoto*¹⁾, Norio Saito *²⁾,
Kouichi Wakimoto*³⁾, Toshifumi Dakeshita*³⁾

Key words: Chronic pain, Sheet with removing pain, Face Scale Score (FSS), Visual Analog Scales (VAS), Multi-Dimensional Scales (MDS)

- *1) The University of Electro-Communications, Center for the alliances with industrial and governmental relations
国立大学法人 電気通信大学 産学官連携センター
- *2) Tokai Acupuncture Moxibustion Traditional Medicine Clinic 東海鍼灸整骨院
- *3) SEISEN Orthopedic Clinic 清泉クリニック 整形外科

1. はじめに

除痛の研究は、外科手術¹⁾、薬物使用²⁻⁴⁾、物理的方法⁵⁻⁹⁾、心理的治療¹⁰⁻¹²⁾、温泉療法¹³⁾、医療機器¹⁴⁾などが行われてきたが、除痛効果を脳波で評価した研究は少ない¹⁵⁾。本報告においては、除痛シート^{16, 17)}を使用して除痛効果を脳波で評価した。

本報では、先行研究の方法¹⁻¹⁴⁾とは異なる方法を用いて除痛方法を開発した。その方法は、皮膚表面上を指または押圧棒を使用して圧迫し圧痛領域を検出した。この圧痛領域は閉領域を形成し、有圧痛領域と無圧痛領域の境目が明確に識別されることを見出した^{16, 17)}。圧痛領域の皮膚表面上にのみ除痛シートを貼付する方法である。使用する除痛シートは片面全体にゴム製の角錐型凸部が張られている。

痛みの心理学的評価は、量的評価としてVAS (Visual Analog Scales) を、質的評として多面的痛みスケールMDS (Multi-Dimensional Scales; 多面的痛みスケール) を使用した¹⁸⁾。

被験者は、上肢関節、腰関節、下肢関節の慢性疼痛者などを対象とした。これら被験者に除痛シートを貼付し、除痛効果を脳波による意識状態により評価した。

本研究において、慢性疼痛者の痛みを調べたところ疼痛が常時発生しているとは限らないことが見られた。従って、疼痛検査においては疼痛が発生する状態(姿勢保持状態)にさせて疼痛評価する必要がある。この痛みを評価する方法として、質問による心理学的方法や血圧¹⁹⁾、心拍¹⁵⁾、呼吸^{13, 20)}、発汗²¹⁾、血流^{14, 22)}などの自律神経系機能による生理学的方法が存在するが、本研究では脳波による脳神経機能により疼痛評価を行った。疼痛は疼痛発生部位からの神経活動に起因すると同時に脳の認知機能に起因している^{23, 24)}。疼痛を直接的に評価するには脳活動の評価は有用な方法であると考えられる。疼痛による脳細胞を直接測定するMRI²⁵⁾やNIRS²⁶⁾が存在しているが、測定上の問題がある。多くの疼痛状態を測定するためには被験者が立位や座位で測定する必要がある。また、姿勢の可動性が要求されることもある。これらの測定上の条件を満たすにはMRIやNIRSは適していない。最近、頭部前額部上から脳波が簡便に測定する手段が利用されるようになった²⁷⁾。脳波の波形解析技術も進歩してきた。本研究では脳波解析から被験者の疼痛

状態を客観的に評価した。

2 方法

2-1 測定項目の概要

慢性疼痛を日常訴えている被験者に対して、疼痛箇所における疼痛領域を調べ、疼痛領域内に除痛シートを貼付した。心理学的評価は質問紙(痛みの量的評価のVASと痛みの質的評価のMDS)を除痛シート貼付前後に測定した^{16, 17)}。生理学的評価は脳波を測定した。除痛シート貼付前後に脳波を測定した。慢性疼痛は常時痛みが発生する訳でないで、被験者の疼痛が発生する姿勢(痛み姿勢状態)を取らせ、痛み姿勢保持時の脳波を測定した。そして、比較のため痛み姿勢のない状態(安静状態)においても脳波を測定した。

測定全体における脳波測定と質問紙測定の実施順序および痛み領域調査と除痛シート貼付を行う順序は以下の通りである。

「A」 除痛シート貼付前：

- (1) 質問紙
- (2) 痛み姿勢を取らない状態における脳波(安静時脳波)
- (3) 痛み姿勢保持時の脳波(痛み姿勢保持時脳波)

「B」 痛みの領域調査と除痛シート貼付

- (4) 痛み領域調査
- (5) 除痛シート貼付

「C」 除痛シート貼付後：

- (6) 質問紙
- (7) 安静時脳波
- (8) 痛み姿勢保持時脳波

各被験者に対して、質問紙、安静時脳波、痛み姿勢保持時脳波を除痛シート貼付前後に各々測定した。

2-2 測定項目の詳細

2-2-1 心理学的評価

貼付シートの除痛の評価を行うにあたって、シート貼付前後において、痛みの量(程度)を最高値

[慢性疼痛患者の除痛効果の脳波研究]

100、最低値0の間で回答してもらった。痛みの量(程度)を調べる質問紙は、VAS (Visual Analog Scales) と呼ばれている。更に、痛みの質(内容)も回答してもらった。この質問紙は、MDS (Multi-Dimensional Scales) と呼ばれている。Melzack R. and Wall P.D.¹⁸⁾の方法を参考に、質問に使用されている言語の内容を増やし、痛みの程度を拡大したものを新たに作成した。作成したMDSを表1に示す。MDSの痛み評価の特徴は、痛みの質を“感覚的痛み”、“情動的痛み”、“評価的痛み”の3種類に分けて、多面的側面の痛みを評価するも

表1 MDS (多面的痛みスケール)

番号	痛み言語	痛み強度 (5点尺度)		
		感覚	情動	評価
1	何も感じない			
2	怖い		3	
3	チクチクする 又は キリでもむような	2		
4	不安な		3	
5	引っ張る痛み 又は 消えない痛み	5		
6	死ぬほどつらい		5	
7	強烈な			3
8	熱い	1		
9	苦しみもだえるような			5
10	いらいらさせられる			2
11	刺すような 又は 突くような	3		
12	恐れおののく		4	
13	耐え難い			4
14	しびれる感じ 又は ジーンとする感じる	1		
15	ぞっとするような			2
16	やけるような	4		
17	上記以外に痛みを表現 するものがあつたら答えて下さい			

番号 1 と 17 は、痛み強度を与えない。

のであり、しかも、3側面において痛みの量(痛み強度)を加えた評価方法である。

MDSの被験者の回答は、複数回答を認めた。MDSの評価は、3種類の痛みの質における回答頻度を求めた。更に、各痛み質問項目に対する回答頻度と痛み強度との積を求めて、痛みの質項目毎の痛み強度(P S: Pain Strength)を定義した。P S値が小さくなる程、除痛効果が大きいことを示している。

2-2-2 生理学的評価

生理学的評価は脳波を用いた。脳波測定解析装置はFUTEK社の型式FM717を使用した。測定センサー(2個)の電極を前頭部(Fp1とFp2間)にバンドで固定した。前額部間の電位を双極誘導により測定した。その際に基準電極は左耳朶に設定した。

測定された脳波は、設定した周波数帯域に分割し、各周波数帯域における電位を積分評価した。用いた周波数帯域(カッコ内の数値は中心周波数)は θ 波(5.0Hz)と α 波を3分割した3周波数帯域、 $\alpha 1$ 波(7.5 Hz)、 $\alpha 2$ 波(10.0 Hz)、 $\alpha 3$ 波(12.5 Hz)と β 波(22.0 Hz)の5周波数帯域を設定した²⁷⁾。ここで、各周波数帯域の脳の意識状態は次のように示されている。 θ 波は眠気とまどろみ状態を、 $\alpha 1$ 波はリラックス状態を、 $\alpha 2$ 波は弛緩集中状態(意識集中状態)を、 $\alpha 3$ 波は緊張集中状態を、 β 波は緊張状態を、それぞれ示している。

脳波測定は、疼痛状態を明確にするために、痛みを発生する姿勢を取らせた場合(痛み姿勢保持時)と痛み姿勢を取らない場合(安静時)において脳波を測定した。

安静時においては、椅座位を取り、閉眼・安静状態で脳波測定した。痛み姿勢保持時においては、痛み姿勢状態を取り閉眼で脳波を測定した。この場合姿勢保持時に殆ど被験者は椅座位であったが、椅座位が困難な場合(例、腰痛)は立位状態で痛み姿勢を保持して椅子の一部を掴んだ状態で脳波を測定した。脳波の測定時間は1分間とした。

2-3 脳波解析

測定した1分間の脳波を、測定時間(1秒間)毎に

[慢性疼痛患者の除痛効果の脳波研究]

周波数帯域 (θ , $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, β) における電位比率 (%表示) をそれぞれ求める。この割合を分布率とする。次に、これら5周波数帯域における電位比率 (分布率) のうち一番大きい周波数帯域を求めて“優勢脳波”とする。脳波測定時間全体 (1分間) において1秒毎に求めた優勢脳波の出現時間の割合を“優勢率” (%表示) と定義する。そして、優勢率を5等分して5段階表示する。周波数帯域は5帯域定義されており、各帯域において5段階に優勢率の出現率が定義されているので、5周波数帯域全体の優勢率の出現は25種得られる。優勢率25種を顔の表情で表現する方法がFUKEK社の機器で採用されている²⁷⁾。この表現は、フェイス・スケール (Face Scale) と呼ばれている。この評価は各周波数帯域の優勢率の特徴 (脳の意識状態) を表現している。

この評価方法を5周波数帯域について一次的に評価する方法があると便利であり、脳の意識状態 (まどろみ、意識集中、緊張など) を同一の尺度で評価可能になる。そこで、脳波全体 (5周波数帯域の脳波全体) の優勢率を評点化することを試みた。その方法は、まず、安静状態の $\alpha 2$ の出現率が中央値 (56%以上70%まで) の優勢率に0点 (0スコア) と設定した。そして、それより大きい優勢率の出現率が71%から85%、86%以上にそれぞれ4点と8点と評点化する。このように4点ずつ評点を加算する方法で評点化する。 β 帯域の優勢率が一番高い出現率 (86%以上) は48点、 θ 帯域の優勢率が一番高い出現率 (39%以下) は負値となり、-48点と評点化される (図1)。つまり、脳の意識状態を4点刻みで評点化して、最小値-48点から最大値+48点の範囲で一次的に評価できる。ここでは、この評点化の方法を“フェイススケール・スコア” (Face Scale Score; FSS) と呼ぶことにした。フェイススケールとフェイススケール・スコアを一緒に示した図を図1に示してある。

2-4: 貼付シートの形状と材質

除痛シートの効果を測定するために、除痛シートを

用いた。除痛シートの形状は、凸部が縦7mm、横7mm、高さ3mmの四角錐である。材質は

	θ 波が優勢	$\alpha 1$ が優勢	$\alpha 2$ が優勢	$\alpha 3$ が優勢	β が優勢
優勢脳波が86%以上	-48	-28	8	28	48
	かなり深い眠気、まどろみ	かなり安定したリラックス	かなり安定した意識集中	かなり安定した緊張集中	極度の意識分散・緊張
優勢脳波が71~85%	-44	-24	4	24	44
	深い眠気、まどろみ	かなりのリラックス	かなりの意識集中	かなりの緊張集中	かなりの意識分散・緊張
優勢脳波が56~70%	-40	-20	0	20	40
	眠気、まどろみ	リラックス	意識集中	緊張集中	意識分散・緊張
優勢脳波が40~55%	-36	-16	-4	16	36
	眠気、まどろみ傾向	リラックス傾向	意識集中傾向	緊張集中傾向	意識分散・緊張傾向
優勢脳波が39%以下	-32	-12	-8	12	32
	やや眠気、まどろみ傾向	ややリラックス傾向	やや意識集中傾向	やや緊張集中傾向	やや意識分散・緊張傾向

図1. フェイススケール・スコア (FSS)

最小値 -48 (θ 波、出現率86%以上)

中央値 0 ($\alpha 2$ 波、出現率56~70%)

最大値 +48 (β 波、出現率86%以上)

高性能熱可塑性・高分子弾性体 (セプトン) の性質

[慢性疼痛患者の除痛効果の脳波研究]

を有する低密度ポリエチレン (LDPE) である。シートは樹脂製で直径 3cm 丸型である。形状を写真 1 に示す^{16, 17)}。

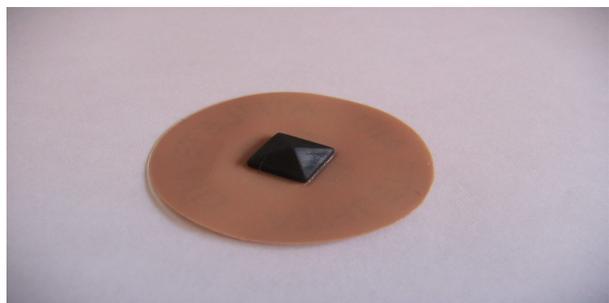


写真 1. 除痛シート (貼付面側)

2-4-1 : 疼痛部の検出とシートの貼付方法

被験者に疼痛部位を聞き、手指による触診または写真 2 に示した押し圧棒を用いて疼痛点を調べた。疼痛部周辺の外側から内側へと押圧して痛みのある部分に印を付けると、写真 3 で示したように地図状の閉領域を形成することを見出した。この閉領域にシートを満遍なく貼付する^{16, 17)}。



写真 2 押し圧棒



写真 3. 疼痛の閉領域例 (膝)

2-5 被験者

被験者総数は 41 名であり、男性 12 名、女性 29 名である。年齢は、平均 58.0 歳 (標準偏差値 19.7 歳)、年齢の最小値と最大値は 18 歳と 82 歳であった。疼痛部位は多くの部位に訴えがあった。一番多いのは腰 (14 名) で、次に、肩 (7 名)、上肢 (6 名)、膝 (5 名)、首 (4 名)、体幹 (3 名)、大腿 (1 名)、足首 (1 名) の順であった。

2-6 被験者への実験内容の説明

被験者に対するインフォームドコンセントの内容は以下の通りである。研究目的は除痛効果の評価法の研究であることを説明した。測定実施方法は、まず疼痛部を指または押し圧棒で調べ、痛み領域が形成されることを説明し、除痛シートを見せ、痛み領域に除痛シートを貼付することを説明した。そして、測定全体の概要を説明した。その後、被験者全員から同意を得た。

2-7 被験者の分類

被験者全員 (41 名) の結果では、除痛シート前後の評価量 (分布率、優勢率、フェイス・スケール・スコア) は有意な変化を検証すること出来なかった (3-1-1 節参照)。その原因は、被験者の除痛シート貼付前の安静状態における調査をすると痛みを訴える割合は多くない。そこで、痛み姿勢を保持させて痛み状態を調べると痛みを全員が訴える割合は増加した。痛みを訴えるか否かは被験者に依存した。更に、除痛シート貼付後の疼痛状態を調査すると疼痛が軽減した場合と軽減しない場合が得られた。そこで、除痛シート貼付前後の疼痛状態により、被験者を次の 3 群 (カテゴリー) に分類した。

カテゴリー I : 除痛シート貼付前に疼痛が大きく、貼付後疼痛が小さい場合。

カテゴリー II : 除痛シート貼付前疼痛を訴えるが、貼付後に疼痛の変化の少ない場合、つまり、除痛シートの効果があまり見られない場合。

カテゴリー III : 除痛シート貼付前に疼痛の少ない場合。この場合は、除痛シート貼付後に疼痛の程度は変わらない場合が多いが増加または減少する場

合も存在する。この場合は、疼痛が測定時に見られなかった場合である。

これら3群を設定する基準は、疼痛を表現する評価量 (VAS, MDS, FFS) が考えられるが、本論文では FFS を評価基準とした。疼痛の大小の判定値は FFS が20以上とした。この値は、脳波の周波数帯域が $\alpha 3$ で優勢率56%~70%の場合であり、意識レベルとしては緊張集中状態を示している (図1)。

被験者全員41名の3群の人数 (割合) は表2の通りであった。

表2：被験者に対する除痛シート貼付前後の脳波レベル (FSS) 変動による分類

カテゴリーⅠ：	9名 (22.0%)
カテゴリーⅡ：	19名 (41.3%)
カテゴリーⅢ：	13名 (31.7%)

この結果は、測定時に疼痛があり除痛シートの効果が見られたのは22%であった。その他は、測定時において、脳波の緊張状態を表出しない場合 (カテゴリーⅡ) が約41%あり、測定時に疼痛を訴えない割合場合 (カテゴリーⅢ) が約32%であり、除痛シートの効果が明確に評価されない割合は約73%であった。この結果は、慢性疼痛者の特徴を示しており、慢性疼痛者は常時疼痛を発生させていないことを示している。

ここで示した除痛シート貼付前後の被験者の分布は、常に表2の分布を示すのではなく、今回の測定時の分布であり、測定時点が異なれば被験者の分布の割合は異なることに注意されたい。

次に、除痛シートに対する効果を被験者の反応別に分類 (カテゴリー分類) を行い、種々の評価量を以下で検討した。

3. 結果

3-1. 脳波の優勢率の結果

除痛シート貼付前後における安静時脳波と痛み姿勢保持時脳波の優勢率の結果を示す。

3-1-1. 被験者全員の優勢率 (カテゴリー別でない優勢率)： 図2-1から図2-4は、2-1節で示した測定順に求めた被験者全員の優勢率の結果である。除痛シート貼付前における安静時 (図2-1) は全ての周波数帯域の優勢率は20%前後で統計的な有意差は見られない。そこで、除痛シート貼付前に被験者が訴えている痛みを示す姿勢を保持した状態における優勢率を求めると図2-2の結果となり、脳波の緊張状態を示す β 帯域の優勢率が35%を示し、安静状態 (図2-1) において示した優勢率 (20%) より多い結果を示した。統計的にも両者の対データに対する検定 (t検定) で危険率1%で有意差が認められた。

次に、除痛シート貼付後における安静時 (図2-3) は、一番大きい優勢率を示す周波数帯域は $\alpha 3$ であり、その優勢率の平均値は約30%を示した。そして、緊張を示す β 帯域の優勢率は約16%となり、除痛シート貼付前の痛み姿勢保持時 (図2-2) の35%よりも半減した。両者の差は平均値の差の検定により有意差1%が認められた。除痛シートの効果が見られている。その後の測定である安静状態 (図2-4) においては、優勢率が β 帯域は16% (図2-3) から25% (図2-4) へ増加し、他の周波数帯域は20%以下と減少した。これは痛み姿勢保持を取らない状態の結果 (図2-1) に類似していた。次に示す被験者のカテゴリー別の結果 (3-1-2節) を見ると被験者に対する除痛シートの効果が優勢率においてより明確に示される。

3-1-2. カテゴリー別の優勢率

カテゴリー別の優勢率を求めることにより、被験者群 (カテゴリー群) の除痛シートの効果の特徴が明確になる。カテゴリー別においては、優勢率の結果を痛み姿勢保持時状態を示し、安静状態は割愛する。その理由は、被験者全員の結果 (前節3-3-1) において示したように安静状態は除痛シートの効果が痛み姿勢保持状態と比較して明確に示されなかったためである。

[慢性疼痛患者の除痛効果の脳波研究]

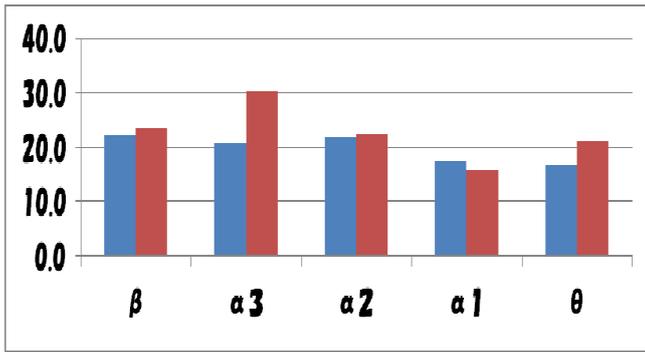


図2-1. 除痛シート“貼付前安静時”の優勢率(%)
各々の一对の縦軸は左側が平均値、右側が標準偏差を示す(以下の全ての図も同様)。

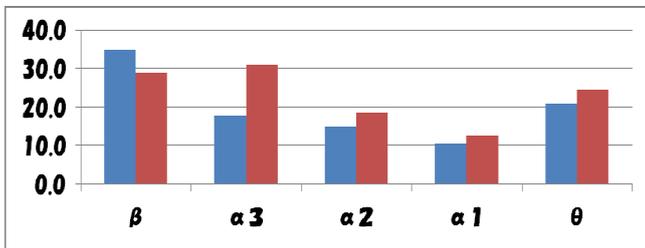


図2-2. 除痛シート“貼付前痛み姿勢保持時”の優勢率(%)

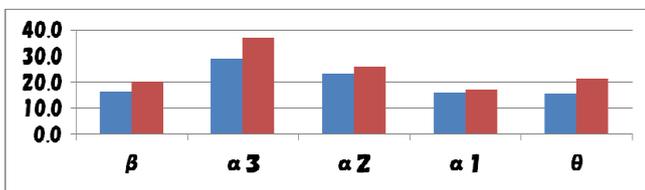


図2-3. 除痛シート“貼付後安静時”の優勢率(%)

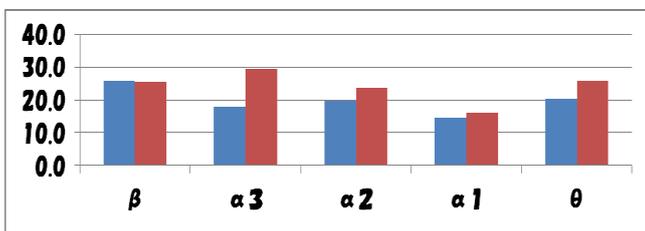


図2-4. 除痛シート“貼付後痛み姿勢保持時”の優勢率(%)

カテゴリーIの優勢率: 除痛シート貼付前における痛み姿勢保持時の脳波の特徴は、 β 帯域の優勢率が約55%であり(図3-1)、除痛シート貼付後

(図3-2)には約半減し、両者の差は平均値の差の検定により有意差1%であった。他の周波数帯域の優勢率は略20%を示した(図3-2)。除痛シートの効果が示される被験者群であった。

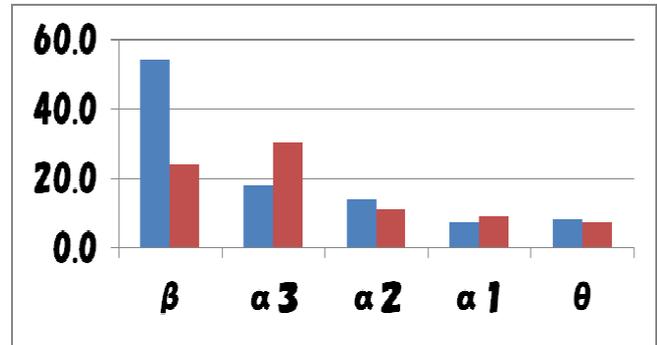


図3-1. 除痛シート“貼付前痛み姿勢保持時”の優勢率(%)「カテゴリーI」: 一对の縦軸は左側が平均値、右側が標準偏差値(以下同様)

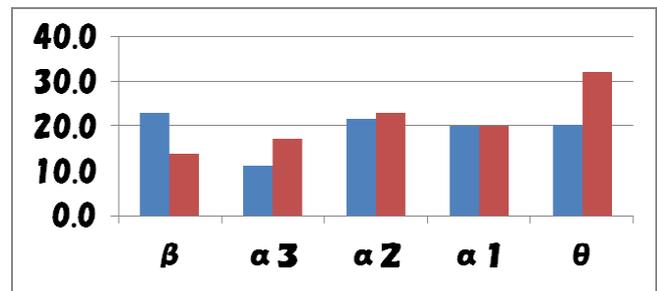


図3-2. 除痛シート“貼付後痛み姿勢保持時”の優勢率(%)「カテゴリーI」

カテゴリーIIの優勢率: 除痛シート貼付前において β 周波数帯域が大きく約35%であり(図3-3)、除痛シート貼付後も類似の値を示した。他の周波数帯域の優勢率も類似していた(図3-4)。両者の差は平均値の差の検定により有意差は5%で認められなかった。このカテゴリーの被験者は痛み姿勢保持時に脳波は β 周波数帯域が高く、緊張しているが、除痛シート貼付後も同様の優勢率を示しており(図3-4)、除痛シートの効果は認められなかった。 β 周波数帯域の優勢率は除痛シート貼付前後に

[慢性疼痛患者の除痛効果の脳波研究]

において統計的有意差は認められなかった。測定時には疼痛が強く発生していないことを示していた。

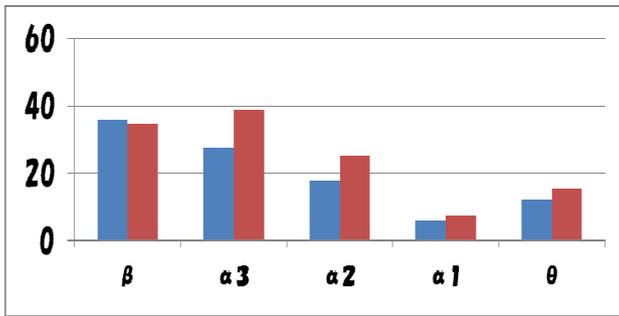


図3-3. 除痛シート「貼付前痛み姿勢保持時」の優勢率(%)「カテゴリーII」

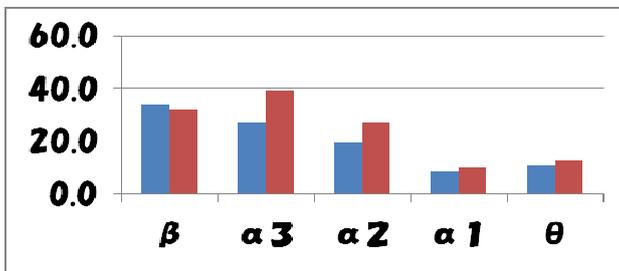


図3-4. 除痛シート「貼付後痛み姿勢保持時」の優勢率(%)「カテゴリーII」

カテゴリーIIIの優勢率： 除痛シート貼付前後の各周波数帯域の優勢率は類似していた（図3-5と図3-6）。これら周波数帯域の特徴は、 θ 周波数帯域の優勢率が大きく、リラックス状態の優勢率が大きかった。このカテゴリーの被験者は除痛シート貼付前から痛みを認知していない状態にあった。

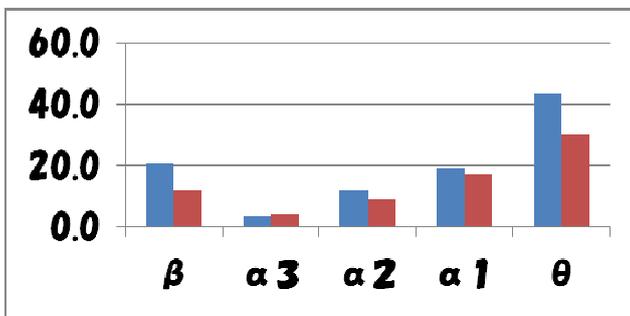


図3-5. 除痛シート「貼付前痛み姿勢保持時」の優勢率(%)「カテゴリーIII」

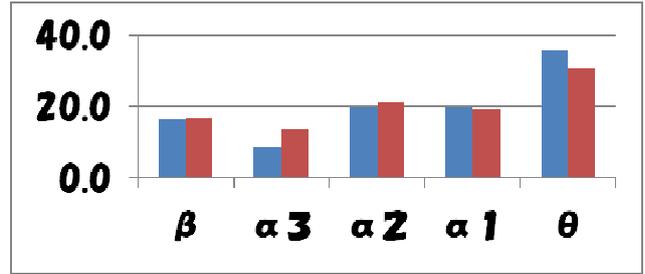


図3-6. 除痛シート「貼付後痛み姿勢保持時」の優勢率(%)「カテゴリーIII」

3-2. フェイススケール・スコア (FSS) の結果
 被験者全員のFSS: フェイススケール・スコア (FSS) 値は痛みが強いほど正值で大きい値を示す。リラックスや眠気を感じずるほどその得点は負値でより小さい値を示す。図4に示した被験者全員の結果は、除痛シート貼付前後においては、得点は小さく0近辺の値であるので、意識集中状態にある。除痛シート貼付前後の痛み姿勢保持状態におけるFSS値は、11.8から6.0と減少しているが、標準偏差が大きいので、除痛シート貼付前後の得点の統計的有意差は認められなかった。この原因は、除痛シート貼付前の痛み姿勢状態にFSS値の個人差が大きいためである。つまり、「意識分散・緊張」(得点 36以上)、「意識集中」(得点 -10から+10の範囲)、「眠気・まどろみ」(得点 -36以下)の3種の意識状態が混在しているためである。

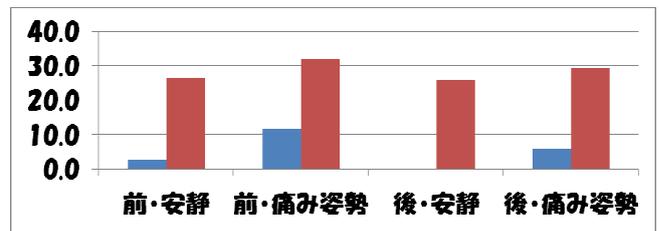


図4. 被験者全員(41名)の除痛シート貼付前後におけるフェイススケール・スコア(FSS); 一对の縦軸は左側が平均値、右側が標準偏差値横軸の項目: 前・と後・は除痛シート前と後、安静は痛み姿勢を取らない状態、痛み姿勢は痛み姿勢を保持した状態をそれぞれ示す。

[慢性疼痛患者の除痛効果の脳波研究]

カテゴリ別の FSS:

カテゴリ I の FSS: 除痛シート貼付前の痛み姿勢保持時の平均 FSS 値は約 40 であり、緊張状態にあったが、除痛シート貼付後の平均 FSS 値は約 -5 と負値となり、意識集中状態へと変化した (図 5-1)。更に、除痛シート貼付後の痛み姿勢保持時における平均 FSS 値は、約 -12 となりリラックス状態を示した。このカテゴリは FSS 値からも除痛シートの効果が認められている。

カテゴリ II の FSS: 除痛シート貼付前の痛み姿勢保持状態では平均 FSS 値が約 27 であり、カテゴリ I 群と同様な“意識分散・緊張傾向”のフェイス・スケール表現を示していたが、除痛シート貼付後も略類似の FSS 値を示していた (図 5-2)。

“意識分散・緊張傾向”の状態を示していた。この結果は、痛み部位が局在化しておらず、除痛シート貼付下の深層筋や除痛シート貼付以外の部位にも痛みが存在するため、“意識分散・緊張傾向”を表示していることが考えられる。

カテゴリ III の FSS: 全ての条件において、平均 FSS 値が負値を示し、除痛シート貼付前の痛み姿勢保持状態では“リラックス状態”や“眠気・まどろみ状態”が見られている (図 5-3)。そして、除痛シート貼付後も脳波は同一状態を示している。この結果は、慢性疼痛特有の症状による事が考えられる。

慢性疼痛は急性疼痛と異なり常時痛みが発生している状態にあると思われがちであるが、実際には常時痛み認知はしていない。痛み認知は限定的であり、断続的に疼痛を認知している。このような症状にある被験者が脳波測定時に痛み認知が無い時期にあれば、脳波の結果 (FSS 値) は当然、“リラックス状態”や“眠気状態”を示すことになる。カテゴリ III は、測定時に痛みを発生しない時期に該当していた。

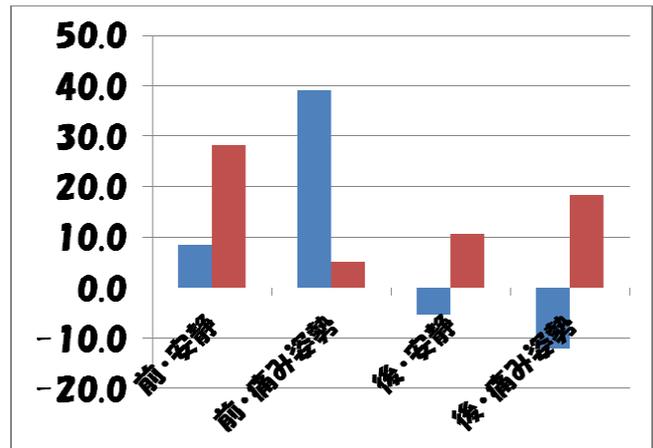


図 5-1. カテゴリ I の FSS

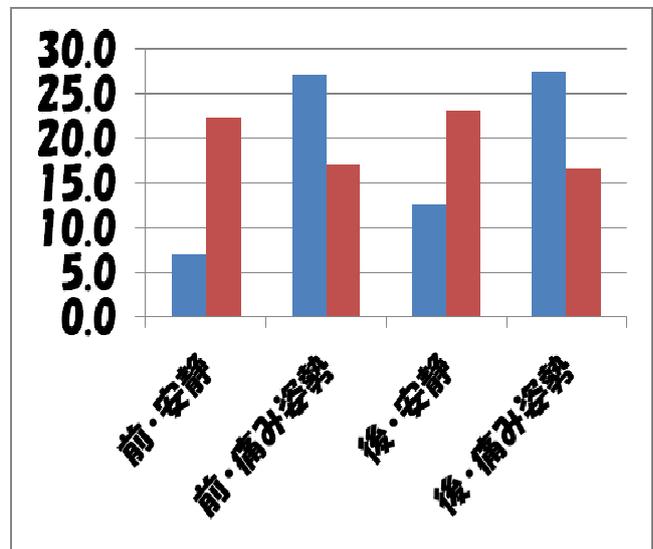


図 5-2. カテゴリ II の FSS

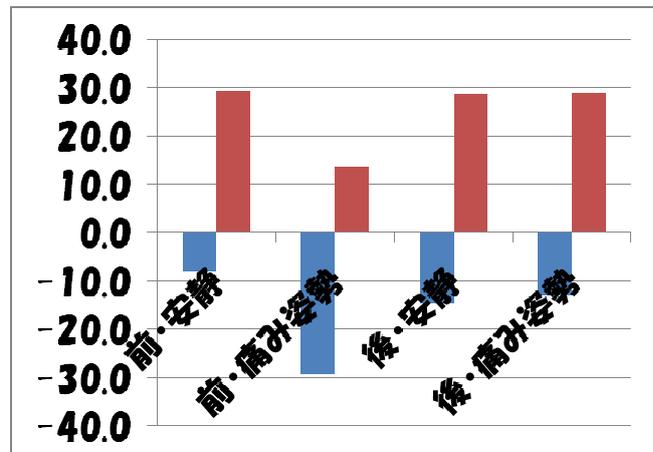


図 5-3. カテゴリ III の FSS

3-3. VASの結果

被験者群(カテゴリー別)における除痛シート前後のVAS値の差:

被験者全員の除痛シート貼付前後のVAS値の差は約55であった(図6)。カテゴリー別の結果は以下の通りであった。

カテゴリーIのVAS: 除痛シート貼付前後の平均VAS値差は他の群より高く約65であった。

カテゴリーIIのVAS: 除痛シート貼付前後の平均VAS値差は他の群と比較して最も低く50程度であった。除痛シート貼付後も同様のVAS値を示したことから、痛みの認知程度は低く評価されたものと考えられた。

カテゴリーIIIのVAS: 除痛シート貼付前後の平均値差VAS値は55程度であり、被験者全員の値と同程度であった。

以上で示したようにカテゴリー間において除痛シート貼付前後のVAS値差に差異は見られなかった。

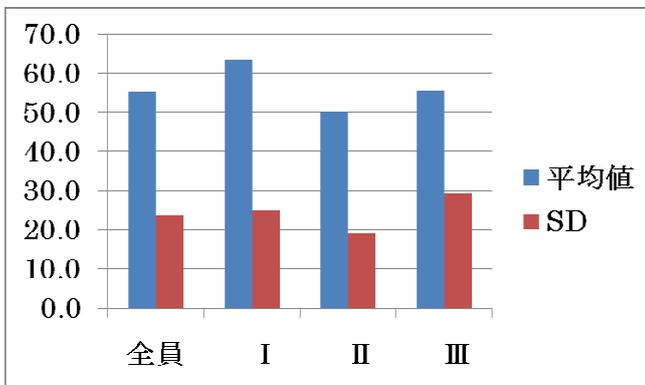


図6. 除痛シート貼付前後のVAS値の差: 被験者全員(全員)とカテゴリー別(I、II、III)の表示

3-4. MDSの結果

被験者全員と各カテゴリー群毎のMDS(表1)について、被験者の回答したVAS値とMDS強度(尺度値)の積を“痛み強度”と定義して求めた。ここで、VASの最大値は100であり、MDS強

度の最大値は5であるので、“痛み強度”値の最大値は500である。“痛み強度”200以上をピックアップすると以下ようになる。カッコ{}内の数字は痛み言語の番号である(表1)。

被験者全員のMDSの結果は、感覚的痛みでは、刺すような{11}と引っ張る痛み{5}が、評価的痛みでは、強烈な{7}と苦しみもだえるような{9}が顕著な“痛み強度”を示した。

カテゴリーIのMDSの結果は、感覚的痛みでは、引っ張る痛み{5}が、情動的痛みでは、怖い{2}と不安な{4}が、評価的痛みでは、耐え難い{13}と苦しみもだえるような{9}、が顕著な“痛み強度”を示した。この被験者群は、痛み部位が明確であるので、痛み姿勢保持により感覚的痛みの他に情動的痛みと評価的痛みが顕著に表現されたものと考えられる。

カテゴリーIIのMDSの結果は、感覚的痛みでは、引っ張る痛み{5}が、評価的痛みでは、耐え難い{13}、苦しみもだえるような{9}、強烈な{7}が顕著な痛み強度を示した。カテゴリーIとの相違は、情動的痛みが顕著に現れなかった。この被験者群は、除痛シート貼付前後で緊張しており、痛み部位が複数個所存在するために、評価的痛みの方が強かったと判断した。

カテゴリーIIIのMDSの結果は、感覚的痛みでは、刺すような{11}と引っ張る痛み{5}が、評価的痛みでは、耐え難い{13}が顕著な痛み強度を示した。この被験者群は、痛みが明確に認められない群であり、回答数から判断すると感覚的痛みが他の被験者群より強いと考えられた。

4. 考察

被験者群における除痛シート前後の優勢意識状態について:

カテゴリーIに属する被験者は、除痛シート貼付前の痛み姿勢保持時における優勢意識状態の得点(FSS値)は大きい、つまり、痛みが大きい状態を脳神経は表現している。除痛シートを貼付後は、FSS

[慢性疼痛患者の除痛効果の脳波研究]

値は小さくなり、除痛シート貼付の効果により、意識分散・緊張状態からリラックス、まどろみ（眠気）の状態に変化していることを示していた。カテゴリーⅠに属する被験者群については、除痛シートの効果は明確に認められた。

カテゴリーⅡに属する被験者は、除痛シート貼付前後の痛み姿勢時における FSS 値は略同一であり、除痛シート貼付の効果は明確ではない。その理由は、痛み箇所が除痛シート貼付箇所以外に発生している場合と痛み箇所が別の筋肉に存在することが挙げられる。この場合は除痛シート貼付の効果が明かに表れていないと見られた。

カテゴリーⅢに属する被験者群は、FSS 値が眠気状態であり、痛みを明確に感じていないと考えられた。その証拠に、除痛シート貼付前に眠気やリラックス状態を示していた。この被験者群は、慢性疼痛者の特徴を示している。痛みは常時発生する訳ではなく、測定に訪れた時には痛みを明確に認識していないと判断される。その結果として、除痛シート貼付後も略同様の優勢意識状態を示していた。

慢性疼痛患者のカテゴリー分類における除痛効果のメカニズムについて：

カテゴリーⅠは、除痛シート貼付前に脳波が緊張状態を示し、貼付後にリラックス状態を示したので、除痛シート貼付により発生する感覚（触覚、圧覚、温覚）神経による伝導速度が痛覚の伝導速度より早いため疼痛抑制が機能したゲートコントロール理論が考えられた^{18, 24)}。

カテゴリーⅡは、除痛シート貼付前後で脳波が緊張状態を示し、緊張状態は除痛シート貼付により変化が見られなかったため、除痛シート効果は認められなかった。この原因は、痛み部位が複数存在するか、痛み部位が深部にも存在するために、慢性疼痛患者が痛み状態を保持していると判断された。疼痛のメカニズムは、除痛シート貼付の皮膚深部からの末梢の神経と上位中枢神経からの関与が考えられた²⁴⁾。

カテゴリーⅢは、除痛シート貼付前に脳波がリラックス状態にあり、慢性疼痛者特有の常時疼痛状態になく測定時に疼痛発生がないと判断された。

以上、慢性疼痛患者の脳波の緊張・弛緩状態の評価量として定義した FSS 値から、除痛メカニズム機能を評価した。

5. まとめ

5-1. 測定項目について： 除痛シートを痛み部位皮膚面上に貼付し、貼付前後に於いて「生理学的測定」と「心理学的測定」を行った。生理学的測定は“脳波”を測定した。心理学的測定は、痛みの量的測定である“VAS” (Visual Analog Scales) と痛みの質的測定である“MDS” (Multi-Dimensional Scales) を測定した。脳波測定時の姿勢は、安静状態と痛み姿勢保持状態の2種を行い、安静状態は閉眼、椅座位で、痛み姿勢保持状態は痛みが発生している姿勢を保持させた。測定時間は各1分間設定した。

5-2. 脳波解析について： 種々の評価量（分布率、フェイス・スケール）を定義し評価した。

フェイス・スケールは、各周波数帯域（5周波数帯域）における優勢率を5等分して、得られる25種類の区分に意識にそれぞれ言語を付し、かつ、顔表示（フェイス・スケール）を設定した。更に、25種類のフェイスに対して点数（フェイス・スケール得点；FSS）化した。フェイス・スケール得点は、意識状態を得点のみで一元的に評価できる特徴を有している。

5-3： 脳波測定時の被験者の痛み状態の分類と除痛シートの効果について：慢性疼痛者は、痛みを常時発生しているとみられているが、実際には疼痛状態を被験者に聞いてみると測定時に疼痛を認知していない場合も見られた。また、痛み発生部位が複数存在している場合や痛みが組織（主に筋肉）の深層に及ぶ場合には、除痛シートの効果に個人差が見られた。そこで、被験者をカテゴリーⅠからカテゴリーⅢに分類した。

[慢性疼痛患者の除痛効果の脳波研究]

カテゴリーⅠは、痛み姿勢保持時に疼痛を認識し、除痛シート貼付後疼痛が減少または消滅した場合で、除痛シート効果が見られた群である。

カテゴリーⅡは、痛み姿勢保持時に疼痛を認識するが、除痛シート貼付の効果の見られない群である。

カテゴリーⅢ、痛み姿勢保持時に疼痛を認識しない群である。

疼痛の認識の判定値はFFSが20以上とした。

カテゴリーⅠに属する被験者は、除痛シート貼付前の痛み姿勢保持状態では、“意識分散・緊張傾向”のフェイス・スケール表現を示していたが、除痛シート貼付後の痛み姿勢保持では“眠気・まどろみ傾向”のフェイス・スケール表現が見られた。

カテゴリーⅡに属する被験者は、除痛シート貼付前の痛み姿勢保持状態では、カテゴリーⅠ群と同様な“意識分散・緊張傾向”のフェイス・スケール表現を示していたが、除痛シート貼付後も略類似の状態を示していた。この状態にある原因は、痛み部位が局在化しておらず、除痛シート貼付下の深層筋や除痛シート貼付以外の部位にも疼痛が存在するため、“意識分散・緊張傾向”を表示していることが考えられた。

カテゴリーⅢに属する被験者は、除痛シート貼付前の痛み姿勢保持状態では、“リラックス状態”や“眠気・まどろみ状態”が見られている。そして、除痛シート貼付後も脳波は同一状態を示した。この状態にある原因は、慢性疼痛特有の症状による事が考えられる。慢性疼痛は急性疼痛と異なり、常時疼痛が発生している状態にあると思われがちだが、実際には疼痛を認知していない。疼痛認知は限定的であり断続的である。このような症状にある被験者が脳波測定時に疼痛を認知しない時期にあれば、脳波の結果は当然、“リラックス状態”や“眠気状態”と評価することになる。

慢性疼痛の被験者を脳波レベル（FSS）によって分類したが、各カテゴリーに属した被験者の分布は測定時の結果であることに注意されたい。また、被験者群が異なれば当然各カテゴリーに属する被験

者の分布は異なる。この分類の意義は、カテゴリー毎に脳波レベルが特徴ある結果を明示するので、脳波レベルから疼痛状態が評価可能となる。

5-4： 除痛シート貼付前後の疼痛の心理学的な量的評価（VAS）について：

カテゴリーⅠに属する被験者は、除痛シート貼付前の平均VAS値は他の群より高く、意識分散・緊張状態を反映していた。

カテゴリーⅡに属する被験者は、除痛シート貼付前の平均VAS値は他の群と比較して最も低く50程度であった。除痛シート貼付後も同様のVAS値を示したことから、疼痛の認知程度は低く評価されたものと考えられた。

カテゴリーⅢに属する被験者は、除痛シート貼付前の平均VAS値は55度程度であった。

5-5. 疼痛の心理学的な質的評価（MDS）について： MDSとVASを組み合わせた疼痛強度を定義した。「MDS各言語に回答した被験者のVAS値の平均値（A）とMDS尺度値（B）との積」を“疼痛強度”とした。疼痛強度は、疼痛の量と質を加味した評価量である。疼痛強度を指標としてMDSを評価すると以下の結果を得た。

カテゴリーⅠに属する被験者は、感覚的痛みでは、「引っ張る痛み」が、情動的痛みでは、「怖い」と「不安」が、評価的痛みでは、「耐え難い」と「苦しみもだえるような」の項目が、顕著な疼痛強度を示した。この被験者群は、痛み部位が明確であるので、痛み姿勢保持により感覚的痛みの他に情動的痛みと評価的痛みが顕著に表現されたものと考えられる。

カテゴリーⅡに属する被験者は、感覚的痛みでは、「引っ張る痛み」が、評価的痛みでは、「耐え難い」、「苦しみもだえるような」、「強烈な」の項目が顕著な疼痛強度を示した。カテゴリーⅠとの相違は、情動的痛みが顕著に現れなかった。この被験者群は、除痛シート貼付前後で緊張しており、疼痛部位が複数個所存在するために、評価的痛みが強かったと判断した。

[慢性疼痛患者の除痛効果の脳波研究]

カテゴリーⅢに属する被験者は、感覚的痛みでは、「刺すような」と「引っ張る痛み」が、評価的痛みでは、「耐え難い」の項目が顕著な痛み強度を示した。この被験者群は、疼痛が明確に認められない群であり、回答数から判断をすると、感覚的痛みが他の被験者群より強いと考えられた。

5-6. 慢性疼痛患者の除痛メカニズムの適用について： カテゴリーⅠに対しては、ゲートコントロール理論が除痛機能に働いていると考えられた。カテゴリーⅡに対しては上位中枢の関与が考えられた。カテゴリーⅢに対しては、除痛メカニズムが明確には適用されなかった。

本報は、第42回日本慢性疼痛学会で発表した内容をまとめたものである。

【文献】

- 1) 牧山友三郎, 赤木滋, 今井俊一: 整形外科領域における腫脹, 関節水腫, 炎症に対するバリエーション・オーラルの臨床的効果の検討、*薬理と治療*, 12(8), p3761-3768, 1984.
- 2) 山上祐章, 橋爪圭司, 山口綾子 他: 選択的神経根ブロックに用いる薬液の検討、*慢性疼痛*, 19(1), p 56-62, 2000.
- 3) 緑川由起夫: 交感神経節ブロック: 成功症例と失敗症例、*慢性疼痛*, 27(1), p 105-108, 2008.
- 4) 中江啓晴, 熊谷由起絵, 小菅孝明: 桂枝湯が奏効した肩関節周囲炎の1例、*Kampo Medicine* 62(1), p 45-47, 2011
- 5) 菅原正秋, 吉川恵士, 有田英子 他: 慢性腰下肢痛に対する低周波鍼通電療法の効果、*慢性疼痛*, 23 (1), p69-74, 2004.
- 6) 伊藤和憲: 運動器疾患に伴う慢性疼痛に対する保存療法の意義—変形性膝関節症に対するTENSと鍼治療の効果—、*慢性疼痛*, 26(1), p143-148, 2007.
- 7) 青山幸生, 荒川真之, 包隆穂 他: 半導体薄膜被覆セラミックス (太陽の針®) の腰痛、肩凝りに対する臨床評価、*ペインクリニック*, 22(12), p1719-1721, 2001.
- 8) 包隆穂, 青山幸生, 荒川真之 他: 半導体薄膜被覆セラミック貼付療法が有効であったいわゆる顎関節症の3症例、*慢性疼痛*, 21(1), p79-82, 2002.
- 9) 金井成行, 谷口典正: 肩こりに対する磁気による長期治療の検討、*慢性疼痛*, 28(1), p 97-100, 2009.
- 10) 佐藤武, 木道圭子: 慢性疼痛患者に対するpsychotherapy、*慢性疼痛*, 22(1), p25-31, 2003.
- 11) 麻生圭子: 対話療法により8年間の慢性疼痛から開放された一症例、*慢性疼痛*, 22(1), p93-96, 2003.
- 12) 内富康介: がん患者の心の痛み: *Psycho-Oncology* の臨床実践、*慢性疼痛*, 27(1), p17-21, 2008.
- 13) 西村伸子, 寺崎佳代, 山本貞枝他: 呼吸器疾患及び疼痛性疾患に対する温泉療法の臨床評価、*岡大三朝分院研究報告*, 70, p 88-92, 1999
- 14) 五十嵐孝, 平林由広, 瀬尾憲正 他: エピドラスコーピーに用いる機器; 慢性疼痛治療における医療機器の現状と展望、*医科器機学*, 73(3), p114-120, 2005
- 15) 岩崎賢一, 大賀健太郎, 松浦雅人 他: ケタミンによる慢性疼痛治療の有効性予測; 脳波、眼球運動、心電図 R-R 間隔変動での検討、*日本疼痛学会誌*, 11, p 62, 1996
- 16) 齊藤徳翁, 坂本和義, 太田政義 他: 皮膚面上の痛み領域検出と金属シート貼付による除痛効果、*慢性疼痛*, 27(1), p121-129, 2008.
- 17) 齊藤徳翁, 坂本和義, 脇元幸一 他: 痛み検出領域上の除痛シート貼付による痛みの量 (VAS) と痛みの質 (MDS) から評価した除痛効果—関節障害による慢性疼痛者への適用—、*慢性疼痛*, 30(1), p113-123, 2011

[慢性疼痛患者の除痛効果の脳波研究]

- 1 8) Melzack R. and Wall P.D.: Pain mechanisms: a new theory, Science, 150(699), p971-979, 1965
- 1 9) Sacco M., Meschi M, Regolisti G. et al. : The relationship between blood pressure and pain, J. Clin. Hypertens (Greenwich), 15(8), p 600-6005, 2013
- 2 0) Johansson E.L., Temesten-Hasseus E. Olsen M.F. et al : Respiratory movement and pain thresholds in airway environmental sensitivity, asthma and COPD, Respir Med, 106(7), p 1006-1013, 2012
- 2 1) Jonsson T., Christrup L.L., Hojsted J. et al: Symptoms and side effects in chronic non-cancer pain: patient report vs. systematic assessment, Acta Anaesthesiol Scand, 55(1), p 69-74, 2011
- 2 2) Zacho H.D.: Chronic intestinal ischaemia: measurement of the total splanchnic blood flow, Dan Med J., 60(4), p B4618, 2013
- 2 3) 河手真理子 : ペインクリニックでいろいろな病気を治せます、保健同人社、p40-69, 2004
- 2 4) 下地恒毅 : 痛みをやわらげる科学、サイエンス・アイ新書 (ソフトバンク・クリエイティブ)、p10-45, 2011
- 2 5) Harisankar C.N., Mittal B.R., Bhattacharya A. et al: Utility of single photon emission computed tomography/computed tomography imaging in evaluation of chronic low back pain, Indian J. Nucl. Med., 27(3), p156-163, 2012
- 2 6) van den Brand J.D., Verleisdonk E.J., Van der Werken C.: Near infrared spectroscopy in the diagnosis of chronic exertional compartment syndrome, Am. J. Sports Med, 32(2), p452-456, 2004
- 2 7) Kamei T., Toriumi Y., Kimura K., O et al : Decrease in serum cortisol during yoga exercise is correlated with alpha wave activation, Perceptual Motor Skills, 90, p1027-1032, 2000