

感覚異常に対する触刺激のアプローチからの考察*

—記憶と意識の視点から—

荒木 寛志*¹

An Observation on the Effect of Tactile Stimulus on Patients with Paresthesia;
From the Perspective of Memory and Recognition.

Hiroshi ARAKI

Abstract

Involvement of descending inhibitory system in regard to pain control is well recognized. However, other than the effect of stimulation on A-beta nerve fibers in this system, should the effect on involvement of cognition, emotion, and memory of the patient be also considered? If such involvement exists, how does that connect to the descending inhibitory system? We compare data from both cases and give a report of the differences of the two.

Key words : Tactile stimulation, Descending inhibitory system, Memory, Cognition, Emotion

1. はじめに

現在の脳科学の世界では、視覚や聴覚刺激から運動へと移行する実験により、各種の脳の機能が解明されつつある。それに比べて触覚という眼に見えない情報から脳がどのように認識して、それを運動を介さず、生体内の恒常性維持に活用しているかというメカニズムを解明しているのは少ないように思われる。我々の感覚情報は各種の感覚線維により中枢へ送られ、認知されている。感覚を認識するには過去の感覚記憶を想起するのが不可欠であり、更にその感覚が快か不快か、必要か不必要かで受け取る感情も変化するであろう。そこで脳内では感覚刺激を過去の記憶からどのように認識し、それをどのように活用しているのでしょうか。

本稿は特に疼痛を認識しているケースにおいて、擦るという触刺激を加え、それを脳がどのように認識して快復への活用を行なっているかを臨床データの結果を元に、脳幹・辺縁系・皮質の関係から意識・注意、記憶、情動をふまえてその伝達回路のメカニズムを論じてみる。

2. 方法

感覚異常を訴える50名に対して、次のことを行った。

- ①異常感覚部位を検者と被検者が押圧などで確認する。
- ②事前に過去に擦って鎮痛したという被検者自身の記憶を想起させる。
- ③感覚伝導路が交叉性で上行する事から、対側の体性感覚野上の頭頂骨に被検者自身に手掌（指尖）コンタクトさせて、検者が行なう手技の感覚は対側の脳で感じているというメカニズムの教育を行う。
- ④検者が患部を手掌で「擦る（さする）」というAβ線維の刺激を1～2分間加える。

原稿受付 平成16年1月17日

* 日本カイロプラクティック徒手医学会第5回学術大会
(平成15年9月)にて一部講演

*1 フィニッシュ カイロプラクティック研究所 (〒836-0843 福岡県 大牟田市 不知火町 1-1-8)

⑤終了後、感覚異常の改善率を患者自身に10段階で評価させる。

被検者は疼痛（圧痛）、痺れ、筋緊張、知覚低下に分類されており、疼痛に関しては対側の頭頂骨にコンタクトさせないグループとの比較も行った。

3. 結果

各感覚異常の改善率は、痺れ 97.5%、疼痛 90%、筋緊張 90%、知覚低下 86.6%となり、感覚異常の中では、痺れに関して特に有効性がみられ、加えて疼痛に関しては、頭頂骨コンタクトして触刺激を行う方がより良い結果となった（図1）。

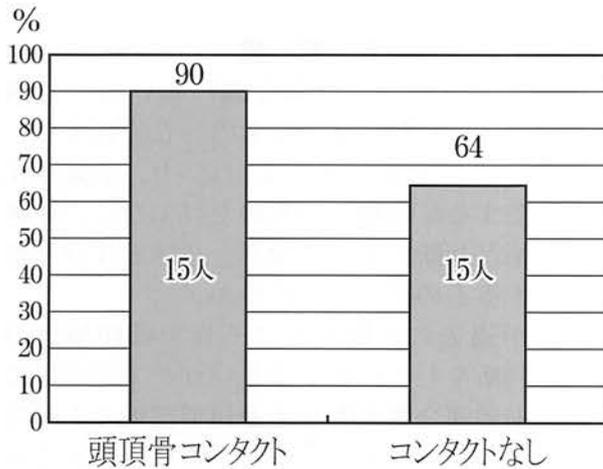


図1 疼痛に対して対側頭頂骨コンタクトの有無による効果の比較

4. 下行性疼痛抑制系

辺縁系にある扁桃体からの情報は中脳中心灰白質（以下 PAG）へ出力され、PAG は下行性網様体系にある大縫線核に投射する。その下行路はモルヒネ様物質や刺激による疼痛抑制のメカニズムに関わるとされている⁽¹⁾。この下行性疼痛抑制系としてゲート・コントロール理論が提唱されており、この理論は後に発展し、後角でのゲートの開閉にはその人の注意、不安、予期、過去の経験も影響するという「認識制御」が加えられた^{(2) (3)}。このように理論の発展過程で、心理的な感情が疼痛抑制に深く関与することが考えられるようになった。ということはその触刺激を注意・意識することで感覚情報の入力を高め、過去に擦って鎮痛したという記憶を想起して、再び鎮痛するという期待も深く疼痛抑制に関与すると考えられないだろうか。

5. 意識と注意

5.1 覚醒

まず外界からの刺激に対して覚醒が起きないと、それがどんなものか認識が出来ない。Magoun, H.Wは大腦を覚醒する中枢が中脳網様体にあるとし、「上行性網様体賦活系」と名づけ、感覚に覚醒効果があるのは感覚伝導路の側副路が網様体を刺激するからであり、ここから視床に線維を送り、視床からの信号により大腦皮質が賦活されるとしたが、当時、中脳網様体から視床へ投射する強力な多数の線維は見当たらなかった。現在では中脳と橋の境界にある脚傍核と外背側被蓋核からのコリン作動性ニューロンが視床に投射していることが見出され、視床におけるアセチルコリン作動性線維が非特殊核の髄板内核へ密に投射し、その髄板内核ニューロンが視床・皮質ニューロンへ強力な興奮性接続を行っていることがわかった。つまり脳幹（青斑核のCh5・Ch6）の興奮が非特殊核（髄板内核）を通して、特殊核を興奮させることで大腦皮質全体を覚醒させていると考えられている⁽⁴⁾。

5.2 意識と注意の発生

この覚醒と髄板内核との裏づけとして、近年にロドルオ・リーナスが大腦皮質は全域にわたって40Hzの振動を規則正しく発信していることを発見し、その発生源が髄板内核にあると提唱して、意識との深い関係を示唆した。そしてフランシス・クリックは意識を「注意期間作業記憶」とし、何かに意識する時は、まずそれに注意を払い、ある瞬間から次の瞬間へとその状態を持続することで意識が構成されるとした⁽⁵⁾。この意識発生の要となっている髄板内核には、感覚伝導路の脊髄視床路・脊髄網様体路・内側毛帯からの入力があり⁽⁶⁾、その髄板内核の吻側群は大腦皮質の前頭前野、帯状回などと連絡している⁽⁷⁾。つまり感覚が髄板内核や脳幹へ入力されると、それが何かと注意することで意識発生の準備をして、それを受け入れる皮質部位（前頭葉や帯状回など）を選択して出力し、意識を発生させ、意識的な注意の方向付けをコントロールしているのであろう⁽⁸⁾。

では、その意識をコントロールしている注意には喚起、定位、焦点の3つの要素があり、それぞれの機能を見てみると、①喚起は網様体

賦活系から皮質に直接投射し、意識に関係しており、この網様体賦活系ニューロンの活動が20～40Hzの脳波を出現させ、警戒状態をつくり、②定位は中脳の上丘と頭頂葉皮質ニューロンが行ない、頭頂葉皮質が今までの刺激から注意をそらさせ、上丘が新しい刺激に眼を向けさせ⁽⁹⁾、③焦点は頭頂連合野との中継点になる視床の髄板内核の内側核にある視床枕の外側部がスポットライトの役目を果たし、他の情報を排除する機能に関与して注意の選択に関り⁽¹⁰⁾、目標の情報を前頭葉に送り込んで注意が維持される。

またPosner, M.I.⁽¹¹⁾は頭頂連合野を破壊すると対側への注意の移動が起りにくいことを見出し、注意は情報処理上での優先権を与える機能と定義し、頭頂連合野と注意との関係を示した。その頭頂連合野に線維連絡があるのは①第1次感覚野からの情報を分析して意味付ける第2次感覚野、②覚醒系（髄板内核）、③辺縁系（帯状回・扁桃体）、④前頭葉（前頭眼野）である。今回の被検者に対する刺激は危機逃避を起こすものではなく、必要刺激としての情動認知となることから③辺縁系を考える必要がある。詳しくは後述するが、ドーパミンは快樂にだけ働くのではなく、「おやっ」と注意する新しいものの検出にも敏感に反応し、必要なものには興奮させたり、逆に不必要な情報に関しては抑制することで過去の記憶を元に判断する機能を有する⁽¹²⁾。ドーパミンの信号を受けた扁桃体は前頭葉とを結ぶ複数の連絡により、知覚に感情をのせたり感覚的な内容を付加しており、触刺激を過去の記憶と照らし合わせ、鎮痛させる快情報として判断し、前帯状回へと出力する。前帯状回は痛みや情動を意識した時に活動し、注意を保ち⁽¹³⁾、この情動や関心事を前頭連合野や頭頂連合野に出力することになる（図2）。

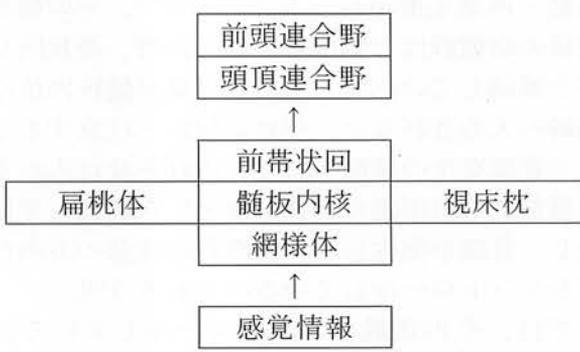


図2 意識と注意の経路

このように術者の施療においての説明と施療を受け入れる体表からの感覚情報に対して患者が意識と注意を向けるには、治療の目的を説明する会話の段階で脳幹により覚醒が起り、耳をかたむけ、上丘の働きで術者に眼を向けて、擦っている触刺激で髄板内核が意識を発生させ、扁桃体が快情報として前帯状回へ伝達して意識・注意が皮質連合野へ出力され、頭頂連合野が外部の雑音を遮断し、前頭連合野で意識・注意を保っていることになる。対側頭頂骨へのコンタクトを行わせ、「擦られている感覚は、ここで感じている」という意識を集中させる方が鎮痛効果が高い（図1）ということは、意識と注意が鎮痛効果に関与していることを示唆するのではなかろうか。

6. 記憶

1994年トゥーソン意識会議において「意識研究は今後、経験に基づくものへと一変する」と結論づけた発表があるように⁽¹⁴⁾、意識と注意が発生するには新しいものだけでなく、経験した記憶が判断の1つになり、意識と注意を更に強化するものではなかろうか。

我々が過去の記憶を元にそれを課題解決のための判断をして行動するというシステムにおいて、前頭連合野が関与する短期記憶の1つである「ワーキングメモリー」が重要視されている。このワーキングメモリーには「思い出」と「将来の展望」の2つがあり⁽¹⁵⁾、認知活動中に必要情報を一時的に貯蔵したり、出力したり意識される記憶情報として活用される情報処理システムといわれている⁽¹⁶⁾。

その記憶の代名詞ともいう海馬体は側頭葉内側面に位置しており、歯状回、アンモン角（狭義の海馬でCA1野～CA4野に区分される）、海馬台の総称で大脳辺縁系に属する⁽¹⁷⁾。



図3 記憶の経路

経路としては色々な感覚情報が各皮質連合野で分析された後、嗅内野に収斂され、歯状回→CA3野→CA1野→海馬台→嗅内野へと戻り、更にそこから側頭葉連合野や頭頂連合野などに投射し、記憶として貯蔵される(図3)⁽¹⁸⁾。このように海馬だけで記憶が完成するものではない。西川ら⁽¹⁹⁾もTulvingらが唱えるように、情報が海馬へ向かって段階的に符号化して完成していくのではなく、未分化な感覚を含む情報が海馬領域に集束したのちに外へ向かって投射され、概念や象徴などより高次の符号化を完成させていくのではないかとしている。また一般には海馬のCA2野は軽視されがちであったが、関野ら⁽²⁰⁾は、やる気・集中力・感動など覚醒状態が強いときにCA2野のゲートが開くことを説き、海馬が記憶情報の必要性の判断を行うという概念が徐々に解明されつつある。

この海馬はエピソード記憶の形成に重要な働きを担っている。エピソード記憶をTulvingの分類⁽²¹⁾でみれば、最古層から順に①手続き記憶、②プライミング記憶、③意味記憶、④短期記憶、⑤エピソード記憶となる。擦って疼痛が軽減した経験はこのエピソード記憶になる。Tulvingはエピソード記憶は動物には無く、ヒト特有のものとし、海馬はエピソード記憶の段階で選択的な役割を果たしているとした。またEldridgeはfMRIにより「知っている」より「憶えている」という反応の場合にのみ海馬が選択的に賦活されるとし、エピソード記憶と海馬の関係を示した⁽²²⁾。

では海馬が活性化する要因を具体的にみると、BlissとLomoは海馬の歯状回のシナプスを高い周波数で刺激することでシナプス伝達の効率が上昇し、刺激後も長時間持続したことから海馬のシナプス可塑性である「長期増強(LTP)」を発見した。更にこのLTPの効率は θ リズムのタイミングで与えると最も効率よく発揮されることがわかった⁽²³⁾。この θ 波が海馬で現れる誘因として、中脳背側部の正中縫線核からのセロトニン神経が抑制される状況の何かに注意を向けた時⁽²⁴⁾や新しいものを見ている時、憶えたい対象に興味を抱いた時⁽²⁵⁾などであり、その時に記憶過程が活性化され、記憶情報の選択、強化、固定化が起る⁽²⁶⁾。

つまり、擦る刺激は過去に擦って鎮痛したというエピソード記憶を想起させ、患者にとっ

て対側の頭頂骨にコンタクトさせて、単調でリズムカルに「擦る」という触刺激は初めての経験であり、これが新奇なものとして意識と注意を発生させる。更に擦った後の疼痛グループ30人の鎮痛効果を確認すると、表1にあるように誰もが疼痛の軽減を示しており、鎮痛するという期待が高まって興味をそそる。その際にセロトニン神経系の抑制が起り、海馬の θ 波が出現し、繰り返し入力される触覚情報が選択的に記憶の貯蔵庫である連合野へ送られることになる。その結果、記憶回路から情動回路へと強い信号が送られ、次回治療時もエピソード記憶として想起され、効果的な鎮痛作用につながるのではなかろうか。

7. 情動系と報酬系

7.1 情動系

記憶情報の必要性を判断する海馬の他に、もう1つ生体内へ入力される感覚情報において、その情報が快なのか不快なのかを判断しなければならない。それには情動刺激が視床を介して次の2つの情動経路に投射される。①攻撃や防御のすばやい運動反応を起こす扁桃体への原始的で伝達が早く短い経路と、②情動を的確に慎重に認知する大脳皮質への伝達が遅く長い経路である⁽²⁷⁾。今回の経緯で該当するのは②である。ここでは情動に関与する辺縁系の扁桃体を始めとする、海馬・内側視床・側坐核・前脳基底部など全てが、前頭皮質への主要な入り口にある前帯状回へ投射する。ここは何か集中した時や痛みなどを認識する時に活発になり、それらの情動が前頭連合野に伝えられ、認知されることになる⁽²⁸⁾。この扁桃体には全ての種類の

表1 頭頂骨コンタクトの有無による鎮痛効果

鎮痛効果 (%)	コンタクト有 (人)	コンタクト無 (人)
100	8	3
90	2	0
80	3	2
70	1	1
60	1	2
50	0	5
40	0	0
30	0	2
合計	15	15

感覚入力が大脳皮質から入力されるので⁽²⁹⁾情報の判断基準の要になっている。

池谷⁽³⁰⁾は扁桃体の活動による海馬のLTPの増大を指摘し、不快な情動だけでなく、楽しい、面白いなどの快情動においても扁桃体が活動し、海馬のLTPを促進して⁽³¹⁾記憶増強に加担していることを述べている。次で解説する報酬という鎮痛していく嬉しさにも扁桃体が関与し、前頭前野で快刺激と認識し、「擦る→鎮痛」という海馬への記憶強化に関係していると思われる。

7. 2 報酬系

ヒトの脳の報酬メカニズムでは、さまざまな神経伝達物質の系が互いに影響しあっており、特に運動と認知を司る側坐核（腹側線条体）のドーパミンとの相互作用が重要とされ⁽³²⁾、Galabresi et al⁽³³⁾は側坐核のある線条体でもLTPが起ることを報告し、ドーパミンが側坐核へ報酬情報の強化に加担していることを示唆した。

その報酬である快楽感は次の要素で構成されている。①報酬系でドーパミンが大量に分泌されるという身体的快楽、②扁桃体で管理する強い恐怖、怒り、悲しみなどの否定的な感情の不在、③前頭前野腹内側部が、今の状態を快楽とする意味づけ⁽³⁴⁾の3つである。今回の経緯に該当する①と③をみても①の報酬情報の経路についてオールズとミルナーが、中脳腹側部を電気刺激すると何度も同じ動作を繰り返すことを見出し、「脳内自己刺激」といわれる脳内報酬系を発見した。この部位は「中脳腹側－視床下部外側－側坐核－内側前頭葉」に至る経路で内側前脳束の領域である⁽³⁵⁾。③の快楽の意味づけでは「側坐核－腹側淡蒼球－視床内側核－前頭前野皮質」の経路において側坐核が前頭前野内側面皮質の認知機能の影響を与えると

考えられている⁽³⁶⁾。

つまり感覚情報が快刺激であり、鎮痛が起るという報酬として認知されるまでには扁桃体からの感覚情報が海馬へ投射され⁽³⁷⁾、更にエピソード記憶を元の中脳腹側被蓋野のA-10線維を介してドーパミン作動性線維を興奮させ、内側前脳束を上行して記憶と情動に関与する嗅内皮質、側坐核、帯状回、扁桃体などへ投射して⁽³⁸⁾、報酬か危険か、つまり快・不快の判断をし、前頭前野でその感覚刺激に感情的な意味づけを認知していると考えられる（図4）。また前頭葉は将来に向けて意図的に努力を伴う「展望記憶」と、将来に向けて意図的な努力を伴わない「期待」とに関与しており、渡邊は報酬期待のニューロンを前頭前野のある前頭連合野に見つけている⁽³⁹⁾。

これらのことから治療における患者側の心理として、扁桃体は擦る刺激を過去に擦って鎮痛した海馬のエピソード記憶をもとに、危機感ではなく快情報として中脳腹側被蓋野へ送り、ドーパミンを介して内側前脳束領域で報酬情報の発信、前頭連合野が認知と将来の展望を抱き、今回もこの症状が快復するという報酬の期待が働いていると思われる。

8. 前頭葉と記憶の想起

ここまで述べてきた脳幹・視床・辺縁系が最終的に前頭葉へ投射する関係から、注意・意識・記憶・情動は大脳皮質、特に前頭葉との関与を否定できない。感覚野からの情報は皮質連合野で貯蔵され、それが消えないように海馬やその周辺の皮質が記憶の処理や制御を行い⁽⁴⁰⁾、長期的に保存する記憶の固定化を行っている。そして更に連合野へ戻り、長期保存が可能となる。そして記憶を想起する時には記憶の貯蔵庫である連合野から感覚野へと情報が流れ、これが何であるかと理解する。側頭連合野は物体視、頭頂連合野は空間視の記憶貯蔵庫であり、これらは前頭連合野と神経結合があることから、前頭前野は物体認知と空間認知の統合が行われると考えられており⁽⁴¹⁾、既述のTulving⁽⁴²⁾はエピソード記憶の想起は右前頭連合野が大きく関わっていると述べている。

その記憶を想起するには何がきっかけになるのであろうか。宮下⁽⁴³⁾は前頭葉で発生した意識が記憶の保存庫である側頭葉に信号が送ら

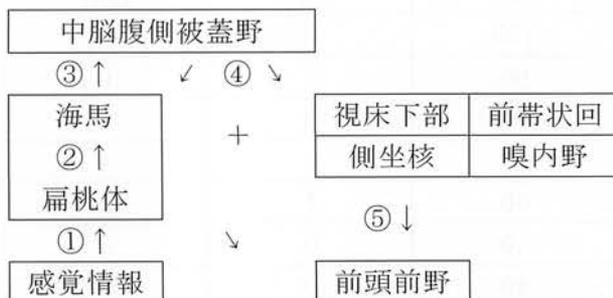


図4 情報系と報酬系の経路

れて記憶を取り出して再生することを示唆し、加藤(44)は前脳基底部健忘の症例から前脳基底部が損傷すると長期記憶の固定と、その記憶の想起に問題が生じるとして、その記憶を想起させる方法として「手がかり」を与えることで改善することを示している。そしてその手がかりにおいて注意のシステム系の重要性を唱えている。

これらのことから、各連合野で記憶保存された感覚情報を想起するには、前頭連合野で発生する意識が手がかりとして大いに関与していることが示唆される。術者からの説明に耳を傾け、手技により鎮痛して行く現状を前頭頂で認識すると、自ずと興味を持ち、注意システム系が興奮して、過去の鎮痛したエピソード記憶が想起されるのではなかろうか。

9. 辺縁系回路

今までを総合すると、術者からの感覚刺激がエピソード記憶を元に想起され、それを情動を介して現在の自分の身体に必要性を認知して下行性疼痛抑制系が働き、更に症状快復への期待と展望を抱くことで更に触覚入力が強力になり、鎮痛作用が高まるのではなかろうか。よって辺縁系には記憶回路と情動回路の存在が必要となる。

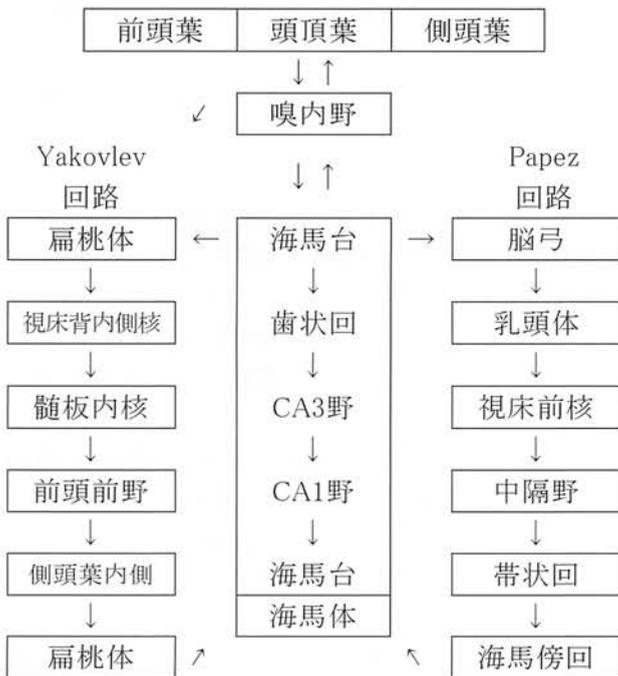


図5 辺縁系回路

各種の感覚情報は、一次視覚野、一次聴覚野、一次体性感覚野などから、前頭葉、頭頂葉、側頭葉の各連合野を経て嗅内野へ送られ、海馬体と扁桃体へと出力される。そこでPapez回路とYakovlev回路の2つの経路を考えてみる。Papez回路は「海馬体→脳弓→乳頭体（視床下部）→視床前核→中隔野→帯状回→海馬傍回→海馬体」(45)という内側辺縁系回路とされ、Yakovlev回路は「扁桃体-視床背内側核-髄板内核-前頭前野-側頭葉前部皮質-扁桃体」という外側辺縁系回路といわれている(図5)(46)。これらは情報を処理して嗅内野へ戻り、更に側頭葉連合野や頭頂葉連合野などに送られ、記憶として貯蔵されることとなる。経路から見るとPapez回路が記憶回路でYakovlev回路が情動回路と考えてよいであろう。

この2つの経路であるが、どちらが記憶において重要であるか色々な論議が行なわれている(47)。つまり視床のある間脳においてPapez回路中の乳頭体から視床前核への乳頭体視床路とYakovlev回路中の扁桃体から視床背内側核への腹側扁桃体遠心路が内側髄板付近で隣接しているからである。Graff-Radfordら(48)は間脳性健忘の発症はこの2つの系が同時に損傷されたことによると結論している。このことは記憶と情動においては意識発生の一環といわれる髄板内核付近の重要性が示唆される。

10. 考察

擦る触刺激が鎮痛効果を発する機序としては、冒頭の「方法」にある順序が大いに加担していると考えられる。つまり①疼痛部位を検者が押圧などにより被検者に痛覚刺激を与え、覚醒させる。②被検者自身のエピソード記憶を想起させる。③手技とゲートコントロール理論の説明ならびに対側の頭頂骨に被検者自身にコンタクトさせることで意識・注意を発生させる。④検者の擦る刺激での鎮痛効果を認識させることで感情による快刺激という報酬、更には将来への期待を抱かせる。

記憶というのは既述したように海馬だけが働いているわけではなく、全ての感覚情報が入力される扁桃体が海馬の記憶と照らし合わせて、情動を介してその情報が必要で且つ良いもの、嫌なものという判断の基礎を作るのである。よって触刺激はYakovlev回路を循環して扁桃体

へ再入力され、情動を介して快情報として認識されて側坐核へと出力されると、その情報が報酬としての価値があるかないかを判断される。加えて海馬体がPapez回路を使い、過去のエピソード記憶を元にそれが必要であるか不必要であるかを判断する。今回の方法では過去に擦って鎮痛したという快情報であるから、鎮痛する報酬情報として、中脳腹側被蓋野のA-10線維にあるドーパミン神経系を興奮させ、この触刺激情報を報酬情報として注意と意識の土台を形成して、内側前脳束を介して前頭前野に信号を送り認知される。その報酬情報と認知した前頭前野の情報と、擦ることで分泌された鎮痛作用のあるモルヒネ様物質（オピエート）は扁桃体や視床下部にあるオピエート・レセプターと結合して⁽⁴⁹⁾興奮信号をPAGへと伝える。刺激されたPAGから延髄腹側部の大縫線核のセロトニン神経が興奮して、下行性疼痛抑制系として後角へと働く⁽⁵⁰⁾。更に頭頂骨にコンタクトさせて、術者が行う触刺激を注意・意識させることで中脳背側部の正中縫線核からのセロトニン神経が抑制され、海馬のθ波が出現して触感覚のみを記憶する。この機序から触感覚がより一層入力され、下行性疼痛抑制の強力な「手がかり」を生むものと推察する（図6）。

冒頭の図1の結果をあえて推察するならば、頭頂骨コンタクトせずに鎮痛効果があったケースは、擦るAβ線維刺激により中枢へ上行するまでに脊髄後角で一次入力線維がシナプス前抑制により、ある程度、疼痛信号が抑制されていた。一方、頭頂骨コンタクトをして効果があったケースは今まで解説してきた脳幹・辺縁系・皮質の経路を巡回して最終的にそれらの情報がPAGからの下行性疼痛抑制系に加担することで鎮痛効果が更に向上した結果と考えるべきであろう。

以上のことから、「治るしくみ」を考えるなら、この下行性疼痛抑制系を興奮させ、効率よく侵害情報を減少させるものとしてAβ線維刺激だ

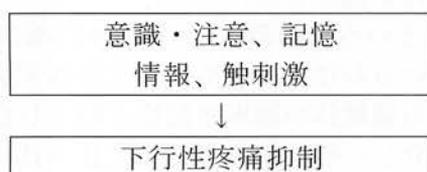


図6 下行性疼痛抑制系

けでなく、患者本人の「記憶と意識」が生体恒常性に必要な情報を発信する手がかりとして深く関与すると思われる。

参考文献

- (1) 水野昇ほか：図説「中枢神経系」、医学書院、(2002)、pp.154、pp.255
- (2) 柳田尚：痛みとはなにか、講談社、(1988)、pp.96
- (3) 丸田俊彦：痛みの心理学、中公新書、(1989)、pp.30
- (4) 山本健一：意識と脳、サイエンス社、(2000)、pp.55-60
- (5) ジョン・J・レイティ：脳のはたらきのすべてがわかる本、角川書店、(2002)、pp.141-145
- (6) 前出（1）、pp.144
- (7) 前出（1）、pp.227
- (8) リタ・カーター：脳とこころの地形図、原書房、(2002)、pp.268-271
- (9) 前出（8）、pp.274-275
- (10) 前出（4）、pp.94
- (11) 前出（4）、pp.93
- (12) 前出（5）、pp.128
- (13) 前出（8）、pp.281-285
- (14) 前出（5）、pp.151
- (15) 渡邊正孝：記憶と前頭連合野、神経研究の進歩、医学書院、Vol.45(No.2)、(2001)、pp.217
- (16) 櫻井芳雄：記憶と脳、サイエンス社、(2002)、pp.102
- (17) 前出（16）、pp.133
- (18) 本多祥子、石塚典夫：海馬体から嗅内野への出力、神経研究の進歩、医学書院、Vol.45(No.2)、(2001)、pp.297
- (19) 森悦郎、橋本衛：間脳病変と記憶障害、神経研究の進歩、医学書院、Vol.45(No.2)、(2001)、pp.199
- (20) 関野裕子、白尾智明：海馬内興奮伝播のゲート機構、神経研究の進歩、医学書院、Vol.45(No.2)、(2001)、pp.291
- (21) 池谷祐二：記憶力を強くする、講談社、(2003)、pp.72
- (22) 西川隆、武田雅俊、エピソード記憶のメカニズム、神経研究の進歩、医学書院、Vol.45(No.2)、(2001)、pp.173-175

- (23) 前出 (21)、pp.158-161
(24) CLINICAL NEUROSCIENCE : 中外医学社、
Vol.16 (No.11)、(1998)、pp.9
(25) 前出 (21)、pp.191
(26) 前出 (24)、pp.9
(27) 前出 (5)、pp.243
(28) 前出 (5)、pp.237
(29) 前出 (1)、pp.296
(30) 前出 (21)、pp.181-182
(31) 前出 (21)、pp.193
(32) 前出 (5)、pp.256
(33) 前出 (16)、pp.61
(34) 前出 (8)、pp.147
(35) 前出 (4)、pp.78
(36) 前出 (1)、pp.249
(37) 前出 (1)、pp.298
(38) 前出 (1)、pp.287
(39) 前出 (15)、pp.217
(40) 前出 (16)、pp.142
(41) 酒井邦嘉：心にいどむ認知脳科学、岩波書
店、(2003)、pp.51-61
(42) 前出 (15)、pp.216
(43) 前出 (21)、pp.259
(44) 加藤元一郎：前脳基底部病変と記憶障害、
神経研究の進歩、医学書院、Vol.45(No.2)、
(2001)、pp.184-194
(45) 伊藤隆：解剖学講義、南山堂、(1992)、
pp.730
(46) 前出 (19)、pp.199
(47) 前出 (19)、pp.199-200
(48) 前出 (19)、pp.200
(49) 前出 (5)、pp.94
(50) 前出 (1)、pp.287-288