

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3月31日現在

機関番号：15301
 研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2011 ～ 2012
 課題番号：23792225
 研究課題名（和文） 咬合感覚閾値の経時的変化が心理的ストレスにより可塑性変調する可能性に関する研究
 研究課題名（英文） Time series of occlusal force threshold showed plastic modulation by psychological stress
 研究代表者
 沖 和広（OKI KAZUHIRO）
 岡山大学・大学院医歯薬学総合研究科・助教
 研究者番号：00346454

研究成果の概要（和文）：

歯根膜感覚および咬合感覚は、日常的な出来事や外界変化に応じて一定の範囲内で経時的に変動しつつ、心理的刺激因子の種類や程度によっては可塑性変調する可能性がある。本研究では視覚的に心理的ストレスを与えた場合の歯根膜感覚と咬合感覚の経時的変化に関して検討を加えた。その結果、心理的ストレスの増加に伴って歯根膜感覚は鈍磨化を主とした変化を示すものの、咬合感覚は鋭敏化する可塑性変化を示す可能性があることが明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：

Periodontal sensation and occlusal sensation are seemed to fluctuate to some extent under daily life circumstances. There is the possibility that those sensations could show the plastic modulation by psychological factor. This study investigated the periodontal and occlusal sensations were affected by the visual type of psychological stress. From the result of the present study, periodontal sensation could become dull, while occlusal sensation sensitive, with psychological stress.

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	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：顎口腔機能

科研費の分科・細目：歯学・補綴系歯学

キーワード：歯根膜感覚，咬合感覚，心理的ストレス

1. 研究開始当初の背景

我々は、補綴物の調整あるいは装着前後の際に、患者に対して「咬み合わせはどうですか？」と尋ねることが非常に多い。『咬み合わせ』、すなわち、『咬合』という用語には複数の意味が含まれる—上下顎の歯が接触する“動作”，上下顎の歯が接触している“状態”，上下顎の歯が接触する“位置的關係”—。これらのいずれに対しても随意的にそれが行われれば、そこに咬み合わせの感覚、いわゆる『咬合感覚』は存在するといえるが、

現在、咬合感覚という学術用語は存在しない。したがって、咬合感覚という言葉を用いるには、対象となる咬合関連現象を限定するところから考える必要がある。臨床の場面において、患者の恣意的な咬合確認動作を観察すると、咬頭嵌合位において軽い噛みしめを複数回行う動作が非常に多く認められる。噛みしめ、いわゆるクレンチングは、上下顎の歯あるいは人工歯が咬頭嵌合位において接触した状態で閉口筋による等尺性収縮が行われる動作であり、この動作の結果として、咬合

面間に咬合力が発生する。したがって、咬み合わせ確認の意味で行う軽度のクレンチング動作は、対象とする歯に対する咬合力の発現具合を確認するために行っているものと解釈できる。以上の推察を勘案して、本研究では『軽度のクレンチングに伴い咬合面間に生じる最小の咬合力を認知する感覚』を咬合感覚と定義することとする。

咬合面間に生じる咬合力の認知には、顎関節機械受容器、閉口筋筋紡錘受容器からの入力から成る固有感覚とともに、歯に対する力を感知する歯根膜感覚が寄与する部分が多い。また、歯根膜機械受容器からの感覚入力は、中枢への感覚情報提示のみならず、咬筋をはじめとする閉口筋の運動調節に positive feedback を及ぼすことも明らかとなっており、末梢感覚器官（歯根膜機械受容器・顎関節機械受容器・閉口筋筋紡錘）－閉口筋（咬筋、側頭筋、内側翼突筋）－中枢神経系（一次体性感覚野および一次運動野）の三者による非常に緻密かつ高度な神経ネットワークが存在することが伺える。

以上を勘案して、本研究で便宜的に定義した咬合感覚に関して一度思索すると、ひとつの疑問が生じる－『非常に高度な制御機構と緻密な調節機構があったとしても、最初の段階、すなわち、咬合力の判定に誤りが生じる可能性はないのか？仮にこのようなエラーが生じたとすれば、その回復にどれほどの時間が必要なのか？』という疑問である。事実として、感覚には外界からの刺激に対して、生体の感受性を変化させる前注意的な神経機構、すなわち、Sensory gating system という仕組みが備わっている。この仕組みは、生体にとってあまり重要でない刺激に対しては反応を小さくし (gating out)、重要な刺激に対しては反応を小さくする (gating in) ことで生体の環境への適応に役割を果たしており、この感覚調節機構が損なわれた場合には、本来ならば抑圧すべき些細な外界刺激に曝され続けることになるため、統合失調症などの原因になるとされている。

感覚に備わるこのような感覚調節機構を勘案すると、『咬合感覚は日常的な出来事や外界変化に応じて一定の範囲内で経時的に変動しつつ、物理的あるいは心理的刺激因子の種類や程度によっては“gating”効果によって可塑性変調する可能性がある』という仮説が成り立つ。

2. 研究の目的

上記の仮説を立証するには、以下の事柄を検討する必要がある；

(1) 咬合感覚閾値の経時的变化に関する検討～咬合感覚閾値時系列データに対する周波数解析

咬合感覚閾値の経時的变化を記録すると、そのデータは波形データとして取り扱うことが可能である。波形データに対して周波数解析を行うことによって、基底部分としての直流成分と修飾要素としての様々な高調波交流成分が明らかとなる。したがって、咬合感覚閾値経時的波形データに対して周波数解析を行うことによって、咬合感覚閾値の経時的变化の構成要素が明らかとなり、その特性を知ることができる。

(2) 心理的ストレスによる Sensory gating system が咬合感覚閾値の変調を惹起するか否かの検討

Sensory gating system は、脳内情報処理機構が物理的あるいは心理的ストレスを認知する際の最初のコンポーネントである。したがって、Sensory gating system を惹起する刺激としては、低侵襲性であり、標準化された国際的感情刺激である“ IAPS ” (International Affective Picture System) を用いることとする。IAPS は喜び・悲しみ・恐怖・怒りなどを想起させる写真から構成されており、これらの写真に対しては、positive, neutral, negative という情動価が設定されている。歯根膜感覚閾値が心理的ストレスにより増加したことを観察した研究代表者の過去の知見を勘案すると、IAPS のうち negative 情動価を持つ写真が提示されれば、gating 効果により咬合感覚閾値は変調することが予測される。ただし、この変調は生体の恒常性維持機能を勘案すると、不可逆的ではなく可逆的な可塑性変調であることが推測される。

以上より本申請研究課題は、咬合感覚閾値の経時的变化の特性を明らかにすること、および、心理的ストレスにより惹起される Sensory gating system が咬合感覚閾値の経時的变化に及ぼす影響を検討し、咬合感覚の本態を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 被験者

本実験の趣旨を理解し実験参加の同意が得られた成人 22 名 (男性 12 名、女性 10 名、平均年齢 26.7 ± 4.1 歳) を対象とした。実験参加の適用基準としては、歯牙欠損および不正咬合を示さない、顎口腔機能異常を認めない、および、精神医学的疾患を有さない、ことを全て満たす者とした。

(2) 歯根膜感覚閾値 (Force Perceptual

Threshold; FPT) の計測

FPT の計測は研究代表者が自作した荷重装置を用いて行った。被験歯は上顎右側第一大臼歯とし、咬合面中央に円形の被荷重面テーブル (直径 9 mm, 厚み 2mm, 図 1 参照) を咬合平面に平行となるように位置づけてレジジン系仮封材によって固定した。

荷重装置は荷重ユニットと電動アクチュエーターから構成されている。荷重ユニットの先端には荷重作用点として被荷重面テーブルと同形の荷重面テーブルを設置し、同部を作用点とした荷重をひずみゲージによって検出し、データレコーダーにリアルタイム記録した (サンプリング周波数 100Hz)。本研究では、電動アクチュエーターのリニア運動速度を 2 mm/s に設定し、荷重面テーブル鉛直方向に 236.23 mN/s の定速荷重が生じる仕様で荷重装置を駆動して刺激荷重とした。

被験者には荷重の感知を報告するトリガースイッチを渡し、被験歯に荷重を感じた瞬間にスイッチを押すように指示した。トリガースイッチからのトリガー信号は上記データレコーダーに刺激荷重とともに記録した。

FPT 算出のための計測は 10 回行い、その平均値を FPT とした。なお、10 回の計測中の任意の時期に無刺激試行を 3 回行い、被験者の慣れと期待の誤差を可及的に排除した。

(3) 咬合感覚閾値 (Inter-Occlusal Force Threshold; I-OFT)

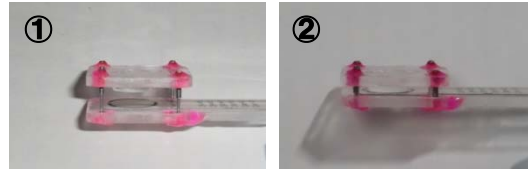


【図 1. 自作咬合力計の構成部品】

①被荷重面テーブル, ②被荷重部, ③感圧シート設置部, ④感圧シート

I-OFT の計測は、感圧センサーを利用したアクリル製咬合力計を自作して行った (図 1, 2 参照)。咬合力計の被荷重部が被験歯の被荷重面テーブルに均等に接触するように口腔内に挿入後、被験者に咬合力計を咬合保持させた。感圧シート設置部の対合下顎臼歯部歯列咬合面に接触する面には、熱可塑性コンパウンドを介在させて、咬合保持に伴う本装置の変形を防止するとともに、本装置の再設置の再現性を確保した。咬合保持によって感圧シート被感圧部に生じた荷重は、上記と同じデータレコーダーに記録した。咬合保持は、FPT 計測時に被験者が感知した大きさの荷重を被験者自身の咬合動作で再現するように

指示して行った。被験者は FPT 計測時に使用したトリガースイッチによって、FPT に相当する咬合力が被験歯に生じていると確信を持った時点を報告し、その後 2 分間自身の咬合感覚に従って同じ咬合力を維持した。



【図 2. 自作咬合力計の組み立て】

①; 図 1 の②~④の部品の所定箇所への位置付け。被荷重部と感圧シート設置部は矯正用チューブとワイヤーによって設置方向を規定している。

②; 組み立て後の概観。被荷重部裏面に被荷重面テーブルと同形のテーブルを設置し、感圧シート被受圧面に均等に接触している。

2 分間の咬合保持に寄って得られる I-OFT の波形を高速フーリエ変換 (ポイント数; 10000 点, 窓関数; ハニング) によって周波数解析し、DC 成分を I-OFT とした。

(4) 脳波 (Electroencephalogram; EEG) 記録

本研究では、実験動作を通じて 10-20 法に従った EEG 記録を行った。脳波用電極は C3, C4, Cz, F3, F4, Fp1, Fp2, Fz に設置し、リファレンス電極は Fz-Cz 中点に、不関電極は Fpz に設置し、システムリファレンス電位は (C3 + C4) / 2 とした。EEG 記録は生体信号記録装置によって行い、記録時サンプリング周波数は 1 kHz とし、ハムフィルター (60 Hz), 100 Hz ハイカットフィルターを用いて、時定数を 0.3 s とした。各電極から得られた EEG 信号は CD (Complex Demodulation) 法による周波数解析によって、 α 帯 (8-13 Hz) パワースペクトルと β 帯 (14-30 Hz) パワースペクトルを求めた。解析条件は時間分解能 10 ms, 周波数帯域 0.175 Hz とした。エポック時間は閉眼状態を解析対象とする際には 5 秒間とし、開眼状態の場合には 2 秒間とした。解析対象時間帯から 5 区画抽出して α および β 帯のパワースペクトルの平均値を算出後、エポック時間で除した値をパワー値として解析に用いた。また、各解析対象時間帯のパワースペクトルの比 β/α も算出した。

(5) IAPS による心理的ストレス

IAPS の各視覚スライドには誘発度 (1~9) と覚醒度 (1~8) が求められている。誘発度が小さいほど不快感情が誘発され、覚醒度が高いほど興奮状態であることからおり、本研究では誘発度 2.0 未満かつ覚醒度 6.0 以上の

スライドをランダムに選択して用い、各スライドの提示時間は10秒間とした。なお、実験開始前に被験者が極度の恐怖、不快感を覚えるイメージを問診しておき、実験にはそれらのイメージが含まれないようにして、実験後の被験者の精神衛生状態に配慮した。

(6) 実験プロトコル

被験者咬合面に被荷重面テーブルを設置後に被験者の頭部に EEG 用電極を貼付した。その後、木製の椅子に90度座位で着席し、5分間の閉眼安静を指示した（以後、この時間帯を rest1 とする）。rest1 終了直後に FPT および I-OFT の計測を行った。閾値関連計測終了直後から IAPS によるスライド提示を5分間行った（以後この時間帯を IAPS とする）。IAPS 中には瞬目によるアーチファクトが EEG 波形に混入するのを防ぐために、可及的に閉眼状態を維持しつつ提示スライドを見続けるように指示した。IAPS 終了直後に再度 FPT および I-OFT の計測を行った。2度目の閾値関連計測が終了した後に再度5分間の閉眼安静を指示した（以後、この時間帯を rest2 とする）。rest2 終了直後に3度目の閾値関連計測を行った。上記の一連の実験が終了後に提示されたスライドに対する心理的ストレスの度合いを Visual Analog Scale (VAS) によって調査した（評定基準：最高値100；耐え難いストレスを感じる、最低値0；全くストレスを感じない）。

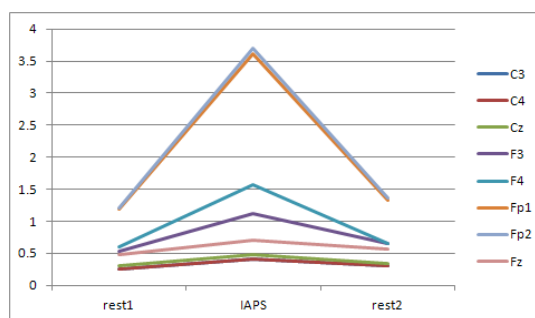
(7) 統計解析

各被験者から得られたデータの被験者内因子を rest1, IAPS, rest2 の3条件として、反復測定一元配置分散分析を行った（両側検定、 $\alpha = 0.05$ ）。なお、モークリーの球面性検定が棄却された場合には、グリーンハウスのイプシロンによって自由度を調整して有意差検定を行った。有意差がみられた場合にはボンフェローニの多重比較検定を行った。

4. 研究成果

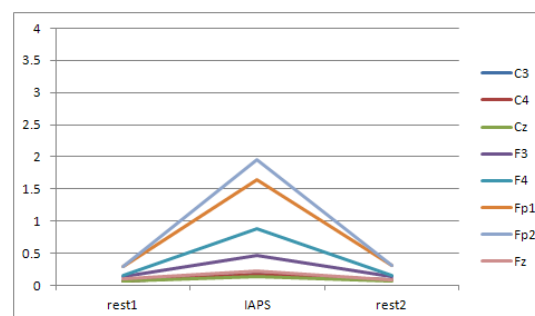
(1) EEG

図3, 4に示すように、全ての電極位置において、rest1 時間帯に観察された α 帯および β 帯パワー値は、IAPS によってともに有意に増加した ($p < 0.05$)。図5に示すように、 β/α 比も同様に有意に増加したことから、IAPS による β 帯脳波の活性化は α 帯脳波に比べて強いと考えられる。IAPS 終了後の rest2 時間帯には、各電極 EEG の α 帯および β 帯パワー値および β/α 比は有意に減少した ($p < 0.05$)。ただし、C3, C4 および Cz の α 帯パワー値は有意な減少を示さなかった。



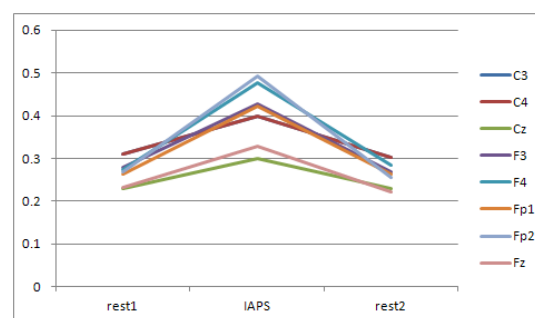
【図3. α 帯パワー値の経時的変化】

(縦軸； α 帯パワー ($\mu V^2/s$), 横軸；観察時間帯)



【図4. β 帯パワー値の経時的変化】

(縦軸； β 帯パワー ($\mu V^2/s$), 横軸；観察時間帯)



【図5. β/α 比の経時的変化】

(縦軸； β/α 比 ($\mu V^2/s$), 横軸；観察時間帯)

(2) VAS スコア

VAS スコアは中央値 58.5, 最大値 90, 最小値 13, 75 パーセンタイル値 71.5, 25 パーセンタイル値 30.25 を示し、広範囲にスコアが分布した。したがって、今回用いた IAPS スライドによる心理的ストレスの程度に個体差があると考えられ、FPT および I-OFT の解析は高ストレス群 (VAS スコア 76-90, 5名), 中ストレス群 (VAS スコア 30-72, 12名), および低ストレス群 (VAS スコア 13-25, 5名) に分けて解析することとした。

(3) FPT

L 群では rest1 時において 38.5 ± 16.0 mN を示した閾値が IAPS によって有意に増加

した (41.0 ± 16.9 mN, $p = 0.006$). rest2 には FPT は減少したがいずれの時間帯に対しても有意差はみられなかった (36.8 ± 23.7 mN).

M 群の FPT は観察期間を通じて有意差を示さなかった (rest1; 41.5 ± 14.3 mN, IAPS; 44.7 ± 16.6 mN, rest2; 40.5 ± 12.5 mN) が, IAPS は rest1 と rest2 との間に有意な正の相関を示し (rest1 vs IAPS; Pearson 相関係数 0.772 , $p = 0.003$, IAPS vs rest2; Pearson 相関係数 0.773 , $p = 0.003$), IAPS によって FPT が可塑性に増加する傾向があることが示唆された (図 6 参照).

H 群では rest1 時に 33.2 ± 11.9 mN の閾値を示し, 経時的に閾値は減少し (IAPS; 29.8 ± 5.9 mN), rest2 では有意に低い値を示した (23.2 ± 9.8 mN, $p = 0.007$).

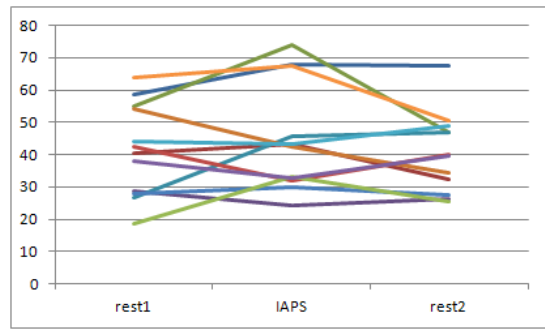
(4) I-OFT

本研究ではサンプリング周波数 100Hz で 2 分間の I-OFT を記録し, ポイント数 10000 点で高速フーリエ変換を行った結果, 周波数分解能は 0.01 Hz であった. 1 波形を除いた全ての波形のメインローブは 0.01 Hz であり, DC 成分を基準とした場合, 0.05 Hz 以内に振幅スペクトルは 3dB 減少していた. これらの所見から, I-OFT は一つの低周波成分に多数の小さな高周波成分が重畳していることが明らかとなった. また, 周波数分解能をさらに小さくすることによって, さらに詳細に I-OFT を検討し得ることも明らかとなった.

L 群の I-OFT は時間帯間において有意差を示さなかった (rest1; 38.6 ± 37.6 mN, IAPS; 42.8 ± 49.7 mN, rest2; 28.8 ± 25.7 mN) が, rest1-IAPS 間および IAPS-rest2 間には有意の正の相関がみられ (rest1 vs IAPS; Pearson 相関係数 0.995 , $p < 0.001$, IAPS vs rest2; Pearson 相関係数 0.952 , $p = 0.013$), L 群では IAPS によって I-OFT が一過性に増加する傾向が示唆された.

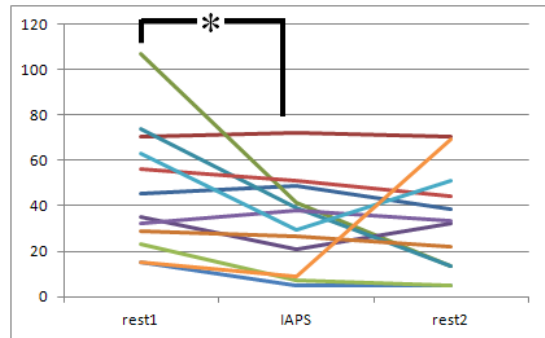
M 群では rest1 において 47.1 ± 27.8 mN の I-OFT が観察され, IAPS 時には有意に減少した (32.4 ± 20.2 mN, $p = 0.032$, 図 7 参照). rest2 時には 33.2 ± 22.7 mN の I-OFT が観察され, 他の時間帯に対して有意差は観察されなかった.

H 群の I-OFT は, rest1, IAPS および rest2 の間に有意差を示さず (rest1; 29.0 ± 32.8 mN, IAPS; 42.9 ± 31.3 mN, rest2; 37.3 ± 37.7 mN) が, いずれの時間帯組み合わせにおいても相関もみられなかった.



【図 6. M 群の FPT 経時的変化】

(縦軸; FPT (mN), 横軸; 観察時間帯)



【図 7. M 群の I-OFT 経時的変化】

(縦軸; I-OFT (mN), 横軸; 観察時間帯, *, $p = 0.032$)

(5) 考察

本研究では IAPS による視覚情報を介して心理的ストレスを被験者に与え, EEG 記録によってスライド提示時に脳機能活動が活性化することが観察された. しかし, 同じイメージであっても受け手である被験者の主観によって自覚するストレスの程度には差があり, VAS スコアによる評価によってストレスの個体間差が広範囲に及ぶことが確認できた.

FPT は心理的ストレスの程度が高まるにつれて, 閾値の一過性増加傾向が減少し, 強度の心理的ストレスの場合には経時的に減少する変化を示した. これらの所見から, 心理的ストレスには歯根膜感覚を鈍磨化する作用があるものの, 程度が極めて強度となった場合には鋭敏化する特徴があることを示唆している.

一方, I-OFT は心理的ストレスの程度が低い場合には一過性の増加を示すものの, ストレス程度が増加すると逆に有意に低い値を示した. ストレスが極めて高くなると経時的変化に規則性はなくなった. I-OFT の咬合力は, 直前に計測した FPT と自覚的に同じ強度の大きさを指示していたことを勘案すると, 心理的ストレスが低い場合には, 被験者の咬合感覚は歯根膜感覚の経時的変化に従って一過性の増加を示すが, ある程度の強さのス

トレスに曝露すると、歯根膜感覚とは逆に一過性の減少を示すものと考えられる。このことは、末梢レベルの知覚は心理的ストレスによって鈍磨化する一方で、効果器としては弱い程度の能力を発揮することによって末梢レベル組織を保護する機能が反映されていることが推察される。極めて強度の心理的ストレスに曝露した場合のI-OFTには経時的変化に規則性を見出すことは出来なかった。サンプル数が小さいことが主要因と考えられるため、サンプル数を増加させて検討を加える必要があると考えられる。

本研究の結果から、歯根膜感覚と咬合感覚は自覚ストレスの程度によって経時的に異なる可塑性変化を示すことが明らかとなった。

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)

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

沖 和広 (OKI KAZUHIRO)

岡山大学・大学院医歯薬学総合研究科・
助教

研究者番号：00346454

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者