

口腔顔面痛の既往の有無と昼夜咬筋筋活動の関係に関する研究

Acing Habibie Mude

Study on masseter muscle activity during awake and sleep in relation to history of orofacial pain

岡山大学大学院医歯薬学総合研究科 咬合・有床義歯補綴学分野
(主任：皆木省吾教授)

緒 言

下顎異常機能は顎関節症の発症に関与している可能性があると考えられている¹⁻³⁾。興味深いことに、最近の研究においては、強度の強い咬みしめよりも持続する低い強度の咬みしめが筋筋膜疼痛に関与していることを示唆する報告がある。Svensson⁴⁾は60分間にわたる10% maximal voluntary clenching (%MVC)の咬みしめが筋疲労を起こすことを報告しているが、その一方でTakeuchi⁵⁾は、弱い咬みしめは顎関節症状を起こすには至らないとする報告もある。

これまでの研究においては低強度の咬みしめによって健常被験者において疼痛や疲労が引き起こされるかどうかには焦点を絞ったものが多い³⁻⁶⁾。実験的な咬みしめが疼痛や疲労に及ぼす影響については現時点ではなお議論の対象である。顎関節症患者や正常被験者の昼夜に及ぶ咀嚼筋活動についてはいまだに明らかになっていない。優れた信号雑音比を有する筋電計を用いて昼夜を通して咀嚼筋の筋活動を評価することは顎口腔系の機能を明らかにするために重要な意義があると考えられる。

本研究は、口腔顔面痛の既往のある被験者群とない被験者群において昼夜の筋活動の特性を比較することを目的とした。

材料ならびに方法

1. 被験者

33名の岡山大学歯学部学生（男性11名，女性22名：平均年齢23.9歳）を被験者とした。全ての被験者はResearch Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders（以下，RDC/TMD）質問表に回答した。被験者はRDC/TMDの質問番号1及び質問番号5の結果に従い，疼痛経験群（以下，疼痛+群）と対照群（以下，疼痛-群）に分類された。質問番号1は，あご，こめかみあるいは耳の前の疼痛の既往を問う質問であり，質問番号5は，過去30日以内の側頭部の頭痛の既往を問う質問である。質問番号1あるいは質問番号5にありと回答したものを疼痛+群に分類し，いずれにもなしと回答したものを疼痛-群に分類した。

本研究は岡山大学倫理委員会の承認を得て実施した（承認番号：研1508-003）。

2. 筋電図記録

筋電図記録は左側咬筋の表面電極を用いてKawakami⁷⁾の方法に準じて採得し

た。記録は週日に、朝 9 時に記録を開始し翌朝の起床時まで記録を継続した。携帯型筋電図記録にはアナログ筋電アンプ(NB-6201HS; Nabtesco Co., Kobe, Japan) 及びデジタルレコーダー(ICR-PS004M; Sanyo Electric Co., Ltd., Osaka, Japan) を用いた。電極の装着に際しては、当該部の皮膚を 70%アルコール綿を用いて清拭した。電極には日本光電社製の使い捨て電極 (Vitrode F-150S) を用い電極間距離は 15mm とした。さらに、Kumazaki ら 8) の方法に準じて、発話中の筋電図記録をそれ以外の部分と判別するために、頸部に貼付したマイクを入力源とした音声検出スイッチ (以下、VOX) を用いてトリガー信号を発生させ筋電図信号と同時記録した。筋電図用電極及び頸部のマイクはカテーテル固定用ドレッシングテープ (FS1010, ニチバン) を用いて固定した。

3. 筋電図解析

筋電図記録は回収した後に、200Hz のローパスフィルター及び 60Hz のノッチフィルターを用いてオフラインで処理した。さらに時定数 10msec にて積分処理を行った。Kumazaki ら 8) の報告に従い、VOX トリガーを伴う部分の筋電図活動については、その後の解析から除外した。また、食事の咀嚼に伴う筋活動もその後の解析から除外した。

最低限の筋活動を識別するための閾値として安静時の Baseline 信号の 2 倍の値を用いた 9)。この閾値を越えて 2 秒間以上持続する事象を、低強度持続咬みしめと判定した 10)。各々の低強度持続咬みしめは、その平均信号強度を%MVCとして評価した。低強度咬みしめは Farella ら 6) の報告に従って、<7.5% MVC, 7.5%–10% MVC, 10%–15% MVC, 15%–25% MVC, 25%–40% MVC, および >40% MVC の 6 段階に分類した。筋電図の解析には自作のプログラムを使用した。

4. 統計解析

低強度咬みしめの発現頻度と持続時間の差の検定においては、分散の同一性および分布の正規性について検定し、これらが示されなかった場合には Mann-Whitney U test を用いて解析を行った。データの正規性については Kolmogorov-Smirnov test および Shapiro-Wilk test を用いて検定を行った。これらにより、疼痛+群と疼痛-群の間の差の検定には Mann-Whitney U test を用いて解析を行った。またベースラインノイズレベルについて正規性の検定を行い、Grubbs' test for outliers によってこの分布からはずれる計測データについては筋電計の装着に不備があったものと判断し、その後のデータ解析から除外した。統計処理には SPSS (Version 22.0) を用い、 p 値が 0.05 以下をもって有意差ありと判定した。

結 果

33名の被検者のうち、4名が除外された。このうち1名は計測対象時間内にアルコール摂取があったためであり、残りの3名は以下の処理によって筋電計装着に関わる不備があったと判定されたためである。すなわち、まず Kolmogorov-Smirnov test によって、疼痛+群および疼痛-群のいずれにおいてもベースラインノイズレベルは正規性を示すことが確認された。その後 Grubbs' test for outliers を行った結果、疼痛+群の1名および疼痛-群の2名のデータにおいてベースラインノイズが有意に高いことが示されたため、これら3名のデータを除外した。各群の被検者の年齢および人数分布を表1に示す。疼痛-軍および疼痛+群におけるベースラインノイズの強度はそれぞれ平均 $2.84 \pm 1.22\%$ MVC および $3.05 \pm 1.15\%$ MVC であった。除外された被検者のベースラインノイズレベルについては、疼痛+群の被検者で 7.70% MVC、疼痛-群の被検者で 6.94% MVC および 9.80% MVC を示し、いずれも 5% MVC よりも大きな値であった。これら3名の被検者を除いた平均ベースラインノイズレベルは $2.94 \pm 1.18\%$ MVC であった。

図1は低強度咬みしめの典型的な筋電図波形を示す。最大咬みしめ (MVC) を示す波形およびベースラインノイズレベルと比較すれば、低強度咬みしめの評価に優れた信号雑音比を有する筋電計が必要であることがわかる。全ての低強度咬みしめ事象について、その平均強度と持続時間を対比させたものを図2に示す。図2 a に示されるように覚醒時においては、疼痛+群の方が疼痛-群よりも持続時間の長い低強度咬みしめの発現頻度が高いことがわかる。疼痛-群における覚醒時の低強度咬みしめ持続時間は平均 4.64 ± 4.50 s であった。これらの分布における平均値に標準偏差の2倍の値を加えたものを低強度持続咬みしめの時間的閾値として考えると、低強度持続咬みしめのカットオフ閾値は覚醒時については 13.65 s となる。

覚醒時に認められる低強度持続咬みしめの発現頻度を図3 a に示す。発現頻度は1時間あたりの発現頻度として計算されている。覚醒時においては、疼痛-軍よりも疼痛+群の方が有意に低強度持続咬みしめの発現頻度が高かった ($p = 0.028$, Mann-Whitney U test)。睡眠中に関しては、疼痛-軍における咬みしめの平均持続時間は 4.72 ± 5.14 s であった。この事象の平均持続時間にその標準偏差の2倍を加えたものを低強度持続咬みしめの時間的閾値として考えると、このカットオフ閾値は睡眠時について 15.01 s となった。図3 b は睡眠時の低強度持続咬みしめの発現頻度を示す。睡眠時については、疼痛-群と疼痛+群との間に統計的な有為差は見られなかった。これらの結果から、15秒をカットオフ閾値として解析に用いた。

図4は疼痛-群および疼痛+群における15秒以下の短い低強度咬みしめと、15秒以上

の低強度持続咬みしめを示す。短い低強度咬みしめは低強度持続咬みしめよりも発現頻度が高かった。また、低強度持続咬みしめは、その強度が 7.5%–10% MVC, 10%–15% MVC, および 15%–25% MVC のものにおいて疼痛一群よりも疼痛+群における方が発生頻度が優位に高かった ($p = 0.022$, $p = 0.013$, $p = 0.032$; Mann–Whitney U test) (図 4b)。一方睡眠中に関しては、これら 2 群間において、短い低強度咬みしめおよび低強度持続咬みしめのいずれにおいてもその発現頻度に有意差は認められなかった (図 4 c,d)。

図 5 に覚醒時及び睡眠時別の、短い低強度咬みしめと低強度持続咬みしめの総持続時間を示す。疼痛+群においては、7.5%–10% MVC, 10%–15% MVC, and 15%–25% MVC の強度において疼痛一群よりも有意に長い低強度持続咬みしめの発現時間が認められた ($p = 0.010$, $p = 0.022$, $p = 0.036$, respectively, Mann–Whitney U test) (図 5b)。一方睡眠時に関しては、短い低強度咬みしめに置いても、低強度持続咬みしめにおいても両群間の間に有意差は認められなかった。(図 5 c,d)

考 察

本研究は、昼夜を通じて低強度咬みしめを筋電図を用いて解析した最初の研究であると考えられる。低強度咬みしめについては顎関節症の発症との関連で長く注目されている事象であり、多くの研究がこれを検討している (3-6,11-14)。しかし、実験的な咬みしめタスクが顎口腔系に及ぼす影響を検討したものが比較的多い (6,13,14)、日中の筋活動を記録した研究も存在するものの記録時間が短いものである (11,15)。

本研究は、高い信号雑音比を有する携帯型の筋電計を用いて終日の甲筋活動を解析することに焦点を当てた。本研究においては被検者は疼痛一群と疼痛+群に分けられた。これらの被検者は顎関節症の治療を求めて病院を受診する患者群とは異なる。本研究の被検者群は、治療を求めるほどには疼痛の強くない母集団における咬みしめの発現を解析するのに適していると考えられる。

図 2 に示すように、低強度持続咬みしめは疼痛一群および疼痛+群のいずれにおいても発現が認められた。本研究において用いた筋電計による平均ベースラインノイズレベルが $2.94 \pm 1.18\%$ MVC と良好な値を示したことは、低強度咬みしめを評価する目的に適していたと考えられる。低強度の咬筋筋活動を表面筋電図を用いて計測する場合には、表情筋からの信号の混入が問題となる。表情筋の活動との関係において、会話は表情変化と同様に社会的活動に伴って発現する事象であることから、Kumazaki ら 8)の方法に従って発話を指標としてその筋電図記録を除外した。

持続咬みしめの頻度については、強い咬みしめは短い傾向にあり、低レベルの咬みしめ事象が多く認められる傾向にあった。この傾向は特に疼痛+群において著明であった。同様の現象が低強度持続咬みしめにおいて著明であった。これに関連する報告

としては、Chen ら 12) が筋原性疼痛を訴える患者は対照群に比べて日中咬みしめの頻度が約 4 倍であると報告しているが、その詳細な内容については明らかとなっていない。本研究においては、短い低強度咬みしめの発現頻度も総時間も疼痛+群において多い傾向は認められたが、統計的には低強度持続咬みしめのみ有意差が認められた。この結果は顎関節症関連疼痛の発現に低強度持続咬みしめが関与している可能性を示唆するものであると考えられる。

顎関節症の状態に影響を及ぼしうる低強度咬みしめの強さについては依然として議論の対象となっている 4, 5, 11, 15, 19, 20)。最も詳細に報告されているものの一つに Farella ら 6) の論文がある。彼らは 7.5%, 10%, 15%, 25%, および 40% MVC を咬みしめ強度として採用している。彼らの研究結果からは、10-15%MVC 程度が機能的な境界に相当すると推測される。本研究結果からは 15%MVC 程度の値が疼痛+群に特徴的であるとされる。本研究の結果においては、疼痛一群と比較して疼痛+群において 7.5%-25% MVC の範囲の持続咬みしめが高頻度で認められた。したがって今後の研究においては、この強度範囲の筋活動に着目した研究が行われることが期待される。

Raphael ら 9) は睡眠時の筋活動を解析した研究において、顎関節症群においては正常群よりもバックグラウンドの筋活動の頻度が有意に高いと報告している。しかし、本研究においてはほとんどの筋活動は睡眠中ではなく覚醒時に認められた。この結果は我々のこれまでの研究 7,8) と整合性があり、多くの非機能的な咀嚼筋活動は覚醒時に発現していると推察される。この点を明らかにするためには、今後の研究において、バックグラウンドの筋活動に着目した筋電図の記録解析を行う必要があると考えられる。

本研究においては、MVC の記録時に最大の咬合力を発揮するように指示したにもかかわらず、100%MVC を超える筋活動が疼痛+群においても疼痛一群においても認められた。この傾向は、疼痛一群よりも疼痛+群においてより顕著に認められた。この所見から、機能異常を認める場合の筋電図の標準化に MVC を用いることの不安定さが示唆されるかもしれない。Kogawa ら 21) は、顎関節症患者における MVC の強度が健常被検者よりも低いことを報告している。低い値の MVC 値を用いて標準化することによって、顎関節症患者における %MVC 値は過大評価される可能性があると考えられる。将来的には、特に疾患を有する状況の筋活動の評価には、例えば 500gf 等の特定の咬合力を規定してその筋活動を用いるなどの、%MVC に代わる筋電図の標準化方法が必要とされるかもしれない。

結 論

本研究では、口腔顔面痛の既往のない被験者と比較して、口腔顔面痛の既往のある

被検者における方が，咬筋表面筋電図を用いて計測した低強度持続咬みしめの発現頻度が有意に多くその持続時間も有意に長いことが示された。さらに，15秒という持続時間が低強度持続咬みしめのカットオフ値になりうることが示唆された。

参考文献

- 1) Huang GJ, LeResche L, Critchlow CW, Martin MD, Drangsholt MT. Risk factors for diagnostic subgroups of painful temporomandibular disorders (TMD). *J Dent Res.* 2002; 81: 284.
- 2) Sato F, Kino K, Sugisaki M, Haketa T, Amemori Y, Ishikawa T et al. Teeth contacting habit as a contributing factor to chronic pain in patients with temporomandibular disorders. *J Med Dent Sci.* 2006; 53: 103-109
- 3) Glaros A, Williams K, Lausten L, Friesen LR. Tooth contact in patients with temporomandibular disorders. *J Craniomandib Pract.* 2005; 23: 188-193
- 4) Svensson P, Burgaard A, Schlosser S. Fatigue and pain in human jaw muscles during a sustained, low-intensity clenching task. *Arch Oral Biol.* 2001; 46: 773-777.
- 5) Takeuchi T, Arima T, Ernberg M, Yamaguchi T, Ohata N, Svensson P. Symptoms and physiological responses to prolonged, repeated, low-level tooth clenching in humans. *Headache.* 2015; 55: 381-394
- 6) Farella M, Soneda K, Vilmann A, Thomsen CE, Bakke M. Jaw muscle soreness after tooth-clenching depends on force level. *J Dent Res.* 2010; 89: 717-721
- 7) Kawakami S, Kumazaki Y, Manda Y, Oki K, Minagi S. Specific diurnal EMG activity pattern observed in occlusal collapse patients: relationship between diurnal bruxism and tooth loss progression. *PLoS ONE.* 2014; 9: e101882.
- 8) Kumazaki Y, Naito M, Kawakami S, Hirata A, Oki K, Minagi S. Development of a speech-discriminating electromyogram system for routine ambulatory recordings for the low-level masseter muscle activity. *J Oral Rehabil.* 2014; 41: 266-274
- 9) Raphael KG, Janal MN, Sirois DA, Dubrovsky B, Wigren PE, Klausner JJ et al. Masticatory muscle sleep background electromyographic activity is elevated in myofascial temporomandibular disorder patients. *J Oral Rehabil.* 2013; 40: 883-891
- 10) Lavigne GJ, Rompré PH, Montplaisir JY. Sleep bruxism: validity of clinical research diagnostic criteria in a controlled polysomnographic study. *J Dent Res.* 1996; 75: 546-52.
- 11) Endo H, Kanemura K, Tanabe N, Takebe J. Clenching occurring during the day

- is influenced by psychological factors. *J Prosthodont Res.* 2011; 55: 159-164
- 12) Chen CY, Palla S, Erni S, Sieber M, Gallo LM. Nonfunctional tooth contact in healthy controls and patients with myogenous facial pain. *J Orofac Pain.* 2007; 21: 185-193
 - 13) Glaros A, Burton E. Parafunctional clenching, pain, and effort in temporomandibular disorders. *J Behav Med.* 2004; 27: 91-100.
 - 14) Glaros AG, Tabacchi KN, Glass EG. Effect of parafunctional clenching on TMD pain. *J Orofac Pain.* 1998; 12: 145-152
 - 15) Watanabe A, Kanemura K, Tanabe N, Fujisawa M. Effect of electromyogram biofeedback on daytime clenching behavior in subjects with masticatory muscle pain. *J Prosthodont Res.* 2011; 55: 75-81.
 - 16) Jorgensen C, Dusan S. Speech interfaces based upon surface electromyography. *Speech Commun.* 2010; 52: 354–366.
 - 17) Fraiwan L, Lweesy K, Al-Nemrawi A, Addabass S, Saifan R. Voiceless Arabic vowels recognition using facial EMG. *Med Biol Eng Comput.* 2011; 49: 811–8.
 - 18) Stepp CE. Surface electromyography for speech and swallowing systems: measurement, analysis, and interpretation. *J Speech Lang Hear Res.* 2012; 55: 1232–46.
 - 19) Gohdo Y, Fujisawa M. Determination of electromyogram biofeedback threshold for patients with clenching behavior. *Prosthodont Res Pract.* 2004; 3: 46-54
 - 20) Fujisawa M, Kanemura K, Tanabe N, Gohdo Y, Watanabe A, Iizuka T et al. Determination of daytime clenching events in subjects with and without self-reported clenching. *J Oral Rehabil.* 2013; 40: 731-6.
 - 21) Kogawa EM., Calderon PS, Lauris JR, Araujo CR, Conti PC. Evaluation of maximal bite force in temporomandibular disorders patients. *J Oral Rehabil.* 2006; 33: 559–565. doi:10.1111/j.1365-2842.2006.01619.x.

表 1 被験者

グループ	性別		計
	男性	女性	
EMG データ記録対象			
疼痛+群	5 (22.4 ± 0.9 歳)	12 (24.9 ± 6.1 歳)	17 (24.2 ± 5.2 歳)
疼痛-群	6 (22.8 ± 1.6 歳)	10 (24.2 ± 3.7 歳)	16 (23.7 ± 3.1 歳)
分析対象			
疼痛+群	5 (22.4 ± 0.9 歳)	11 (25.1 ± 6.4 歳)	16 (24.3 ± 5.4 歳)
疼痛-群	5 (23 ± 1.7 歳)	8 (24.8 ± 4 歳)	13 (24.1 ± 3.3 歳)
4人の被験者の EMG データは分析から除外した。		(Mean ± SD)	

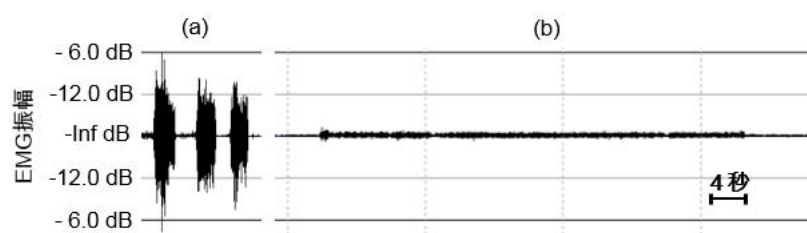


図 1. 低強度持続咬みしめの典型的な波形の一例 a: 最大咬みしめ, b: 低強度持続咬みしめ

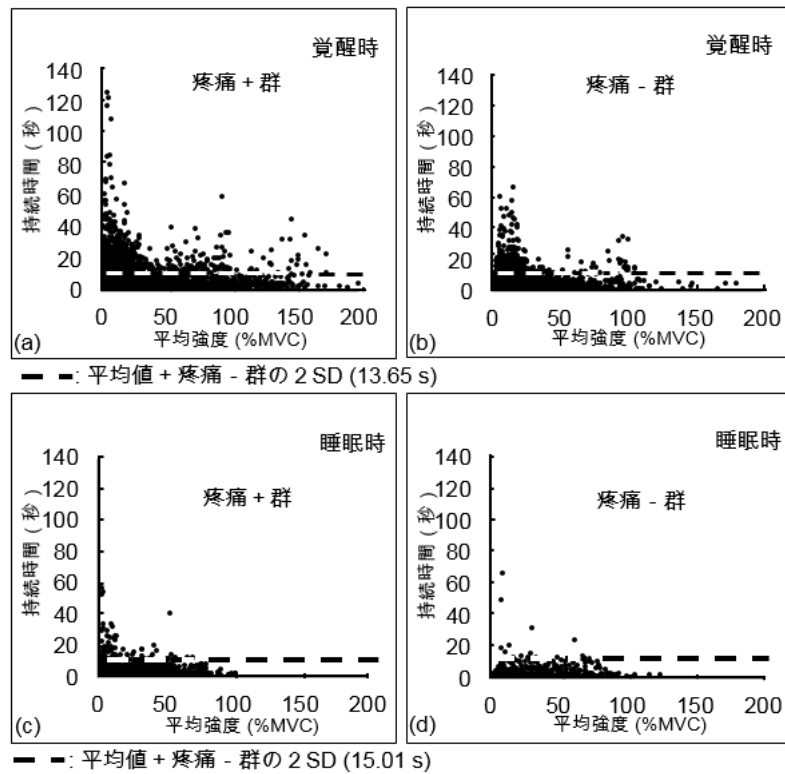


図2. 被験者29名の持続咬みしめ解析に関する散布図。a: 疼痛+群 (覚醒時), b: 疼痛-群 (覚醒時), c: 疼痛+群 (睡眠時), d: 疼痛-群 (睡眠時)。破線はカットオフ値を示し, このカットオフ値よりも持続時間の長いものを持続咬みしめとする。

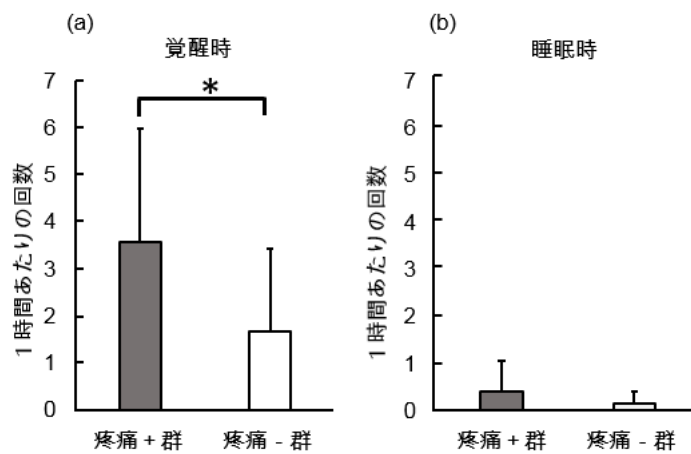


図3. 疼痛+群および疼痛-群における持続咬みしめの発現頻度。a: 覚醒時, b: 睡眠時

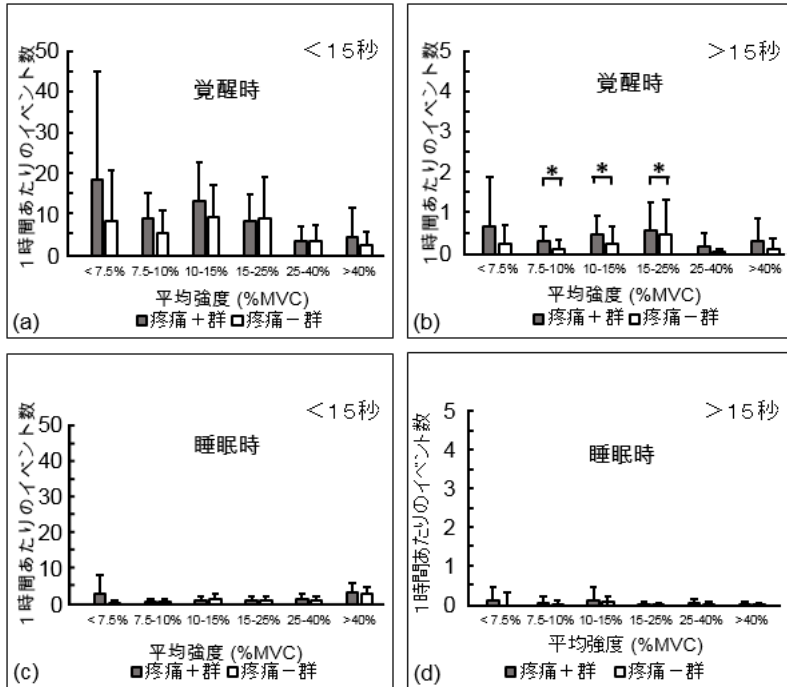


図 4. 15 秒未満および 15 秒以上の持続咬みしめの発現頻度。a: 15 秒未満の持続咬みしめ (覚醒時), b: 15 秒以上の持続咬みしめ (覚醒時), c: 15 秒未満の持続咬みしめ (睡眠時), d: 15 秒以上の持続咬みしめ (睡眠時)。 *: $p < 0.05$, Mann-Whitney U test

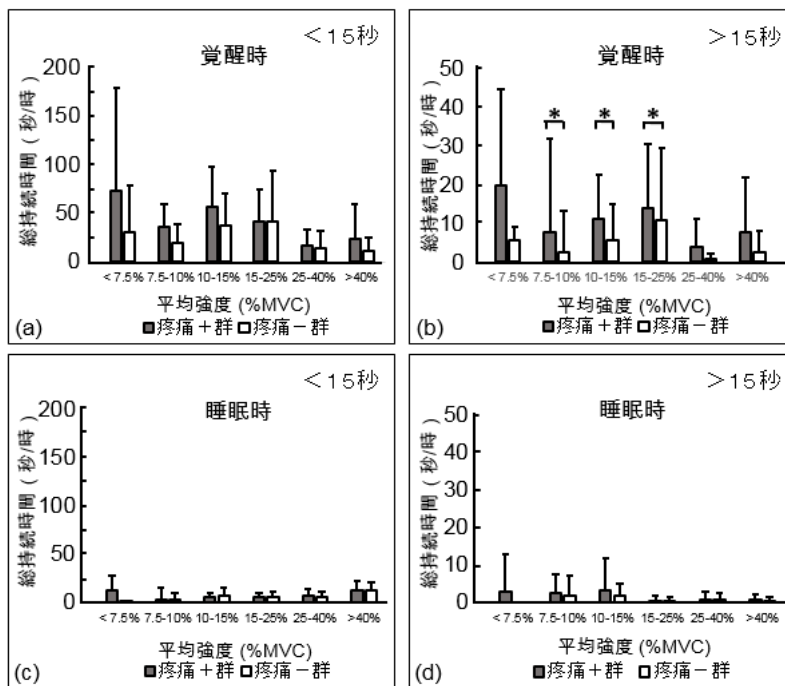


図5. 15秒未満および15秒以上の持続咬みしめの総持続時間。a: 15秒未満の持続咬みしめ（覚醒時），b: 15秒以上の持続咬みしめ（覚醒時），c: 15秒未満の持続咬みしめ（睡眠時），d: 15秒以上の持続咬みしめ（睡眠時）。*: $p < 0.05$, Mann-Whitney U test.