

クレンチングのメカニズムを中枢から測る

飯田 崇

Mechanism of Tooth Clenching in Central Nervous System

Takashi Iida, DDS, PhD

抄 録

クレンチングは口腔顔面痛、咀嚼筋痛、顎関節症を引き起こす因子の一つであると示唆されている。クレンチングが生じる理由と発現機序に関しては神経生理学的な中枢の因子と咬合接触などの末梢の因子が関連していると考えられているが、ヒトが無意識下において、この動作を行う理由とメカニズムに関してはいまだに明らかにされていない。クレンチングに関する脳活動の検討は現在までに複数されており、エビデンスが少しずつ集積されている。そこで、今回はクレンチングに関するヒトの脳活動について、これまでに得られた知見を総括して報告する。

和文キーワード

クレンチング、ブラキシズム、脳活動、運動制御

I. 諸 言

ブラキシズム (bruxism) は歯のクレンチングやグライディングを特徴とした繰り返しの咀嚼筋活動であり、睡眠中 (sleep bruxism) または覚醒中 (awake bruxism) に生じると報告されている^{1,2)}。いくつかの研究は、クレンチングが口腔顔面痛、咀嚼筋痛、顎関節症を引き起こす因子の一つであると示唆している³⁻⁵⁾。クレンチングが生じる理由と発現機序に関しては、神経生理学的な中枢の因子と咬合接触などの末梢の因子とが関連すると考えられている。しかしながら、ヒトがクレンチングを無意識に生じる理由とメカニズムに関してはいまだに明らかにされておらず、このメカニズムを解明するためにさまざまな実験手法によってアプローチが試みられている。その手法を二つに大別すると、末梢におけるクレンチングの行動メカニズム解明のために行う日常生活や実験的条件下での咀嚼筋活動の検討、あるいは中枢におけるクレンチングが発生するメカニズム解明のために行うクレンチング時の脳活動の検討に分けられる。

クレンチングに関する脳活動の検討は現在までに複数されており、エビデンスが少しずつ集積されている。これらの知見は将来の補綴歯科臨床において、ブラキシズムを抑制する治療方法の開発、ブラキシズムの習癖の有無に関する診断基準の一助になる可能性が考えられる。そこで、今回はクレンチングに関するヒトの脳活動について、これまでに得られた知見を総括して報告する。

II. クレンチングに関する脳活動

ヒトの脳活動に関する研究にはさまざまな測定機材が用いられている。これらの測定機材は測定原理が異なり、測定対象、空間分解能、時間分解能において異なった特徴を有する (表 1)。また顎運動を運動課題として用いた場合、頭部の位置移動が生じる。この頭部の位置移動が、測定機材によってはアーチファクトの原因となるため、測定時に制限が加わる場合もある。以上のことから、一つの顎運動を対象として脳活動を検討する場合、複数の測定機材を使用して各測定機器の短所を補い、最終的に各測定機器での結果を組み合わせる形で一

表1 各測定機材の比較

機材	測定対象	空間分解能	時間分解能	頭部移動によるアーチファクト
fMRI	脳血流	高い	中	大
NIRS	脳血流	低い	高い	小
MEG	神経活動	高い	高い	大

つの動作に関する脳活動を論じるのが理想といえる。

ヒトの顎運動に関係する脳活動の研究は、ポジトロンCT (PET), 機能的磁気共鳴装置 (fMRI), 近赤外分光法 (NIRS), 脳磁計 (MEG) を測定機材として使用し, さまざまな顎運動を運動課題として検討されている⁶⁻¹⁰⁾。これらの測定機材を用いた初期の報告では, 基礎的検討としてクレンチング, タッピング, ガムチューイングといった顎運動に関する脳賦活部位を解明している⁶⁻⁸⁾。しかしながら, クレンチングはタッピングやガムチューイングとは異なり, 等尺性の筋活動を伴う顎運動である。このことから中枢部位におけるクレンチングに関する脳活動は, ガムチューイングや咀嚼などの顎運動とは異なることが推測される。

fMRI を用いた研究では, クレンチング中の脳活動を静止時と比較し, 感覚運動野, 前運動野にて脳賦活を認めたと報告されている¹¹⁾。また, MEG を用いた研究では, 意識的に行うクレンチング直前の脳活動を測定し, クレンチング直前の脳賦活部位は左右非対称であること, クレンチング直前の脳賦活部位は感覚運動野, 補足運動野, 小脳であることを報告している^{12,13)}。しかしながら, これらの報告はクレンチング直前, クレンチング中の脳賦活部位についての検討である。

手指運動と顎運動の脳活動を比較した報告では, 両手のクレンチング (握りしめ) と歯のクレンチングを運動課題とし, fMRI を用いて両運動課題中の脳活動の比較を行っている¹⁴⁾。その結果, 歯のクレンチング中では感覚運動野, 後頭頂葉, 補足運動野, 前頭前野に脳活動を認め, 両手の握りしめ中では感覚運動野のみで脳活動を認めている。したがって, 歯のクレンチング中における脳活動は手指の握りしめと比較して広範囲な脳活動を認めること, そして三叉神経領域の運動における特異的な脳活動の存在が示唆される。また, ビジュアルフィードバックを用いて短期間における咀嚼筋活動の運動学習を手指運動に関する筋活動と比較した報告では, 咀嚼筋活動のみで短期間における運動学習が発現することが示唆されている¹⁵⁾。以上のことから, 脊髄神経領域とは異なる三叉神経領域の運動に特徴的な活動様相が, 無意識下の状況において手指などではなく歯をクレンチング

する理由の一因になっている可能性が示唆される。

NIRS を用いた研究ではクレンチングの強度と脳活動について検討をしている。運動課題を 20%, 50%, 80% のクレンチングとし, クレンチング中の脳血流量を測定した結果, クレンチングの強度と脳血流量に正の相関を認めると報告している¹⁶⁾。fMRI を用いた報告でも被験者が測定中に行ったクレンチングの強度を主観的に記録した Visual Analog Scale の数値と各被験者の脳活動の強度に正の相関を認めると報告している¹⁴⁾。以上のことからクレンチングの強度と脳活動量には正の相関を認めることが示唆される。しかしながら, 無意識下で行うクレンチングは低強度で行われていることから, 低強度レベルによるクレンチング時の脳活動における相関関係の検討も今後必要と考えられる。

歯のクレンチングが生じる際に関与する因子としては, 咀嚼筋の筋活動と歯の接触が考えられる。ガムチューイングと歯の接触を行わないガムチューイング様運動を運動課題とし, fMRI を用いて脳活動を比較した報告では, 前頭前野における脳活動をガムチューイングでは認めたが, ガムチューイング様運動では認めていないと報告している¹⁷⁾。このことから食物を介在させた歯の接触は脳活動へ有意に影響を及ぼす因子の一つと考えられる。しかしながら, クレンチングは食物を介在させずに歯を接触させていることから, ガムチューイング時の脳活動とは異なることが推測される。そこで筆者は, 歯の接触が脳活動にどのような影響を及ぼすのか検討するため, fMRI, NIRS を用いて歯のタッピングと歯の接触を行わないタッピング様運動を課題とし, 両課題間の脳活動を比較した¹⁸⁾。fMRI ではタッピング中とタッピング様運動中の脳活動は両課題にて感覚運動皮質, 補足運動野などに認めたが, 両運動課題間の脳活動に有意な差を認めなかった。NIRS では, 顎運動に関与する運動野での脳血流量を両運動課題間において比較し, 両運動課題間の脳活動に有意な差を認めなかった。この結果より短時間の歯の接触は脳活動に影響を及ぼさないことが示唆された。一方, クレンチングは持続的な歯の接触があることから, 脳活動へ影響を及ぼす可能性があり, 今後検討が必要と考えられる。

これまでの fMRI を用いた報告^{14,17,18)} を総括すると, 歯のクレンチング中の脳賦活部位は感覚運動野, 前頭前野, 補足運動野に認め, ガムチューイングと同様な様相を示すが, 歯のタッピング, タッピング様運動, ガムチューイング様運動とは異なる脳賦活部位を示す (表 2)。このことから, 歯のクレンチング中における脳活動は食物を介在させない他の顎運動における脳活動とは異なり, クレンチング特有の脳活動が存在することが示

表2 各顎運動における脳賦活部位の比較

	前頭前野	感覚運動野	補足運動野
クレンチング	○	○	○
ガムチューイング	○	○	○
タッピング	×	○	○
タッピング様運動	×	○	○
ガムチューイング様運動	×	○	○

唆される。今後、このクレンチング特有の脳活動がヒトの日常生活においてどのような役割を担うか検討することが必要であると考えられる。

III. 継続的なクレンチングが中枢へ及ぼす影響

前章ではクレンチングに関わる脳活動について総括した。しかしながら、これらの実験は被験者が意識下でクレンチングをした脳活動であり、日常生活で行われているクレンチングは無意識下で行われている。Byrdらは既往歴、臨床的所見、模型診断、顎関節症に関する質問票によって被験者をパラファンクション群とノーマルファンクション群に分類し、クレンチングとグライディングを運動課題としてfMRIを用いて両運動課題中の脳活動を測定し、比較している¹⁹⁾。結果として、補足運動野および運動野において両グループ間の脳活動に有意な差を認め、ノーマルファンクション群における脳活動はパラファンクション群における脳活動よりも広範囲であったと報告している。Wongらは同様に被験者をグライディンググループとコントロールグループに分類し、クレンチングとグライディングを運動課題としてfMRIを用いて脳活動を測定し、両グループ間で脳活動を比較している²⁰⁾。この研究では、コントロール群における脳活動はグライディング群と比較して広範囲であること、特に補足運動野においてコントロール群で広範囲な活動を認めたと報告している。以上の報告よりパラファンクション、グライディングの習癖を有する被験者は、有さない被験者と比較して歯のクレンチング中に異なる脳活動を示すこと、無意識下に生じるパラファンクションの習癖が脳活動に変化を及ぼしていることが示唆される。

また、クレンチングを日常生活において繰り返し行うことで、中枢が運動過剰の状態を呈し、クレンチングを繰り返し行うことが中枢に対して影響を及ぼしていることが考えられる。Svenssonらは、被験者が舌の突出運動をトレーニングとして経頭蓋磁気刺激装置を使用して、運動野における運動誘発電位を測定した結果、継続

的な舌のトレーニングが舌運動に関連する運動野において短期間または長期間のトレーニングで脳可塑性変化を引き起こすと報告している^{21,22)}。今後はクレンチングを継続的に行うことが中枢へどのように影響を及ぼしているか検討を行う必要があると考えられる。

IV. 結 論

クレンチングという動作に対してさまざまな実験方法によって複数の知見が得られている。しかしながら、これらの知見のみではクレンチングを無意識下で生じるメカニズムを解明したとはいえ、ブラキシズムに対する画期的な治療方法を確立するための一助となるには困難である。今後、さらなる検討を進めることが、将来的に補綴歯科臨床においてブラキシズムを抑制する治療方法の開発、ブラキシズムの有無に関する新たな診断基準の確立の一助になると考えられる。

謝 辞

今回このような機会を与えてくださいました日本補綴歯科学会関係者各位に深甚なる感謝の意を表し、また論文を御校閲いただいた川良美佐雄教授、小見山道准教授に感謝申し上げます。

文 献

- 1) The glossary of prosthodontics terms, 8th ed. J Prosthet Dent 2005; 94: 10-92.
- 2) Lobbezoo F, Ahlberg J, Glaros AG, Kato T, Koyano K, Lavigne GJ et al. Bruxism defined and graded: an international consensus. J Oral Rehabil 2013; 40: 2-4.
- 3) Gavish A, Halachmi M, Winocur E, Gazit E. Oral habits and their association with signs and symptoms of temporomandibular disorders in adolescent girls. J Oral Rehabil 2000; 27: 22-32.
- 4) 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: 284-288.
- 5) Velly AM, Gornitsky M, Philippe P. Contributing factors to chronic myofascial pain: a case-control study. Pain 2003; 104: 491-499.
- 6) Momose I, Nishikawa J, Watanabe T, Sasaki Y, Senda M, Kubota K et al. Effect of mastication on regional cerebral blood flow in humans examined by positron-emission tomography with 15O-labelled water and magnetic resonance imaging. Arch Oral Biol 1997; 42: 57-61.
- 7) Onozuka M, Fujita M, Watanabe K, Hirano Y, Niwa M,

- Nishiyama K et al. Mapping brain region activity during chewing: a functional magnetic resonance imaging study. *J Dent Res* 2002; 81: 743–746.
- 8) Tamura T, Kanayama T, Yoshida S, Kawasaki T. Functional magnetic resonance imaging of human jaw movements. *J Oral Rehabil* 2003; 30: 614–622.
 - 9) Shibukawa Y, Shintani M, Kumai T, Suzuki T, Nakamura Y. Cortical neuromagnetic fields preceding voluntary jaw movements. *J Dent Res* 2004; 83: 572–577.
 - 10) Yoshida K, Kaji R, Hamano T, Kohara N, Kimura J, Shibasaki H et al. Cortical potentials associated with voluntary mandibular movements. *J Dent Res* 2000; 79: 1514–1518.
 - 11) Tamura T, Kanayama T, Yoshida S, Kawasaki T. Analysis of brain activity during clenching by fMRI. *J Oral Rehabil* 2002; 29: 467–472.
 - 12) Iida T, Fenwick PB, Ioannides AA. Analysis of brain activity immediately before conscious teeth clenching using magnetoencephalographic method. *J Oral Rehabil* 2007; 34: 487–496.
 - 13) Iida T, Kawara M, Hironaga N, Ioannides AA. Cerebellar activity before teeth-clenching using magnetoencephalography. *J Prosthodont Res* 2010; 54: 48–52.
 - 14) Iida T, Kato M, Komiyama O, Suzuki H, Asano T, Kuroki T et al. Comparison of cerebral activity during teeth clenching and fist clenching: a functional magnetic resonance imaging study. *Eur J Oral Sci* 2010; 118: 635–641.
 - 15) Iida T, Komiyama O, Obara R, Baad-Hansen L, Kawara M, Svensson P. Influence of visual feedback on force-EMG curves from spinally innervated versus trigeminally innervated muscles. *Arch Oral Biol* 2013; 58: 331–339.
 - 16) Shibusawa M, Takeda T, Nakajima K, Ishigami K, Sakatani K. Functional near-infrared spectroscopy study on primary motor and sensory cortex response to clenching. *Neurosci Lett* 2009; 449: 98–102.
 - 17) Takada T, Miyamoto T. A fronto-parietal network for chewing of gum: a study on human subjects with functional magnetic resonance imaging. *Neurosci Lett* 2004; 360: 137–140.
 - 18) Iida T, Sakayanagi M, Svensson P, Komiyama O, Hirayama T, Kaneda T et al. Influence of periodontal afferent inputs for human cerebral blood oxygenation during jaw movements. *Exp Brain Res* 2012; 216: 375–384.
 - 19) Byrd KE, Romito LM, Dzemidzic M, Wong D, Talavage TM. fMRI study of brain activity elicited by oral parafunctional movements. *J Oral Rehabil* 2009; 36: 346–361.
 - 20) Wong D, Dzemidzic M, Talavage TM, Romito LM, Byrd KE. Motor control of jaw movements: An fMRI study of parafunctional clench and grind behavior. *Brain Res* 2011; 1383: 206–217.
 - 21) Svensson P, Romaniello A, Wang K, Arendt-Nielsen L, Sessle BJ. One hour of tongue-task training is associated with plasticity in corticomotor control of the human tongue musculature. *Exp Brain Res* 2006; 173: 165–173.
 - 22) Svensson P, Romaniello A, Arendt-Nielsen L, Sessle BJ. Plasticity in corticomotor control of the human tongue musculature induced by tongue-task training. *Exp Brain Res* 2003; 152: 42–51.

著者連絡先：飯田 崇

〒271-8587 千葉県松戸市栄町西 2-870-1

Tel: 047-360-9641

Fax: 047-360-9615

E-mail: iida.takashi96@nihon-u.ac.jp