

令和 3 年 6 月 4 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K09851

研究課題名(和文) 矯正学的歯の移動による疼痛に対する脳機能学的評価

研究課題名(英文) Brain functional evaluation of pain induced by orthodontic tooth movement

研究代表者

五十嵐 薫 (Igarashi, Kaoru)

東北大学・歯学研究科・教授

研究者番号：70202851

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：矯正歯科治療において、歯の移動の際に疼痛が生じるが、この痛み の性質やメカニズムについては未だ不明な点が多い。本研究では、矯正学的歯の移動に伴う痛みを、脳磁図を用いた体性感覚誘導磁場(SEF)測定により客観的に評価することを目的とした。研究の結果、下顎第一大臼歯に対する矯正力の負荷に伴い、SEFの頂点潜時には変化は認められなかったが、信号強度は負荷直後から低下する傾向が見られ、除荷直後には有意に低下した。歯根膜機械刺激により生じた痛み の信号は中枢にて弱められる、痛み の緩和機構が作用した可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

矯正歯科治療において歯の移動が生じるときに、患者は大なり小なり痛みを感じる。この痛みは矯正治療のネガティブな側面の一つであり、これから治療を受けようとする患者にとって大きな関心事である。本研究は、この痛みを客観的に評価し、中枢神経系での制御メカニズムの一端を明らかにした。この成果は、従来の痛み の緩和策の再評価や新たな緩和方法の開発に繋がる可能性がある。

研究成果の概要(英文)：It is still not well-known about the features and mechanisms of pain caused by orthodontic tooth movement. The purpose of this study was to objectively evaluate the pain associated with orthodontic tooth movement by measuring somatosensory evoked magnetic fields (SEFs). The results showed that orthodontic force application to mandibular first molar did not affect the first peak latency, whereas significantly reduced the peak intensity immediately after 24 hours of the force application. Thus, it was suggested that pain signals induced by the mechanical stimulation to periodontal ligament might be decreased in the central nervous system.

研究分野：歯科矯正学

キーワード：歯の移動 痛み 歯根膜刺激 脳磁図

1. 研究開始当初の背景

歯科矯正治療において歯の移動が生じるときに、患者は大なり小なり痛みを感じる。この反応は適切な矯正力によって生ずるものであり、負荷後2時間くらいしてから発現し、歯は咀嚼などによる機械的刺激に敏感になり、およそ24時間後には痛みの強度はピークを迎え、その後は徐々に収まって1週間以内に消失するとされている(Proffit WR, 2013)。この痛みあるいは不快感は矯正治療のネガティブな側面の一つであり、これから治療を受けようとする患者にとって大きな関心事である。この痛みはまず歯根膜感覚の受容変化によって発現するものと推定されており、歯髄由来の痛みと比べてそのメカニズムは不明な点が多い。よって歯根膜感覚受容変化によって発現する痛みの性質やメカニズムを解明することは、歯科矯正学において重要な課題である。

この歯科矯正治療由来の歯の痛みを検討した研究としては、岩崎ら(1996)の経時的変化に関する研究、斉藤ら(2002)の、レーザーの疼痛抑制効果に関する研究、Sandhuら(2013)の、年齢と性別による痛みの感じ方を検討した研究、Alarconら(2013)の痛みによって生じる物質を検討した研究、Sawadaら(2015)の認知行動療法による痛みの軽減に関する報告がある。また非侵襲的脳機能イメージング法として脳波を用いた福井ら(2003)の研究がある。しかしながら、これらは痛みの定量評価であり、歯根膜感覚受容変化を観察したものではないこと、さらに、脳波では空間分解能が低く、歯根膜感覚の受容部位を詳細に検討することは難しいことからその特徴が十分に解明されているとは言い難い。

申請者らは先行研究として第一大臼歯、犬歯に後述する装置を用いて機械的刺激を加えて体性感覚誘発磁界(somatosensory evoked magnetic field: SEF)を計測した。その結果、それぞれの頂点潜時は有意差が認められたが、一次体性感覚野における局在に有意差は認められなかったことを確認した。よって先行研究の手法で矯正治療中の患者の歯に機械刺激を加えることで、咀嚼などの機能時の状態を再現でき、歯根膜感覚の受容変化によって生じる痛みの影響をより生体の生理機能時に近い状態で計測することが可能である。また歯根膜刺激時SEFを用いた研究は申請者らの研究のみであることから極めて独創的な研究である。さらに一次体性感覚野だけでなく、大脳皮質の他の領域に注目することでより詳細な評価を行うことができる。

2. 研究の目的

本研究では歯科矯正治療に伴う歯根膜感覚受容変化によって発現する痛みを客観的に検討するために、msec単位の時間分解能とmm単位の空間分解能を有し、感覚等の脳機能の詳細な評価が可能な脳磁図(Magnetoencephalography: MEG)を用いて歯根膜刺激時のSEFを計測する。

加えて、本研究では、視覚的評価スケール(VAS)等の痛みに関する主観的評価と比較することで、矯正学的な歯の移動に伴う、歯根膜感覚の受容変化による痛みのメカニズムを明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 健常成人群: 18~35歳、30名 公募により健常成人ボランティアをリクルートする。被験者の人数は先行研究を参考に設定した。

(2) MRIの撮像: SEFの局在を確認するために、被験者全員のMRI撮像を行う。

(3) 機械刺激装置: 脳磁計は地磁気の1億分の1の脳磁界を計測するため、外界の磁場の影響を遮断するためにシールドルーム内で測定が行われる。金属や電子機器は磁場を乱すため、基本的にシールドルーム内で用いることはできない。これまでに体性感覚を測定するために様々な機械刺激装置が用いられてきたが、その多くは腕や脚、口唇など体表に刺激を加えるために作られており、装置の可動域が限定される口腔内に用いることは難しい。また、別の刺激法として電気刺激が挙げられるが、電気刺激は私たちが日常生活で感じることはほぼなく、機械刺激の方がより合理的な結果が得られると考えられる。そこでJousmäki(2007)らの刺激装置を参考に機械刺激装置を製作した。刺激装置は脳磁場を乱さないように非金属であるレジンハンドルとシリコンキャップ、そして刺激した瞬間を記録する発光用および受光用計2本の光ファイバーから構成されている。シリコンキャップが歯に接触し、赤色光が遮断され、反射光が感知されなくなった瞬間を光電子スイッチがトリガーとして検出する。これにより歯に刺激を与えたタイミングを的確に計測することができる。

(4) 計測: SEFの計測は頭の5カ所に位置決め用コイルを装着し、シールドルーム内の200チャンネルの脳磁計測システム:PQA160C(リコー社)を使用する。被験者の右下第一大臼歯近遠心にセパレーションエラストティックを挿入し、エラストティック挿入前、挿入から24hr後、撤去直後に300回、右下第一大臼歯の機械刺激を行い、SEF計測を行なった。計測するにあたって被験者の側に研究担当者が付き添い、いつでも計測を中断できる。すべての被験者において、相対的な位置を計測するために、機械刺激による正中神経刺激時SEFを測定する。

(5) VASによる評価: 各ステップでSEF計測後、VASによる疼痛の主観的評価を実施する。

(6) データの解析: 約300回の刺激の結果を加算平均し、信号源を単一電流双極子モデルにて推

定する。得られた信号源を被験者のMR画像と重ね合わせを行い、一次体性感覚野に信号源を推定できた場合のみを評価の対象とする。これらの潜時、信号強度、反応部位について評価する。セパレーションの前後で比較検討することで歯科矯正治療に伴う歯根膜感覚の受容変化を明らかにする。さらにVASの結果とも比較を行う。

4. 研究成果

(1) 矯正学的歯の移動から生じる疼痛によって一次体性感覚野における反応の変化を観察：右下第一大臼歯刺激時の頂点潜時は、セパレーションエラスティック挿入前、挿入 24 時間後、撤去後に有意差は認められなかった(図 1)。一方、信号強度については、セパレーションエラスティック挿入前と比較して挿入 24 時間後では低下傾向があり、撤去後では有意に低下した(図 2)。この結果より、矯正学的歯の移動後の歯根膜機械刺激により生じた痛みの信号は中枢にて弱められる、痛みの緩和機構が作用した可能性が示唆された。

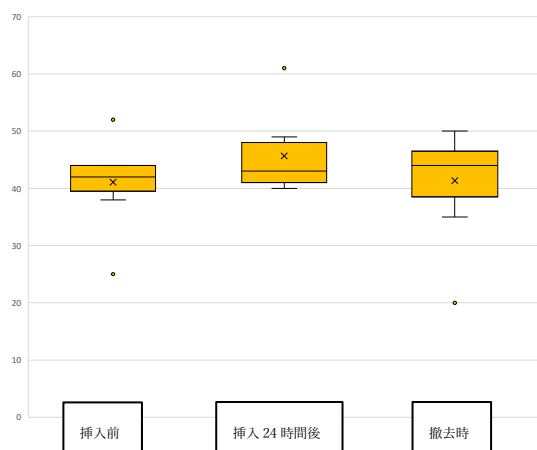


図 1: 矯正学的歯の移動前後の潜時の比較

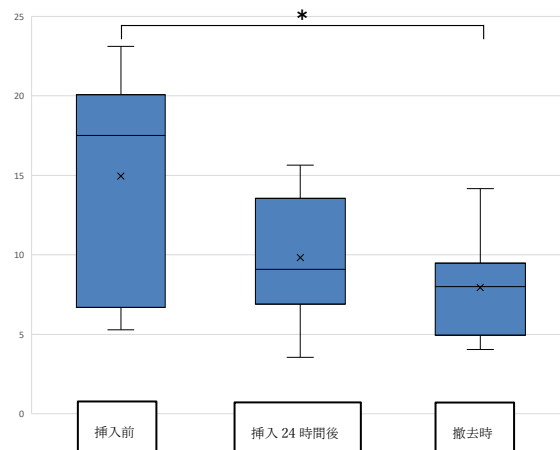


図 2: 矯正学的歯の移動前後の信号強度の比較 (* : $p < 0.05$)

(2) 上下顎第一大臼歯機械刺激時における一次体性感覚野の反応の相違を観察：歯根膜感覚において現在、上顎と下顎での性質や役割の違いについての報告は数少ない。本研究では、矯正学的歯の移動による疼痛が体性感覚誘導磁場に与える影響に加え、上下顎第一大臼歯機械刺激時の一次体性感覚野の反応について比較検討を行った。結果として下顎第一大臼歯刺激時の第一波の頂点潜時は、上顎第一大臼歯機械刺激時よりも有意に短いことが明らかとなった(図 3)。また、下顎第一大臼歯機械刺激時の信号強度は上顎第一大臼歯刺激時よりも有意に大きかった(図 4)。第一大臼歯刺激時の対側半球における反応部位では、上顎と下顎で有意差はなく、口腔内の同一器官は部位が異なっても一元的に処理され、複雑な強調運動を可能としていることが示唆された。上述の結果から、下顎第一大臼歯歯根膜感覚の方が上顎第一大臼歯歯根膜感覚より速く、大きな信号として中枢へと情報伝達されることから、下顎第一大臼歯歯根膜感覚は咬合力発現、顎位の設定、咀嚼運動を行う際により重要な役割を担う可能性が示唆された。

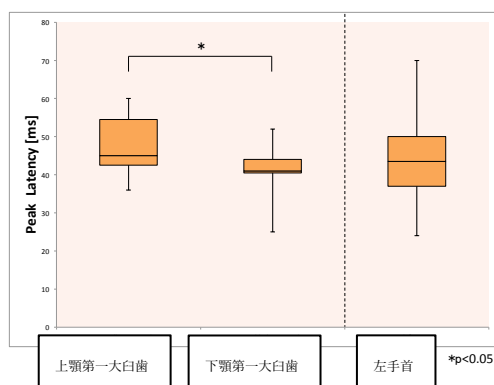


図 3: 潜時の比較

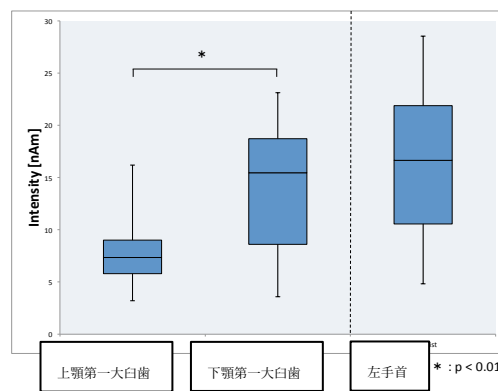


図 4: 信号強度の比較

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	金高 弘恭 (Kanetaka Hiroyasu) (50292222)	東北大学・歯学研究科・教授 (11301)	
研究分担者	菅野 彰剛 (Kanno Akitake) (20578968)	東北大学・医学系研究科・講師 (11301)	
研究分担者	日原 大貴 (Hihara Hiroki) (60781292)	東北大学・歯学研究科・助教 (11301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関