

平成 30 年 5 月 22 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K11337

研究課題名(和文) 矯正学的歯の移動が脳皮質の体性感覚誘導磁場に与える影響に関する研究

研究課題名(英文) The study on the effects of orthodontic tooth movement on somatosensory evoked magnetic fields in cerebral cortex

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) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)： 歯科矯正治療において、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、一部の被験者において矯正学的歯の移動前よりも移動から24時間後の方が刺激の脳皮質への伝達速度が短い傾向が示唆された。また、上下顎第一大臼歯歯根膜刺激時の感覚を比較したところ、下顎の方が、上顎よりも刺激の伝達速度が速く、信号強度が大きいことが明らかとなった。以上から、下顎第一大臼歯歯根膜感覚は、口腔機能において、より重要な役割を担う可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)： It is still not well-known about the features and mechanisms of pain caused by the orthodontic tooth movement. The purposes of this study are to characterize the pain associated with orthodontic tooth movement objectively by measuring somatosensory evoked magnetic fields.

The result of the study suggested that the transmission speed of twenty-four hours after the orthodontic tooth movement was faster than that of non-orthodontic tooth movement in a part of subjects. And, the comparison of the sense between the upper and the lower first molar's periodontal ligaments generated by the mechanical stimulation showed the transmission speed of the lower first molar was faster and its signal strength was stronger than those of the upper first molar. Thus, the sense of the lower first molar periodontal ligaments has become a more important role in oral function than that of the upper first molar.

研究分野： 歯科矯正学

キーワード： 歯の移動 歯根膜刺激 脳磁図

1. 研究開始当初の背景

歯科矯正治療における歯の移動が生じる際に、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。そのため、この痛みの性質やメカニズムを解明するとともに、矯正治療中に生じる痛みをコントロールしようとする試みがこれまで数多くなされてきた。

特に矯正学的歯の移動による痛みをヒトの中枢反応によって評価した研究では、福井ら(2003)は、矯正学的歯の移動から生じた痛みに対する低出力レーザーの緩和効果を体性感覚誘発電位(somatosensory evoked potential: SEP)を指標として評価した。矯正力付与前後とレーザー照射後に、歯に電気刺激を加え、SEPの頂点間振幅増減の比較をした。この結果から、矯正力付与後に痛みが生じ、レーザー照射により痛みが緩和したと結論づけている。しかし、電気刺激は歯髄刺激であり、歯根膜へ誘発刺激を与えた方がより合理的な結果が得られると考察している。また、頭皮上に置いた脳波電極から脳の活動部位を正確に推測することは難しい。よって未だ矯正学的歯の移動による疼痛について詳細が解明したとは言い難い。

2. 研究の目的

本研究では、脳波計に比べて空間分解能が高い脳磁計(magnetoencephalography: MEG)を用いて矯正学的歯の移動に伴う痛みを、体性感覚誘導磁場(somatosensory evoked magnetic field: SEF)を測定することによって客観的に捉えることを目的としており、本研究の成果によりその特徴が明らかになるだけでなく、従来の疼痛軽減策の再評価や新たな疼痛軽減方法の開発に繋がる可能性があるものと考えられる。

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) 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。被験者の右側上下第一大臼歯近遠心にセパレーションエラストックを挿入し、エラストック挿入前、挿入直後、

挿入から24hr後、撤去直後に300回、上下左右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、機械刺激による正中神経刺激時SEFを測定する。

(4) 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。

(5) 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) 機械刺激装置の開発:

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。

そこで本研究においては、Jousmäki(2007)らの刺激装置を参考に機械刺激装置を製作した(図1)。

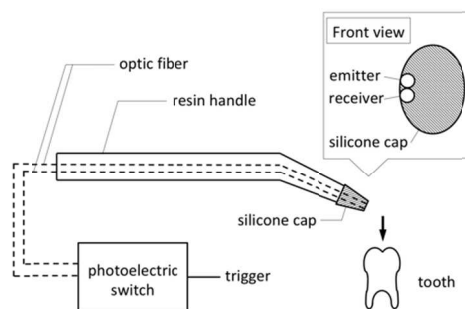


図1: 機械刺激装置の模式図

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。本装置を用いて以下に記述した結果を得ることができたが、今後、小さな部位であっても定量的な刺激を確実に付与することができるよう、さらなる改善を行う。

(2) 矯正学的歯の移動から生じる疼痛による一次体性感覚野における反応変化の観察：

一部の被験者において、セパレーションエラスティック挿入前よりも挿入 24hr 後の方に短い潜時が観察された(図 2)。矯正学的歯の移動によって生じる疼痛が、歯根膜機械刺激の伝達速度に影響を及ぼす可能性が示唆された。また、VAS による疼痛の評価により、上下顎ともセパレーションエラスティック挿入前、挿入直後、挿入 24hr 後、撤去直後の順に被験者が感じる疼痛の大きさが増しており、仮説通りの反応が観察された(図 3)。

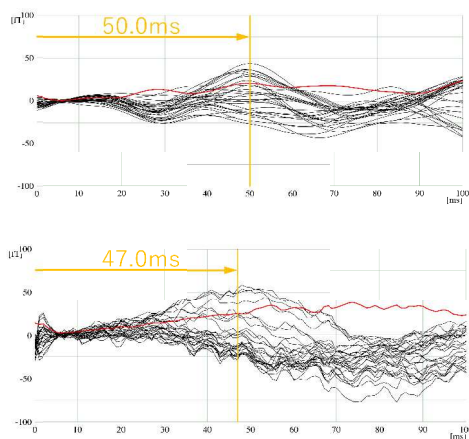


図 2：潜時（上図が歯の移動前、下図が歯の移動から 24 時間後）

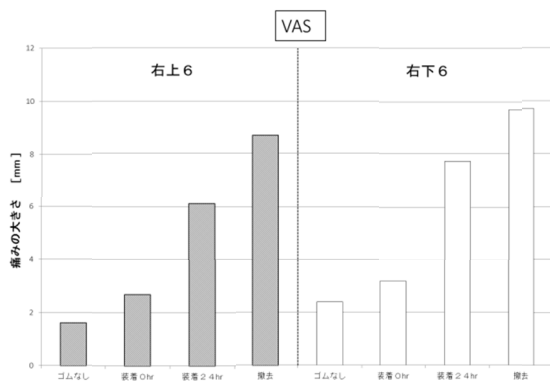


図 3：VAS による疼痛の評価

(3) 上下顎第一大臼歯機械刺激時における一次体性感覚野反応の相違の観察：

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。例えば、骨格的不調和のある患者の主機能部位を外科矯正治療前後で比較した研究では、手術前後で下顎第一大臼歯歯根膜感覚の方が顎機能において重要である可能性が示唆されている (Kurokawa et al. 2016)。

また、筋電図を用いて上下歯根膜感覚を比較した研究でも顎位の決定や咬合時の筋活動の調整において下顎歯根膜感覚の方が重要であると示唆されている (Ohmori, 1995)。これらの報告では上下顎の歯根膜感覚の違いについて主張しているが、神経学的観点からは不明な点が多い。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を与える影響に加え、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。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認められなかったが、上下第一大臼歯刺激時の反応部位は左手首の反応部位に比べて前下方かつ外側に反応が観察された。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。

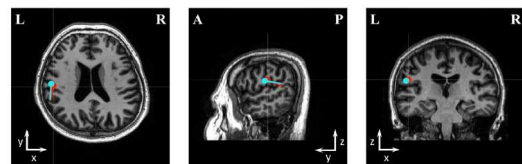
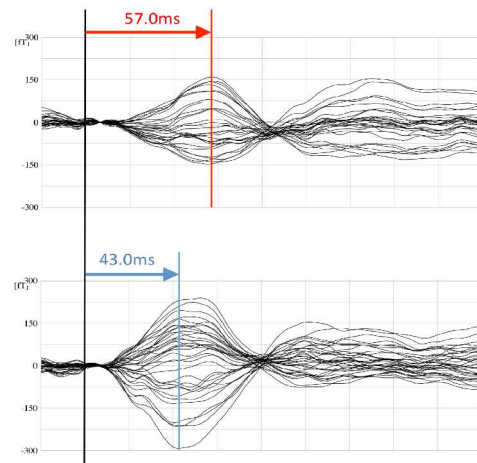


図 4：
上図；潜時（上段が上顎第一大臼歯、下段が下顎第一大臼歯刺激時）
下図；一次体性感覚野における信号源推定図

<引用文献>

- ① Proffit WR, Fields HW, Sarver DM. CONTEMPORARY ORTHODONTICS fifth edition. Mosby, Elsevier Inc. 2013.
- ② 福井健之, 原崎守弘, 山口秀晴. 矯正力付与後最大痛み発現時における低出力レーザーの痛み緩和効果について - 体性感覚誘発電位による電気生理学的評価-. Orthodontic waves: journal of the Japanese Orthodontic Society 2003;62(5):346-355
- ③ Jousmäki V, Nishitani N, Hari R. A brush stimulator for functional brain imaging. Clin Neurophysiol. 2007;118(12):2620-2624.
- ④ Kurokawa M, Kanzaki H, Tokiwa H, Handa H, Nakaoka K, Hamada Y, Kato H, Nakamura Y. The main occluding area in normal occlusion and mandibular prognathism. Angle Orthod. 2016;86(1):87-93.
- ⑤ Ohmori H. [The influence of craniofacial form on bite force and the EMG activity of masticatory muscles. IV-2. The direction of bite force under intraligamentary anesthesia of the upper, lower and upper/lower first molar]. Nihon Hotetsu Shika Gakkai Zasshi. 1995;39(3):464-474. Japanese.

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)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 2 件)

- ① 島田栄理遣、金高弘恭、日原大貴、菅野彰剛、五十嵐薫、歯根膜への機械的刺激による体性感覚誘導磁界反応 - 上下顎歯根膜感覚の性質の違いについて -、第76回日本矯正歯科学会学術大会、2017年
- ② Eriya Shimada, Hiroyasu Kanetaka, Akitake Kanno, Ryuta Kawashima, Kaoru Igarashi, Responses in the somatosensory area of the Cerebral cortex to Periodontal Ligament Stimulation, BioMagnetic Sendai 2017, 2017

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

五十嵐 薫 (IGRASHI, Kaoru)
東北大学・歯学研究科・教授
研究者番号：70202851

(2) 研究分担者

金高 弘恭 (KANETAKA, Hiroyasu)
東北大学・歯学研究科・准教授
研究者番号：50292222

(3) 連携研究者

菅野 彰剛 (KANNO, Akitake)
東北大学・医学研究科・講師
研究者番号：20578968

(4) 研究協力者 ()