

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 22 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K15718

研究課題名(和文) 歯科インプラントへの咬合刺激による体性感覚誘発磁場応答の脳機能学的解析

研究課題名(英文) Brain functional analysis of somatosensory evoked magnetic field responses by occlusal stimulation to dental implants

研究代表者

金高 弘恭 (KANETAKA, HIROYASU)

東北大学・歯学研究科・准教授

研究者番号：50292222

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、天然歯および歯科インプラントへの咬合刺激による体性感覚誘発磁場応答および局在の相違について、脳磁図を用いて比較検討を行った。これにより、歯根膜の体性感覚受容器から大脳皮質体性感覚野への情報伝達機序、さらには歯科インプラントにおける感覚受容の補償機構を脳機能学的手法により解明することを目的とした。

成人ボランティア20名に対し、下顎左側犬歯および第一大臼歯へ開発した圧刺激トリガ装置により、咬合を模した刺激を行った。その結果、反対側の体性感覚誘発磁場の反応潜時では、下顎の第一大臼歯は犬歯より、有意に短いことが確認された。また、信号源の推定では、ほぼ同領域であることが確認された。

研究成果の概要(英文)： This study investigated the mechanism of information transmission from the somatosensory receptors of the periodontal ligament to the cerebral cortical somatosensory cortex, and the mechanism of compensatory sensory reception in dental implants by the brain functional method. Characteristics and localization of somatosensory evoked magnetic field responses evoked by occlusal stimulation of natural teeth and dental implants were examined using magnetoencephalography.

Stimulus simulating occlusion was applied to the left lower canine and the first molar using our pressure trigger stimulation device in 20 adult volunteers. Contralateral response latency of the evoked magnetic field was significantly shorter in the first molar of the lower jaw than in the canine. In addition, the signal sources of the left lower canine and the first molar were located in almost the same region.

研究分野：歯学

キーワード：脳機能 体性感覚誘導磁場 脳磁図 歯科インプラント 歯根膜

1. 研究開始当初の背景

歯根膜は歯根と歯槽骨の間に存在し、主な機能として、「歯の植立・緩圧作用」、「歯の感覚発現」



「他の歯周組織組織への栄養供給」に加え、未分化間葉細胞やマクロファージも含むことから免疫系の作用も報告されている。これらの中で、我々は「歯の感覚発現」作用に着目した。歯根膜には、触・圧・痛覚受容器、固有受容器が存在することから、重要な感覚装置としての機能を担っており(Shroeder HE, 1986)、これら歯根膜からの体性感覚刺激は、過剰な咬合力荷重防止や咀嚼リズムの形成等、顎口腔機能を維持する上で大変重要なバイオフィードバック機構の一部を構成していると考えられているが、大脳皮質体性感覚野での応答も含め、未解明な部分が多いのが現状である。(Taylor A, 1990; Yamamura K, et al, 2007)

一方、現在、歯科インプラントは大変有用な欠損部位の補綴手段として広く用いられてきている。歯科インプラントは歯槽骨に直接埋入されるため、天然歯とは異なり歯根膜が存在しない。そのため、歯根膜付きのインプラント等の開発も検討されている。しかしながら、実際の臨床現場においては、歯の感覚としては、天然歯とあまり差がないとの報告もあり、歯槽骨骨膜や歯肉の体性感覚受容器、あるいは閉口筋紡錘などからの感覚受容の補償機構の存在など解明すべき課題が多いのが現状である。

2. 研究の目的

歯根膜からの体性感覚刺激は、顎口腔機能を維持する上で重要なバイオフィードバック機構において主要な役割を演じると考えられているが、大脳皮質体性感覚野での応答も含め未解明な部分が多いのが現状である。一方、歯科インプラントは大変有用な欠損部位の補綴手段として広く用いられてきているが、歯根膜を有さないため、その感覚受容機構については未解明な点が多い。

そこで本研究では、天然歯と歯科インプラントへの咬合刺激による体性感覚誘発磁場応答局在の相違を脳磁図(magnetoencephalography: MEG)を用い計測・解析し、比較検討することにより、歯根膜の体性感覚受容器から大脳皮質体性感覚野への情報伝達機序、さらには歯科インプラントにおける感覚受容の補償機構を脳機能学的手法により解明することを目的とした。

3. 研究の方法

1) 光ファイバーを応用した新しい圧刺激トリガ装置の開発

基本構成の決定

顎顔面領域刺激による体性感覚誘発磁場局在の測定では、第一波が15ms程度で応答することがわかっており(Otsuka T, et al, 2012; Sakamoto K, et al, 2008; Besso H, et al, 2007)、反応速度の速い、刺激トリガ装置の開発が必要である。

そこで今回、天然歯や歯科インプラントに対し、咬合を模した刺激を与える装置として、Jousmakiらの方法に準じて新しい刺激装置を開発した。本装置は、光ファイバーの先端部が反射光を検知することにより歯との接触を判断し、5Vの電圧を出力するトリガ装置であり、応答時間が20~30μsec程度と、顎顔面領域での使用に十分に耐えうると考えられる。

適切なスレッシュホールドの設定

本装置は、光ファイバー先端部からの発光が歯面により反射し、反射光を受光することにより接触を判断するため、歯の反射度や歯との距離が影響することになる。そのため、最も適切に、接触の有無を区別できる適切なスレッシュホールドの設定を行った。

一定圧力による咬合を模した圧刺激の付与

適切なスレッシュホールド値の設定後、被検者に対し、2秒間に1回の割合で、一定圧力による咬合を模した圧刺激を付与する。具体的には、光ファイバー先端部の重さを調節することで、一定圧力で刺激できるように術者が練習を行ってから、実際に被検者の前歯に対し、咬合を模した圧刺激の付与を行った。なお、圧刺激の初期荷重は30g重、荷重頻度は2Hz、加算回数は500回とした。

2) 新しい圧刺激装置をトリガとした

MEG計測条件の最適化

次年度から実際の測定を始めるに先立ち、新しい圧刺激装置をトリガとしたMEG計測条件の最適化を行った。すでに我々の研究グループでは、顎顔面領域において、口唇、舌、口唇などに対する痛み刺激による体性感覚誘発磁場局在に関し、100名を超える症例に対し、MEG計測を行ってきており、今までの経験を活かして、新しい圧刺激装置をトリガとしたMEG計測条件の最適化を行った。これにより、より効率的な計測が次年度から可能になると考えられた。

3) 歯科インプラントおよび天然歯への咬合刺激時の脳磁図による体性感覚誘発磁場計測

対象者

- ・東北大学病院に外来通院する歯科インプラント埋入（前歯部）経験者
- ・インフォームドコンセントが得られた成人ボランティアとし、右利きで神経系疾患、歯周病の既往がない者、体内に磁性金属埋入のない者（20～28歳）
20名

刺激方法

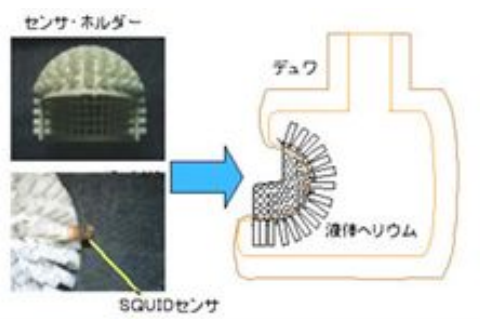
- ・圧刺激トリガ装置を利用して、1秒ごとに2回、30gの力で歯冠をたたく。
なお、加算回数は500回とする。

刺激部位

- ・歯科インプラント歯冠部位
- ・天然歯歯冠部
（下顎左側犬歯、第一大臼歯）
（インプラント隣在歯＋反対側同名歯）

体性感覚誘発磁場計測

- ・全頭型脳磁計測システム：
PQ1160C（横河電機社製）
チャンネル数は磁気センサとしてグラジオメータ型 SQUID を 200ヶ所（センサ間隔約 25mm 以下）を配置
高密度磁場検出を可能とした。（下図）



- ・サンプリング：2000Hz
- ・バンドパスフィルター：0.1～100Hz

4) 信号源推定マッピングのためのMRI撮影

- ・体性感覚誘導磁場の信号源推定マッピングのため、全ての被検者のMRI撮影を行う。
- ・MRI撮影装置：Achieva 3.0T Quasar Dual（PHILIPS社製）
- ・3D TFE T1 強調画像

なお、圧刺激トリガ装置の一部に使用されるチタンは磁気に反応しない非磁性金属であり、かつ口腔内と脳との間には一定の距離があるので、撮影上に特に問題になることはない。

5) 体性感覚誘発磁場局在の脳機能学的解析

結果は500回刺激を加算平均して表示
磁場分布を表示

MRI画像と重ね合わせて、信号源マッピングを行う。
ECD(電流双極子)の位置と大きさを表示

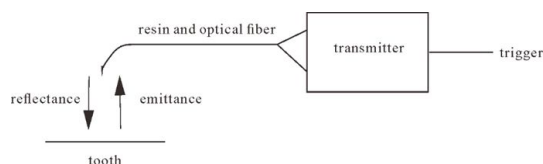
以上の結果からSEFの反応潜時、信号強度、信号源の座標について脳機能学的解析を行った。

4. 研究成果

1) 光ファイバーを応用した新しい圧刺激トリガ装置の開発

基本構成の決定

今回、天然歯や歯科インプラントに対し、咬合を模した刺激を与える装置として、下図に示す新しい刺激装置を開発した。本装置は、光ファイバーの先端部が反射光を検知することにより歯との接触を判断し、5Vの電圧を出力するトリガ装置であり、応答時間が20～30μsec程度と、顎顔面領域での使用に十分に耐えうると考えられる。



咬合を模した圧刺激の付与

新しい刺激装置を用い、接触の有無を区別できる適切なスレッシュホールドの設定を行った後、2秒間に1回の割合で、一定圧力による咬合を模した圧刺激を付与できることを確認した。下図に本実験における、実際の刺激方法を示す。



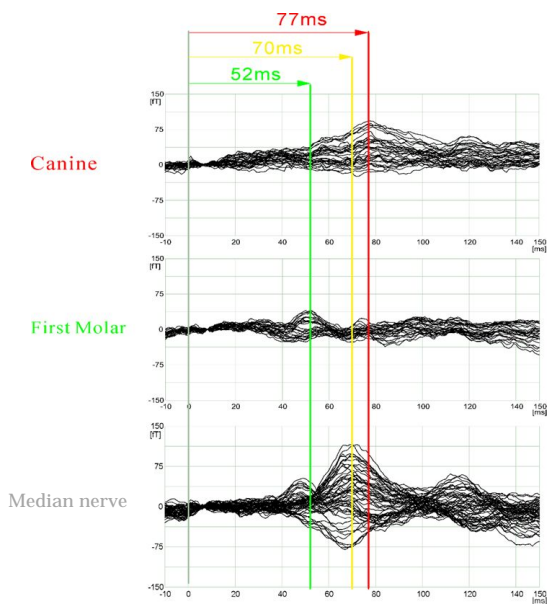
2) 歯科インプラントおよび天然歯への咬合刺激時の脳磁図による体性感覚誘発磁場計測

SEF の反応潜時について

成人ボランティアに対し、圧刺激トリガ装置を利用して、下顎左側犬歯および第一大臼歯に対し、1 秒ごとに 2 回、30g の力で歯冠をたたき、500 回加算した結果（反対側での反応）を下図に示す。

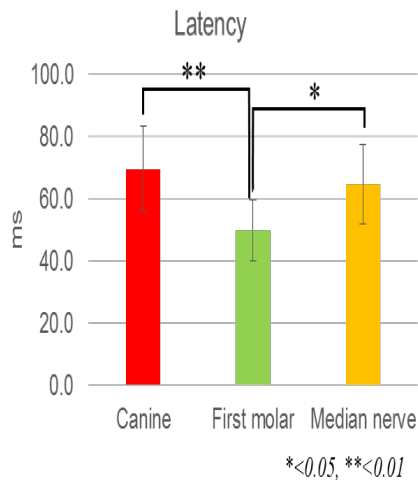
下顎犬歯で 77ms、第一大臼歯で 52ms において、反対側に第一波が確認された。

なお、参考に正中神経の電気刺激の結果についても併せて示している。



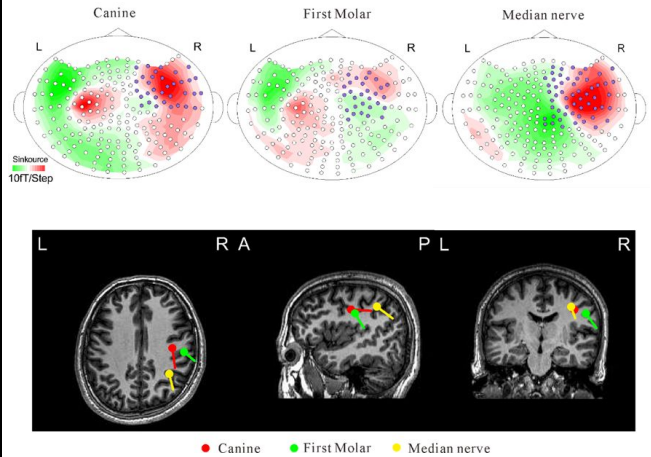
成人ボランティア 20 名の平均値の結果を下グラフに示す。

SEF の反応潜時を比較した結果、下顎左側の第一大臼歯は下顎犬歯より、有意に短いことが確認された。



信号源について

成人ボランティアに対し、圧刺激トリガ装置を利用して、下顎左側犬歯および第一大臼歯に対し、1 秒ごとに 2 回、30g の力で歯冠をたたき、体性感覚誘導磁場の信号源推定マッピングを行った結果を下図に示す。犬歯および第一大臼歯ともほぼ同部位を示したが、正中神経刺激時は、信号源が異なる結果が得られた。



成人ボランティア 20 名の信号源の座標の平均値の結果を下表に示す。

(N は解析可能データ数)

体性感覚誘導磁場の信号源推定マッピングを行った結果、犬歯および第一大臼歯は同領域であることが示唆された。

	Latency(ms)	x(mm)	y(mm)	z(mm)
Canine (N=11)	69.6±13.7	51.5±7.6	10.7±13.0	63.6±5.9
First molar (N=12)	50.0±9.8	51.8±5.7	6.6±11.5	64.3±11.2
Median nerve (N=14)	64.8±12.8	36.2±6.1	10.7±13.1	77.2±15.2

【研究成果のまとめ】

成人ボランティアを対象に、圧刺激トリガ装置を利用して、下顎左側犬歯および第一大臼歯に対し、1 秒間に 2 回、30g の力で歯冠をたたき刺激を合計 500 回付加した。

SEF の反応潜時では、下顎左側の第一大臼歯は犬歯より、有意に短いことが確認された。また、信号源推定においては、両歯とも、ほぼ同領域であることが確認された。

この結果は、ペンフィールドのホムンクルスに合致すると考えられる。

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 0件)

〔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

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

(2)研究分担者

菅野 彰剛 (KANNO, AKITAKE)
東北大学・大学院医学系研究科・講師
研究者番号：20578968

山内 健介 (YAMAUCHI, KENSUKE)
東北大学・大学院歯学研究科・准教授
研究者番号：10364150

佐々木 啓一 (SASAKI, KEIICHI)
東北大学・大学院歯学研究科・教授
研究者番号：30178644