

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 4 月 7 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20K10208

研究課題名(和文)顎変形症患者における骨格筋DTIを用いた咀嚼筋疲労の分子イメージング

研究課題名(英文)Masticatory muscle fatigue observed by diffusion tensor imaging in jaw deformity patients

研究代表者

北原 亨 (Kitahara, Toru)

九州大学・大学病院・講師

研究者番号：00274473

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：DTIの撮像対象となる骨格筋は下肢などが大部分を占め限定されている。撮像用コイルとの兼ね合いもあり、かつ、モーションアーチファクトなどの影響を受けないことがその理由である。将来的にその他の咀嚼筋でDTIが可能になれば、臨床上および研究上で意義深いと考えられるが、コイルや撮像法の改良なども求められることから、現時点では難しい課題のひとつに数えられる。今回チンネックバンドなどによる下顎骨の固定を併用し、咬みしめ時には臼歯にウレタンブロックを咬ませることで、動きの抑制効果が表れ描出能は向上した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では顎変形症患者の咬筋を被験筋と考えており、骨格筋DTIの高い空間分解能による実験的持続咬みしめ前後の両咀嚼筋の見かけの拡散係数(ADC)は一過性上昇を示すかの検証を目的とした。

MRIの基本撮像条件はSE型エコープラナー法、MPG6軸、b値1000とし、スライス厚、加算回数、撮像コイルや頭部の固定方法等による描出能について検討した。安定した高信号の取得が困難な場合もあり、チンネックバンドなどによる下顎骨の固定を併用し、加算回数を増加(加算回数2回から17回)して描出能は向上した。

研究成果の概要(英文)：Molecular imaging by magnetic resonance imaging (MRI) enables the visualization of the intra-individual molecular movements inside a live body without damaging the individual. Thus far, for skeletal muscles with large cross-sectional areas, such as the quadriceps muscles, molecular imaging has been carried out using muscle functional MRI.

Dynamic DTI is one of the most insightful techniques for investigating the metabolism in living tissues. The present study tried to demonstrate the feasibility of muscle fiber tracking in human skeletal muscles using a 1.5 Tesla clinical MR device. Axial diffusion tensor images were obtained from the master muscle for diffusion tensor imaging. This study showed the feasibility of providing architectures of masticatory muscle, but is counted in one of the problems difficult at present on in a clinic and a study because the improvement of the coil and imaging method is demanded.

研究分野：歯科矯正学分野

キーワード：骨格筋拡散テンソル画像(DTI) 咀嚼筋疲労 QOL(Quality of Life) 顎変形症患者 分子イメージング

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

顎顔面の機能は個人の全身的な健康と QOL(Quality of Life)に重要な寄与をしている。無意識下の咬みしめが、咀嚼筋疲労や筋痛に発展して、咀嚼器官の機能障害のトリガーとなりうる事が示唆されている。咀嚼筋疲労は医療のエンドポイントである「生活の質(QOL)の向上」に大きく関わっているにも関わらず、客観的かつ定量的な評価法は乏しい。

近年、骨格筋細胞の適応現象を分子レベルで画像化し、その分子機構を解き明かそうという試みが活発に行われている。MRI に代表される画像評価技術は骨格筋の形態機能の非侵襲的な評価が可能で、なかでも、骨格筋拡散テンソル画像(DTI)は水分子の異方性を定量化する拡散強調画像法(DWI)は、咀嚼筋疲労診断ツールとして有用である。

2. 研究の目的

これまで、大腿四頭筋など大きな断面積を有する骨格筋においては、患者にとって侵襲のない検査法である骨格筋拡散テンソル画像(DTI)を用いて、水分子の動きによる筋の微細構造評価が行われてきた。この研究の目的は、顎変形症を伴う患者を対象とし、侵襲のない検査法である骨格筋拡散テンソル画像(DTI)を用いて、水分子の集積と異方性を取得し比較することができる、分子イメージングによる定量的検証、および、新たな咀嚼筋疲労診断法を確立することである。

顎変形症患者対象の拡散テンソル分析を咀嚼筋疲労の評価に適用した研究は非常に少ない。健常者を対象とした報告(Shiraishi T et al. Acta radiologica 2012)はあるが、咀嚼筋疲労からの回復期を検討したものではない。本研究では顎変形症患者の咬筋を被験筋と考えており、骨格筋 DTI の高い空間分解能による実験的持続咬みしめ前後の両咀嚼筋の見かけの拡散係数(ADC)は一過性上昇を示すかを検証する。

3. 研究の方法

骨格筋拡散テンソル画像(DTI)を用いて、組織構造の方向性を描出する撮像法は画期的であり、生体において血流以外で方向性を解析できる貴重な方法である。生体内では、細胞膜や灌流の影響によってプロトンが拡散しやすい方向と拡散しにくい方向が存在する。この性質は、拡散の等方性と異方性という語によって表現されている。脳脊髄液などのプロトンはこれにあたる。一方、後者は方向によって拡散の速度が異なる性質をいい、脳白質の神経線維ではプロトンの拡散は線維に沿った方向に速く、神経線維と直行する方向には遅い。

ウレタンブロックを臼歯部に設置した状態で、30% Maximum Voluntary Contraction (MVC) の実験的咬みしめを介入とする。安定した高信号の取得が困難な場合もあり、予備実験としてチンネックバンドなどによる下顎骨の固定を併用し、加算回数を増加(加算回数 2 回から 17 回)して描出能の向上を図る。

本研究では顎変形症患者の咬筋を被験筋と考えており、骨格筋 DTI の高い空間分解能による実験的持続咬みしめ前後の両咀嚼筋の見かけの拡散係数(ADC)は一過性上昇を示すかを検証する。被験筋は咬筋としウレタンブロックを臼歯部に設置した状態で、30% Maximum Voluntary Contraction(MVC) の実験的咬みしめを介入とし、介入を解除してのち 5 分ごとの安静時回復期を計 4 セット、20 分後まで検討を行う。

4. 研究成果

1. 直径 10 センチメートルの表面コイルを用いることで高信号を得ることができ、描出能が良かった。2. 加算回数を増加するほど描出能は向上するがその分撮像時間も長くなるした。加算回数は 15 回が適切と思われた。3. T1W や B-TFE 画像を ROI 設定画像とすることで筋の走行を把握するうえで適切であると思われた。4. 予備実験の結果、咬みしめを 5 分間持続するという検査プロトコルを採用する。

DTI の撮像対象となる骨格筋は下肢などが大部分を占め限定されている。撮像用コイルとの兼ね合いもあり、かつ、モーションアーチファクトなどの影響を受けないことがその理由である。将来的にその他の咀嚼筋で DTI が可能になれば、臨床上および研究上で意義深いと考えられるが、コイルや撮像法の改良なども求められることから、現時点では難しい課題のひとつに数えられる。今回チンネックバンドなどによる下顎骨の固定を併用し、咬みしめ時には臼歯にウレタンブロックを咬ませることで、動きの抑制効果が表れ描出能は向上した。

直径 10 センチメートルの小径の表面コイルでは感度領域に制限があるため、片側に 2 つ撮像コイルを配置することで描出範囲を十分に確保できると考えられた。また、エコープラナー法および拡散テンソル画像由来のアーティファクトによる描出不良対策として、スライス角度を咬合平面と水平に撮像することで、咬合平面に対して角度を付けた場合と比較してアーティファクトが少なく描出能の改善が認められた。

筋の ADC は、運動前後で変化することが報告されている。定常状態の変化として、収縮中の筋では筋線維が太くなるため、収縮中は λ が減少して β が増加するとされている。一方、伸展では、逆に λ が増加し β が減少すると報告されている。

DTI による筋線維の研究報告は、年々 増加している。線維に沿った ADC は筋 線維内の環境を反映し、線維に垂直な 方向の ADC は、フィラメントや筋小胞 体と

いった構造による制限を強く受けることから、その構造や状態変化の情報が 反映されていると考えられる。今後、筋の DTI の研究は、筋構造の ダイナミックな変化に対する有用な情報 をもたらすと期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 北原亨, 森悦秀, 高橋一郎	4. 巻 18
2. 論文標題 保定期間中に筋強直性ジストロフィーを発症した骨格性 級開咬顎変形症の長期経過	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 九州矯正歯科学会雑誌	6. 最初と最後の頁 23-28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Arakawa M, Kitahara T, Inadomi D, Iikubo M, Hyakutake H, Yuasa K, Takahashi I.	4. 巻 8
2. 論文標題 Molecular imaging in masseter muscle observed by muscle function magnetic resonance imaging and 31 P-magnetic resonance spectroscopy in patients with a jaw deformity.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Clinical and Experimental Dental Research	6. 最初と最後の頁 231-238.
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cre2.494	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 荒川雅弘, 北原亨, 下川敏弘, 飯久保正弘, 湯浅賢治, 高橋一郎
2. 発表標題 下顎前突症患者における筋機能MRIおよび筋電図を用いた咀嚼筋疲労の分子イメージング
3. 学会等名 九州矯正歯科学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Toshihiro Shimokawa, Toru Kitahara, Masahiro Arakawa, Hiroto Hyakutake, Kenji Yuasa, Ichiro Takahashi
2. 発表標題 Molecular imaging of masticatory muscle fatigue with skeletal class III Patients by mf-MRI and EMG
3. 学会等名 The 9th International Orthodontic Congress (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔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	湯浅 賢治 (Yuasa Kenji) (40136510)	福岡歯科大学・口腔歯学部・客員教授 (37114)	
研究 分担者	飯久保 正弘 (Iikubo Masahiro) (80302157)	東北大学・歯学研究科・教授 (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
---------	---------