

令和 3 年 6 月 28 日現在

機関番号：12602

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K09761

研究課題名(和文)超高速MRI動画を利用した構音障害診断法の開発と臨床応用

研究課題名(英文)Preliminary study of articulatory characteristics in open bite subjects revealed by 3T magnetic resonance imaging movies

研究代表者

小池 紗里奈(Koike, Sarina)

東京医科歯科大学・歯学部・非常勤講師

研究者番号：70732535

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):「機能性構音障害を有する矯正歯科治療が必要な患者に対し、咬合や歯列の改善のみならず、コミュニケーション能力の向上に大きく寄与する構音障害の改善につながる理想的な矯正歯科治療の診断・治療計画を考察する」ことを研究の全体構想とした。中でも、明らかに発音と関連が深い不正咬合である前歯部開咬を対象とし、「歯を描出したMRI動画撮像法を評価方法として用いることで、超高速MRI動画を利用した構音障害診断法の開発と臨床応用」を本研究の具体的な目的とし、研究を進めた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

聞き手にとって、「正しくない(異常)」と聞こえ、丁寧に話しても正しい発音にはならない『機能性構音障害』には、咬合や歯列の不正が大きく関与している。しかしながら、不正咬合と機能性構音障害との関連性や、矯正歯科治療に伴う構音の改善に関する報告は未だ認められない。これらを明らかにすることは、患者の『発音』改善についての見通しをより確実にする意味で重要だと考えられる。中でも、明らかに発音と関連が深い不正咬合である開咬を対象とし、応募者らが近年、応用・開発した「歯を描出したMRI動画撮像法」を評価方法として用いることで被爆することなしに発音状態を評価できることは大変意義のあることである。

研究成果の概要(英文): "For patients with functional articulation disorders who require orthodontic treatment, diagnosis of ideal orthodontic treatment that leads to improvement of articulation disorders that greatly contributes to improvement of communication ability as well as improvement of occlusion and dentition. "Considering the treatment plan" was the overall concept of the study. Among them, for the anterior tooth open bite, which is clearly closely related to pronunciation, "By using the MRI video imaging method that depicts the teeth as an evaluation method, a method for diagnosing articulation disorders using ultra-high speed MRI video. Development and clinical application of " was the specific purpose of this research, and the research was advanced.

研究分野：矯正歯科

キーワード：MRI 機能性構音障害 前歯部開咬

1. 研究開始当初の背景

開咬は不正咬合の一つであり、上下の前歯がいかなる顎位においても接触しない状態である。前歯部開咬患者においては歯茎摩擦音や歯茎破裂音の発音が正常咬合者に比べて困難であることが知られている。また、前歯部開咬と発音との関連はいくつかの先行研究により調べられている。

一方、これまで咽頭、喉頭、舌、口蓋および口唇などの構音器官形態とその機能障害について、X線写真映画法や内視鏡を用いて調べた報告はあるが、それらは、侵襲的であるかまたは放射線被曝を伴うことから、汎用性あるいは倫理面で不適切な場合が多い。そこで、心臓の動きを連続的に捉えることを目的とする心臓 Cine MRI 検査を応用し、発音時における口腔咽頭領域の構音器官の経時的な動きを撮像する方法、いわゆる MRI 動画撮像法 (MRI movie) が考案された。この方法は、非侵襲的かつ放射線被曝がなく、構音器官の動的運動観測が可能な計測法であると言える。

しかしながら、ヒト構音運動の研究にあたり、口腔咽頭領域の軟組織構音器官だけでなく、歯との関連を調べることも必要であるのだが、水分をほとんど含まない骨や歯は MRI 画像に描出されないことが問題であった。MRI movie を用いた摩擦音発音時における口腔咽頭気道や舌の形態変化を解析した研究⁷でも、歯の形態が写っていないため、前歯部領域における舌と歯との空間的・時間的関連は正確に観測できなかった。

近年、所属研究機関において MRI movie を撮影する際に前歯を描出する方法を開発した。また、これを応用して短時間で精密に歯を描出した MRI movie 画像を得る方法を開発した。

そこで、この方法を用いることで、前歯部開咬患者の発音パターンを構音器官の運動パターンが変調した機能性構音障害と捉え、その発現のメカニズムを空間的・時間的に非侵襲的に解析することができると考えた。さらに、矯正歯科治療に伴って開咬状態が改善し、適切な咬合状態になることで発音も正常化すると考えられているが、矯正歯科治療に伴う構音状態の変化を詳細に観察した研究も国内外を問わず皆無であることから、「歯を描出した」3T MRI movie を応用すれば、矯正歯科治療に伴う機能性構音障害が改善に至るメカニズムを解析することができると考えた。

2. 研究の目的

磁気共鳴画像動画法 (MRI movie) を用いて描出する矯正歯科治療患者の MR 画像は、治療装置による金属アーチファクトの影響を受けることが考えられる。その影響を可視化し、アーチファクトの及ぶ範囲を明らかにすることで、構音運動の変化を MRI で撮影するのに際し、計測項目・評価条件について検討を行う。

また、矯正歯科治療前後において MRI movie を用い、前歯部開咬における複数の構音器官の運動パターンの空間的・時間的不調和を同定し、矯正歯科治療に伴う構音器官の運動パターンの変化を視覚的かつ生理学的に分析し、歯列と構音運動の関連について明らかにする。

3. 研究の方法

①矯正歯科装置の準備

口腔内に金属修復物を認めず、正常咬合を有する成人被験者の印象採得を行い石膏模型を用意する。被験者は、体内にペースメーカーや磁性体金属を有する場合は除外する。また、カラーコンタクトレンズ、脳クリップ、入れ墨、体内インプラント等を有し、それらを除外出来ない者や閉所恐怖症を有する者は被験者から除外する。石膏模型を用いて 4 種類のカスタマイズプリント (厚さ: 0.50mm) を作成する。1 セット目は何も装着しない状態、2 セット目は、保定に使用する上下顎前歯部舌側のワイヤーを組み込んだもの、3 セット目は前歯部にメタルスロットが挿入されたプラスチックブラケットおよび臼歯部にメタルチューブをそれぞれ組み込んだもの、

そして 4 セット目には、前歯部にメタルスロットが挿入されていないプラスチックブラケットおよび臼歯部にメタルチューブをそれぞれ組み込んだものとする。

②MRI の撮影

準備した 4 種類のスプリントを装着し、静止画像を撮像する。東京医科歯科大学歯学部附属病院放射線外来 MRI 室に設置してある 3T MRI 装置（シーメンス社製、ドイツ）を用いる。被験者は MRI 装置内では仰臥位とし、頭部は head neck coil で固定する。動画像の撮影に先立ち、被験者には MRI 室に入る前に十分に発音の練習をする。発音は短い母音と子音の組み合わせ (/asa/) とする。被験者は MRI 装置内で外部トリガーボックスから出力されヘッドフォンを通じて被験者に合図されるトーンバースト信号に合わせて、短い母音と子音の組み合わせ (/asa/) を 36 回繰り返し行う。同時に、MRI 装置ではトリガーの入力に同期したサンプリングを連続して行い、動画を記録する。被験者の音声は optical fiber microphone を通じて、digital recorder に録音する。

③画像の選択、計測

録音した音声、画像より発音前の安静時、舌が最も突出する/s/発音時の画像を選択する。その画像上で①口蓋咽頭の深さ、②口蓋咽頭の長さ、③第 2 頸椎の部位の気道の幅、④声帯の幅、⑤声帯と鼻腔底の距離、⑥硬口蓋の長さ、⑦舌尖と咽頭の幅、および⑧舌尖と硬口蓋の距離を計測する（図 4）。

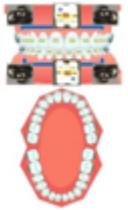
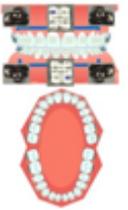
【構音障害を伴う不正咬合患者の構音状態の評価】

歯を抽出した画像を得るために、寒天状クエン酸鉄アンモニウムをシーネ両側前歯部に築盛したものを装着して撮像する。画像解析ソフトウェア（Image Rugle、メディックエンジニアリング）を用いて、静止画像上で歯の外形を切り取り、解剖学的ランドマークを用いて、動画像の一枚一枚に重ねあわせる。その後、『舌と口蓋の距離』、『上の前歯と下の前歯の間の距離』、『舌と前歯の距離』を計測し、比較検討する。

4. 研究成果

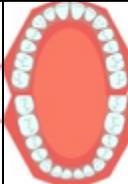
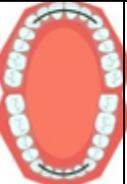
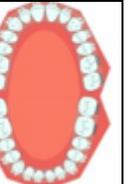
1. 使用したマウスピースは以下のようにした。（図 1）

（図 1）

A. 何も加えられていない マウスピース	B. 固定式の犬歯間保定装置を組み込んだマウスピース	C. 前歯小臼歯：メタルスロットのブラケット 大臼歯：金属ブラケットを組み込んだマウスピース	D. 前歯小臼歯：プラスチックブラケット 大臼歯：金属ブラケットを組み込んだマウスピース
			

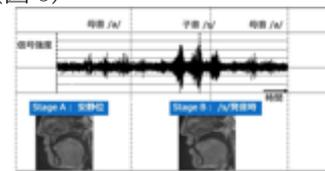
2. 撮影下条件は以下のようにした。（図 2）

（図 2）

	①	②	③	④	⑤	⑥
マウスピースのタイプ		上下 A	上 A 下 B	上下 B	上下 C	上下 D
正面像						
咬合面像						

3. 計測時点としては、発音前の安静位を Stage A、
/s/発音時を Stage B とし、それぞれの時点での画像にて
計測を行った。(図 3)

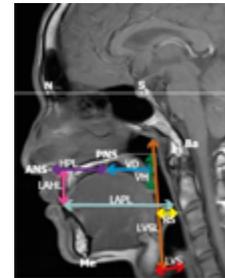
(図 3)



4. 計測項目は図 4 に示した。

- ・軟口蓋の深さ (VD)
- ・軟口蓋の高さ (VH)
- ・咽頭腔の幅 (RS)
- ・声帯の幅 (LVS)
- ・声帯から蝶形骨までの距離 (LVSL)
- ・硬口蓋の長さ (HPL)
- ・舌尖から咽頭後壁までの距離 (LAPL)
- ・舌尖から硬口蓋までの距離 (LAHL)

(図 4)



5. 結果の図を図 5 に示した。

(図 5)

	①	②	③	④	⑤	⑥
Stage A						
Stage B						

①、②の状態では stage A、B いずれにおいてもアーチファクトは認められなかった。③、④では明確なアーチファクトが口唇や前歯に観察され、軟組織周辺は像が消えた。⑤、⑥ではさらに広く口腔領域全体でアーチファクトが観察され、舌や口蓋の像が完全に消えた。

Stage A、B いずれでも、①、②は全ての計測項目において計測可能であったが、Stage A では⑤、⑥での RS、Stage B では⑤での RS において計測可能な人数について男女間で有意差が認められた。

各組織の可視範囲については犬歯間固定装置と歯科矯正用ブラケットでは異なった。④では、舌前上部が全ての被験者において像が消えた。声帯は明確に可視だったが、硬口蓋は見える場合も見えない場合もあった。それに対し、⑤及び⑥では、ほとんどの器官が見えず、声帯のみ常に明確に可視だった。

計測項目においては、Stage A では⑤の VH のみ有意差が認められ、①に比較し優位に長くなっていた。Stage B では⑤、⑥の VH に有意差が認められ、Stage A と同様に①に比較し優位に長くなっていた。⑤、⑥においては HPL は計測不可であり、LAPL と LAHL は③、④、⑤、⑥においてアーチファクトの影響により解剖学的に構造が見えず、計測不可だった。

以上より、犬歯間保定装置を含む矯正装置を装着した状態では MRI を用いた発音に関する分析は困難であることが明らかとなった。

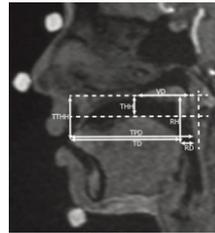
【構音障害を伴う不正咬合患者の構音状態の評価】

正常咬合を有する成人被験者 (control 群) および前歯部開咬を有する被験者 (open bite 群) をそれぞれ 10 名ずつ募り、静止画および /asa/ と発音している状態での MRI 撮影を行った。安静時を Stage A、/a/発音時を Stage B、/s/発音時を Stage C としてそれぞれの stage において図 6 のように計測を行なった。また、/s/発音時における画像において上顎前歯切縁を基準に

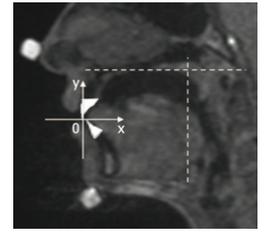
舌尖の位置についても図7のように計測を行なった。図6における計測部位は以下の通りである。

- TTHH 舌尖と硬口蓋との垂直的な距離
- THH 舌背と硬口蓋との垂直的な距離
- RH 舌最後方部と硬口蓋との垂直的な距離
- TD 舌尖と舌最後方部との水平的な距離
- TPD 舌尖と咽頭後壁との水平的な距離
- RD 舌最後方部と咽頭後壁との水平的な距離
- VD 後鼻棘の最先端点と咽頭後壁との水平的な距離

(図6)



(図7)



さらに、音声データについても正常咬合と前歯部開咬の場合との比較検討を行い、評価・解析を行った。

Stage 毎における計測結果は以下の通りであった。(表1)

(表1)

	Stage A		Stage B		Stage C	
	control	Open bite	control	Open bite	control	Open bite
TTHH	28.2±2.7	30.0±3.6	33.0±4.4	35.9±2.3	27.6±3.0	27.3±2.1
THH	9.2±23.0	8.9±3.3	12.8±3.2	13.4±2.6	11.1±1.4	12.7±3.2
RH	32.2±32.5	33.6±4.7	33.0±2.7	36.3±5.1	34.1±6.2	34.5±3.6
TD	64.0±3.9	64.4±7.3	64.9±4.4	64.9±6.4	65.3±5.1	67.8±7.2
TPD	74.5±5.4	76.2±5.5	72.2±5.3	72.6±6.6	75.8±4.9	80.3±5.9
RD	9.8±2.7	10.0±2.5	5.7±1.8	6.7±1.6	8.0±2.2	10.1±2.2
VD	35.1±3.0	35.0±4.0	34.0±3.2	34.4±4.2	34.2±2.7	34.7±4.6

それぞれの Stage において Stage A を基準として比率は以下の通りであった。(表2)

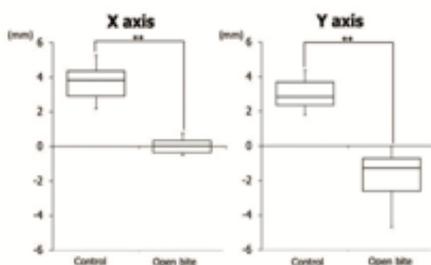
2) *をつけたところにおいては $p < 0.05$ の有意差が認められた。

(表2)

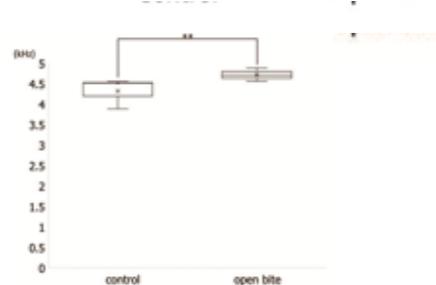
	Stage A/Stage A		Stage B/Stage A		Stage C/Stage A	
	control	Open bite	control	Open bite	control	Open bite
TTHH	1.0	1.0	1.2±0.15 *	1.2±0.12 *	1.0±0.11	0.98±0.09
THH	1.0	1.0	1.5±0.32 *	1.5±0.49 *	1.3±0.33 *	1.4±0.57 *
RH	1.0	1.0	1.0±0.07	1.0±0.19	1.1±0.17	1.0±0.15
TD	1.0	1.0	1.0±0.06	1.0±0.09	1.0±0.09	1.0±0.10
TPD	1.0	1.0	0.97±0.06	0.97±0.05	1.0±0.07	1.0±0.04
RD	1.0	1.0	0.61±0.25 *	0.74±0.35 *	0.87±0.25	1.1±0.37
VD	1.0	1.0	0.97±0.03	0.97±0.02	0.97±0.02	0.97±0.04

上顎前歯切縁を基準とした舌尖の位置については図8、control 群と open bite 群における/a/ 発音から/s/発音へ移行する部位における音声分析の結果は図9のようになった。

(図8)



(図9)



以上より、正常咬合を有する被験者と前歯部開咬を有する被験者との間では、舌体の位置においては相違はなく、舌尖の位置についての相違が認められた。また、この舌尖の位置の違いは音声においても違いが認められた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Ozawa Erika, Honda Ei-ichi, Tomizato Hiroshi, Kurabayashi Tohru, Nunthayanon Kulthida, Ohmori Hiroko, Shimazaki Kazuo, Ono Takashi	4. 巻 11
2. 論文標題 Preliminary study of articulatory characteristics in open bite subjects revealed by 3T magnetic resonance imaging movies	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 APOS Trends in Orthodontics	6. 最初と最後の頁 14 ~ 22
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.25259/APOS_174_2020	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔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	島崎 一夫 (SHIMAZAKI KAZUO) (10420259)	東京医科歯科大学・歯学部附属病院・助教 (12602)	
研究分担者	誉田 栄一 (HONDA EIICHI) (30192321)	徳島大学・大学院医歯薬学研究部（歯学域）・教授 (16101)	
研究分担者	小野 卓史 (ONO TAKASHI) (30221857)	東京医科歯科大学・大学院医歯学総合研究科・教授 (12602)	

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
---------	---------