

追記：本論文の内容の一部は、日本補綴歯科学会誌の13巻2号135～145頁（2021年）に掲載された。

神奈川歯科大学大学院歯学研究科

2018年度 博士論文

パラタルバーの位置の違いが発語時の脳活動に与える影響

2018年 12月 14日

片岡加奈子

Kanako Kataoka

神奈川歯科大学大学院歯学研究科

顎咬合機能回復補綴医学講座

神奈川歯科大学大学院歯学研究科

2018年度 博士論文

パラタルバーの位置の違いが発語時の脳活動に与える影響

2018年 12月 14日

片岡加奈子

Kanako Kataoka

神奈川歯科大学大学院歯学研究科

顎咬合機能回復補綴医学講座

玉置勝司教授 指導

2018年度
博士論文

パラタルバーの位置の違いが発語時の脳活動に与える影響

顎咬合機能回復補綴医学講座

片岡加奈子

緒言

日本における総人口に対する 65 歳以上の高齢者人口は, 2007 年に 21% を超えてすでに超高齢社会に突入している. こうした社会状況の中での医療は, これまでの疾病対応型から健康創生型へと大きな方向転換は必至である. すなわち, 他力的ではなく, 自立的に「健康長寿」を獲得する姿勢が重要であり, そのためには「QOL が高く活力をもって自立できる元気な高齢者を増やすこと」にある. 内閣府による「平成 26 年度高齢者の日常生活に関する意識調査」¹⁾ では, 「日常的な楽しみ」に関する調査結果は, 「仲間と集まりおしゃべり」「食事, 飲食」が上位を占めている. H28 年歯科疾患実態調査²⁾ では部分床義歯装着者が 65 歳以上になると増加し, 85 歳以上では部分床義歯や全部床義歯装着者が同程度に多いとの報告がある. 上顎部分床義歯に頻用されるパラタルバーは, その位置によっては違和感を惹起したり, 発音や咀嚼を阻害するが³⁾, パラタルバー装着直後から時間経過とともにその形状に対する順応により, 発音障害は徐々に解消されていくことから, 義歯装着時には取り上げて問題にされることは少なかった. しかしながらコミュニケーションの重要性が指摘され⁴⁾, パラタルバー装着直後の高齢者の発語機能の低下を防止し, 患者満足度の向上が求められてきている. 上顎の大連結子を含むパラタルバーと発語に関する研究は多くの報告がある. 主観的口腔感覚を評価した研究^{5~7)}, 主観的かつ聴覚的な発語明瞭度検査^{8~10)},

客観的かつ視覚的なパラトグラム分析^{11, 12)}, 音響学的な音声分析^{12~16)}や音声認識法を用いた分析⁴⁾などがあるが, 情動に関連する脳機能活動が発語時の影響について検討した研究はいまだかつてない. そこで高齢者の装着が高頻度になる部分床義歯の構成要素であるパラタルバーの位置の違いが, 高齢者の発語時の違和感や満足度にどのような影響を及ぼすかは重要な課題であると判断し, これまでに行われたことのない情動に関連する脳機能の面から検討を試みた. 適切な咬頭嵌合位が確立された日常の発語機能に問題がない健常者を対象に, 可撤式有床義歯の装着を想定した各種パラタルバー装着した状態で発語を行い, その時の被験者自身が感じた発語困難感を主観的評価 (VAS) と客観的評価 (脳活動データ) からパラタルバーの位置の違いが発語時の脳機能に与える影響について検討することを目的とする.

材料と方法

1. 被験者

適切な咬頭嵌合位が確立された発語機能に障害のない 20 代~40 代までの健常者 25 名 (男性 13 名, 女性 12 名, 平均年齢 31.8 ± 7.95 歳) とした.

被験者は歯科医師による医療面接, 顎口腔系の検査が行われ, 歯列および咬合状態が診査された. 本実験に関するインフォームドコンセント (研究目的, 内容お

よびリスクなどを詳細に説明)を十分に行い、文章による承諾、署名を得た者を研究対象とした。本研究は、神奈川歯科大学の倫理委員会の承認(承認番号 457 番)を得て遂行された。

2. 実験装置

(1) パラタルバーの製作

本研究では両側処理の部分床義歯を想定した大連結子のパラタルバーを実験装置とした。被験者の上顎歯列および口蓋部を含めアルジネート印象材で印象採得し、作業用模型を作製した。その後製作した模型の概要を 3D スキャナー

(Medit Identica Hybrid 3D スキャナー, Medit 社, ソウル市, 韓国)

にて計測した。得られた 3D データ上をもとに口蓋部の位置の違いによる 3 種類のパラタルバーをパソコン上でデザインし、専用の材料である Dental SG

(Formlabs 社, Medford, USA) を用いて 3D プリンター (FormslabsForm2,

Formlabs 社, Medford, USA) で製作した。パラタルバーのデザインは口蓋部前

方部に前パラタルバー, 中央部に中パラタルバー, 後方部に後パラタルバーの 3

種類とし, その幅は 6mm, 厚径 1.5mm に規格した。前パラタルバーの固定部は側切

歯と犬歯間幅に, 中パラタルバーの固定部は第一小白歯と第二小白歯間幅に, 後

パラタルバーの固定部は第一大臼歯と第二大臼歯間幅とし, 口蓋正中縫線を直

行する設計とし作製した (図 1)。

(2) 近赤外脳機能計測装置 (fNIRS: functional near-infrared spectroscopy)

サンバイザー型の軽量小型なワイヤレス近赤外線分光法装置 (Hb131s, astem 社, 川崎市, 日本) を用いて前頭前野の活動を記録した (図 2).

サンバイザーの前方部に設定されたプローブは, 脳波国際 10-20 法により, F8 の位置に CH1, Fp2 に CH2, F7 に CH3, Fp1 に CH4 を取り付けた (図 3).

3. 主観的評価 (VAS: Visual Analog Scale)

被験者の口蓋部の条件 (パラタルバー未装着, 装着) での発語時の主観的評価として VAS 評価を行った. 発語時, 全く違和感がない状態を 0 とし, 発語時に最も違和感がある状態を 100 とし, その範囲の中で被験者の主観的評価を数値で記録した (図 4).

4. 計測スケジュール

3 種類のパラタルバーとパラタルバー未装着の装着順は, 1 から 25 までの数字を乱数表を用いて, 4 通りがランダムになるように表を作製し, 被験者のパラタルバーの装着条件 (後述①, ②, ③, ④) を決定した. 3 種類のパラタルバーとパラタルバー未装着の装着順は, ①未装着→前パラタルバー→中パラタルバー→後パラタルバー, ②前パラタルバー→中パラタルバー→後パラタルバー→未装着, ③中パラタルバー→後パラタルバー→未装着→前パラタルバー, ④後パラタルバー→未装着→前パラタルバー→中パラタルバー, とした. 被験者には封筒

の中に1～25までの順番が書かれた紙を入れ、被験者にその数字がわからないよう任意に封筒を選び、装着順番を決定した。バーの装着は術者が被験者の口腔内に装着した。被験者は座位を保ったまま前方に置かれたノート型パソコンの画面を注視した（図5）。パソコン画面上に発語文章を表示し、10秒間に発語文章が3回収まる速度で発語し、その後30秒間の安静を1クールとし、それを5クール繰り返した。発語文章は2種類とし、発語文章1「さくらはながさきました」と発語文章2「アメリカのミシシッピー」とした。その後発語時の主観的評価として、VAS値を記録した（図6）。

5. 脳活動（fNIRS）の解析方法

脳活動のオリジナルデータはタスク中のデータから発音開始前10秒間、発語中10秒間、発語後20秒間を抽出し、Savitzky-Golayフィルタを用いて、1Hz以下の周波数をカットオフした。同一被験者のパラタルバー装着データから未装着データを差し引いた差分波形について、5クール分のタスクの加算平均を算出した。Oxy-Hb、Deoxy-Hbの振幅は、さらに発音が完了する前の10秒間の標準偏差の平均値で除して正規化した。また発語直後の測定値をベースライン0となるよう補正し、分析を行った。

6. 統計解析

VASは、パラタルバーなしと前、中、後パラタルバー装着時の平均値を用いた。

また, fNIRS においては, 前, 中, 後パラタルバーの差分積分値の平均値を用いた.

それぞれのデータは Shapiro-Wilk 検定により正規性の検定を行った.

正規性のある結果に対しては一元配置 ANOVA, 正規性のない結果に対しては, フリドマン検定を行った. 一元配置 ANOVA では, Tukey test (Bonferroni 補正付き) を行い多重比較を行った. 正規性のない結果は Wilcoxon 符号付き順位検定を各群に行い, 有意確率に Bonferroni 補正を行った.

危険率 5% 水準で有意差を判定した. 分析は SPSS Statistics 22, IBM を使用した.

結果

1. VAS による主観的評価

発語文章 1, 2 ともに VAS 値は, パラタルバー未装着, 前パラタルバー, 中パラタルバー, 後パラタルバーの順に高くなる傾向を示したが, パラタルバー未装着のほぼ 0 に対して, 前パラタルバーと中パラタルバーの VAS 値は約 30 程度で, 両者間に有意の差はなかった. 一方, 発語文章 1, 2 ともに後パラタルバーは約 50 を示し, 前パラタルバーと中パラタルバーに対して有意に高値を示した (図 7, 図 8).

2. 脳活動による客観的評価

(1) 発語文章 1 「さくらはながさきました」について

Oxy-Hb の差分波形において、発語終了後の波形に着目した。CH4 では前パラタルバーが、中、後に比べて増大傾向が認められた (図 9-1)。その脳活動量を差分積分値で比較してみると、発語開始後から 10-25 秒では、前パラタルバーの値が大きい傾向が認められ、後、中の順であった。特に前と中に大きな差が認められたものの、有意な差は認められなかった (図 9-2)。

Deoxy-Hb の差分波形においても同様に発語後の波形に着目し、CH3 では中パラタルバーが他のバーに比べて増大傾向であった (図 10-1)。その脳活動量は中パラタルバーの値が大きく Oxy-Hb の値とほぼ逆の傾向が認められたが、有意な差は認められなかった (図 10-2)。

(2) 発語文章 2 「アメリカのミシシッピ」について

Oxy-Hb の差分波形において、CH4 では発語終了後に中パラタルバーが他のバーに比べて増大する傾向が認められた (図 11-1)。その脳活動量を比較すると発語開始後 10-25 秒では中パラタルバーの値が大きく、前に比べ有意差 ($P=0.03$) が認められた。また前パラタルバーの値は、脳活動量の減少が認められた (図 11-2)。

Deoxy-Hb の差分波形において、CH3 では、前パラタルバーが他のバーに比べて増大する傾向が認められた (図 12-1)。その脳活動量を比較すると、発語開始後 10-25 秒では前パラタルバーの値が大きく、中、後が低くなり、前と中に有意差が認められ ($P=0.003$)、前と後にも有意な結果が認められた ($P=0.016$) (図 12-2)。

考察

1. fNIRS 計測について

fNIRS は非侵襲的に生体内の酸素化ヘモグロビン (oxygenated hemoglobin: oxy-Hb) と脱酸素化ヘモグロビン (deoxygenated hemoglobin: deoxy-Hb) の濃度変化量を計測する脳機能イメージング法のひとつである。波長 700 nm から 900 nm の波長の近赤外光は皮膚や骨などの生体組織に対して高い透過性をもち、同時に主にヘモグロビンに吸収され、その酸化状態によって吸光度が異なる性質を持つ。ヒトの頭蓋外側から照射プローブによって発せられた近赤外光は頭部表層の組織から大脳皮質に達し、複雑な錯乱と反射を繰り返してその一部が頭蓋外側に戻ってくる。その光を検出プローブで検出し、吸光度の違いから、Oxy-Hb と Deoxy-Hb の濃度変化量を計測することが可能となる。脳の局所的な神経活動の増加は酸素消費と血流の増加を伴うが、近傍での血管拡張により供給される動脈血の割合が過剰であるため、神経が活動している部位では Oxy-Hb 濃度が増大し、Deoxy-Hb 濃度が減少する。これらのヘモグロビン濃度の変化からその部位の神経活動の変化を間接的に推定する手法が fNIRS である。

fNIRS は fMRI, PET, SPECT などの脳機能画像と比較して、①自然な状態での測定が可能であり、感情や意欲など検査状態により影響を受ける脳機能検査に適す

る。②時間分解能が高く (10^{-2} sec), 脳機能の時間的变化を捉えることが容易である。③非侵襲的で検査が簡便なため刺激や課題に伴う変化を反復測定するのに有利である。④小型で価格, 維持費が安く患者のベットサイドまで運んで計測できる。⑤Oxy-Hb, Deoxy-Hb の濃度変化を独立に計測できるという利点がある。一方で, 近赤外線 of 散乱・反射光を用いているため, 頭皮上 of 入光プローブからでた近赤外光が再び頭皮上 of 受光プローブに達するまでの生体内の経路やその距離を正確に決定できないという問題がある。そのため, ①皮膚・骨などの脳外組織の関与がありえる。②空間分解能が低いため測定部位が厳密に特定できない。③測定できるのはヘモグロビン濃度の変化値であり, 刺激や課題によるベースラインからの変化しかとらえられない測定値の相対性の問題があるとされている^{17~34)}。今回の研究ではパラタルバーの設定位置による発語時の違和感や障害感を脳機能から客観的評価の可能性を検討することが目的のため, 脳機能計測装置として小型で簡便性のあるまた拘束性も少ない fNIRS を使用した。

本研究で用いた fNIRS 装置は Oxy-Hb, Deoxy-Hb 濃度の相対的な時間変化を測定することができる。Oxy-Hb 濃度は一般的に身体に痛みやストレスが生じると増加し, Oxy-Hb は常に血流の変化と同じ方向で変化することから, 血流変化の最適指標であるとされる³⁰⁾。一方で Deoxy-Hb 信号については信号ノイズ比は Oxy-Hb 信号に比べて低いものの, 全身血圧変動などのノイズの影響を受けにく

い指標であり^{26,27)}, Deoxy-Hb 信号を用いた情動状態の判定などにも報告されている^{25,27)}。そのため, 本研究では Oxy-Hb 濃度変化, Deoxy-Hb 濃度変化の両面から解析を行った。

2. 被験用の発語文章について

今回選択した発語文章は, 正常者のパルトグラムより³⁵⁾, 舌が前方に接触する頻度が高い「さくらのはながさきました」(図 13) と舌が主に中央から後方に接触する頻度が高い「アメリカのミシシッピー」(図 14)を使用した。パラタルバーの位置が発音に及ぼす影響について種々の研究が行われているが, その大半は単音節を対象としている。山縣¹²⁾は標準日本語の五十音を順に読ませればほとんどすべての音素について試験することができる。しかし実際の臨床の現場においては, 時間的制約が多い。そのためより効果的に試験する必要がある, 一定の語彙を定めた「桜の花が咲きました」の文章が, 発音試験時の検査語彙として有用であると報告している。このことより, 「さくらのはながさきました」を発語文章 1 とした。また, 実験的口蓋床のアンケート調査における発音ならびに口腔感覚についての研究で鷹股³⁶⁾らは「ミシシッピー」はいくつかの被験用語のなかでも発音しにくい語だと述べており, 母音については各行ともに/i/のときに最も発音しにくいと報告している。以上のことより「アメリカのミシシッピー」を発語文章 2 とした。

3. パラタルバーの設定位置について

本研究では、両側処理の部分床義歯を想定した。パラタルバーの設定位置^{37~39)}に関しては前パラタルバーは口蓋の前方で犬歯間より前方を弓状を呈して走行するバー、中パラタルバーは口蓋の中央部を小臼歯間に左右へ走行するバー、後パラタルバーは口蓋部の後方で左右側第一または第二大臼歯の間を横走するバーであるとされている。これらに基づいてパラタルバーの設定位置を決定した。

4. 主観的評価 (VAS: Visual Analog Scale) について

VAS では文章 1「さくらのはながさきました」、文章 2「アメリカのミシシッピ」どちらの被験用語でも後パラタルバー装着時に VAS 値が高かった。

これは舌の後方側縁が上顎大臼歯口蓋側歯面とそれに続く歯頸部歯肉に接触し後パラタルバーの存在により発語時の舌運動が妨げられてため、VAS の値が高くなったと考えられる。VAS は抑うつ、強度、疼痛の強度、不安の強度などを推測する目的で、心身医学の分野の基礎的あるいは臨床的研究で用いられてきた。

Aitken^{40~42)}らは VAS を実用的で信頼性や正当性が高く症状の変化の測定に適していると述べている。一方、佐藤⁴³⁾らは VAS での評価は痛み、安定性に比べると違和感、装着時の審美性、会話のしやすさは義歯への慣れ、好みなどの主観的要素を含んでいて、術者が評価しにくい項目であると述べている。また、主観的表現を定量的に扱う適当な方法ではあるものの、患者が回答方法を十分に理解

しなければ回答できないとの欠点がある。さらに、治療前後の変化を定量的に検討するには有効であるが、1回の測定でその測定値を絶対的な評価として用いるには好ましくないと述べている。別当⁴⁴⁾らによると「自覚的な発音困難感の原因は床による舌の運動障害と舌尖のつかえる感じが主である」と報告している。今回の結果では、発語時に最も違和感がある状態との質問を行い、評価を行った。文章1、文章2を比較して同様の結果が得られたのは、後パラタルバーの存在により発語時の舌運動が妨げられて発語時の違和感よりむしろ、発音困難感（しゃべりにくさ）が生じたと考えられる。主観的評価では、しゃべりにくさをとらえたため後パラタルバーの値が高かった。

5. fNIRSによる脳活動について

前頭前野の働きとして抽象的思考など「高次認知活動」に関与⁴⁵⁾し、一般的に情動発現に対して抑制的に働くと考えられている。また、小野、小林らの先行研究²⁴⁾では、咬合違和感の増大に伴って、右DLPFC（背外側前頭前野）、前頭極の活動が認められた。今回の研究では、発音文章1「さくらのはながさきました」（図9、図10）で前パラタルバーに脳活動量の増大傾向がみられ、発音文章2「アメリカのミシシッピー」（図11、図12）で中パラタルバーに脳活動量の増大が見られた。脳活動の賦活がみられたのは、舌が前方に接触する要素の多い発音文章1（図13）で、前パラタルバーが増大傾向で、舌が側方中央から後方に接触する要素が

多い発語文章 2 (図 14) では中パラタルバーが増大した。パラタルバーの設定位置の違いが脳活動量に影響を及ぼす原因として、口腔感覚の違和感が生じたためと考えられる。このことはパラタルバーの装着, 非装着により, 舌が経験的に記憶した感覚とは異なった感覚で接触することで, 記憶したイメージとは違う感覚を受容したときに生じる異物感に応答し, 発語時にこれまでになかったものが存在するという不快感覚を抑制するために前頭極の脳血流量が増大したと思われる。さらに発語文章 2 では前パラタルバー装着時に脳血流の減少がみられた。このことは, 未装着に対して, 発語時の脳活動量はマイナス値を示していることから確認できる。これは生田らの先行研究においても同様の現象がみられたように, 前パラタルバー装着時は発語文章 2 の際に中パラタルバーや後パラタルバー装着時よりも舌との接触が比較的少ないために, 脳からの発声運動の指令に対して, 非装着時とは異なる口腔感覚が中枢へフィードバックされた状況を示すもので, この前パラタルバーを装着した状態で発声運動を円滑に行うためには, 発語時の口腔感覚・運動感覚を新しい自己身体イメージとして学習, 統制することが必要である。こうした身体イメージの学習と更新を行うために, 今回計測対象とした前頭極以外の部位 (例えば DLPFC) が賦活され⁴⁶⁾, 計測部位の脳血流量の減少 (stealing 現象) が起こったと考えられる。

6. 臨床的意義と今後に関して

本研究の結果から, VAS による主観的評価では, 前パラタルバーと中パラタルバーの間に差が認められなかったが, 脳活動による客観的評価においては差が認められた. すなわち, 有床義歯の構成要素が発語時の口腔感覚の微妙な変化を脳活動から評価する新たな手法が示唆されたと考えられる. 元来, 部分床義歯のパラタルバーの設計においては, 欠損部位によって設定位置が決定されるという基本原則があるものの, 本研究で用いた客観的手法を併用すれば, 部分床義歯を装着する事前に, 簡易的にしかも高精度に形態的条件を変化させた試適用部分床義歯を製作しておき, 個々の患者に違和感が少ない設計を選択することで, 満足度の高い義歯を提供する新たなシステムが期待できる.

結論

1. パラタルバー装着時の発語による主観的な評価 (VAS 値)

主観的発語困難感は, 前, 中, 後パラタルバーの順に大きくなった.

2. パラタルバー装着時の発語による客観的評価 (脳活動)

fNIRS による脳活動は, パラタルバーの設定位置の違いに影響を受け,

口腔感覚としての違和感 (予期した感覚とは違う感覚を受容したときの違和感) に応答した.

3. 発語を考慮した上顎可撤性補綴装置の口蓋部の設計では, 主観的評価だけでは評価不可能な口腔感覚の違和感を客観的に測定でき, 脳活動を指標とした手法の可能性が示唆された.

謝辞

稿を終えるに臨み, 御懇切なる御指導と御校閲を賜りました神奈川歯科大学大学院歯学研究科口腔機能修復学講座顎咬合機能回復補綴医学分野 玉置勝司教授に深甚なる謝意を表します. また, 御校閲と御鞭撻を頂きました明治大学理工学部電気電子生命学科 小野弓絵教授に厚く御礼申し上げます. 最後に本研究をご支援頂きました北里大学衛生学 講師 星佳芳先生 神奈川歯科大学大学院歯学研究科口腔機能修復学講座顎咬合機能回復補綴医学分野の生田龍平先生, 教室員各位に深く感謝いたします.

参考文献

1. 平成 26 年度高齢者の日常生活に関する意識調査:内閣府
2. 平成 28 年度歯科疾患実態調査:厚労省
3. Farrell J: Partial denture tolerance. Dent Pract Dent Rec 19: 162-164, 1969.

4. 渡辺正宣:大連結子の設定位置が発音に及ぼす影響 パターンマッチングよる音声認識法を用いた分析. 奥羽大歯学誌 Vol. 27(3): 151-161, 2000.
5. Yaka T, Shimokawara S, Yamamoto H et al: Influence of location of palatal bar on oral perception. J Meikai Dent Med. 35: 53-57, 2006.
6. Yaka T, Shimokawara S, Yamamoto H, et al: Influence of Location of Palatal Bar on Discomfort and Subjective Difficulty in Functions. Prosthodont Res Pract 7 : 204-206, 2008.
7. 下川原忍, 曾根峰世, 松川高明, ほか:パラタルバーの設定位置に関する実験的研究—異物感および障害感による評価—. 明海歯学 (J Meikai Dent Med) 44 (2) : 268-279, 2015.
8. 降矢宣成: 言語障害の語音発語明瞭度 (明瞭度) に関する研究. 日耳鼻 61: 1923-1948, 1958.
9. 園田秀明:発語明瞭度とパラトグラム. 日歯補綴会誌. 20: 633-650, 1976.
10. 浅井政一, 清野和夫, 清野晃考, ほか: 上顎顎義歯装着者の構音機能回復-語音発語明瞭度による異常音声聴取傾向-. 日歯補綴会誌. 38: 1072-1081, 1994.
11. 伊藤秀美, 根本一男:電氣的パラトグラムによる舌の調音と口蓋形態に関する基礎的研究-単音節について-. 日補綴会誌 22: 580-598, 1978.
12. 山縣健佑: 発音試験用標準日本語彙に関する研究. 日補綴歯会誌. 8: 173-

217, 1964.

13. 丸井義仁：上顎局部義歯床設計に伴う母音音響相について．日補綴歯会誌. 27: 713-730, 1983.

14. 鷹股哲也, 倉沢郁文, 橋本京一, ほか: 音声周波数の3次元表示とその評価. 松本歯学 16: 133-144, 1990.

15. 藤井輝幸: 発音機能の検査法と臨床応用周波数分析-音声認識. 歯科ジャーナル 35: 301-308, 1992.

16. 石神元, 倉知正和, 山村善治, ほか: 補綴物装着者の時間経過に伴う発音改善について. 日補綴歯会誌 36: 1252-1260, 1992.

17. Jöbsis FF: Noninvasive infrared monitoring of cerebral and myocardial oxygen sufficiency and circulatory parameters. Science. 198: 1264-1267, 1977.

18. Villringer A, Planck J, Hock C, et al: Near infrared spectroscopy (NIRS): a new tool to study hemodynamic changes during activation of brain function in human adults. Neurosci Lett. 154: 101-104, 1993.

19. 佐藤昭夫: 脳血流の神経性調節をめぐって. 日本薬理学会. 112(S): 5-9, 1998.

20. Onozuka M, Fujita M, Watanabe K, et al: Aged-related changes in

brain regional activity during chewing: a functional magnetic resonance imaging study. *J Dent Res.* 82: 657-660, 2003.

21. 小泉英明・牧敦・山本剛 : NIRSによる機能画像の基礎. *臨床精神医学.* 33: 723-733, 2004.

22. 星 詳子 : 機能的赤外線分光法 : 限界と可能性, *日本脈管学会誌*, 45(2): 61-67, 2005.

23. Izzetoglu M, Devaraj A, Bunce S, et al: Motion artifact cancellation in NIR spectroscopy using Wiener filtering. *Trans Biomed Eng.* 52: 934-938, 2005.

24. 前原吾朗 : 近赤外分光分析による形状マッチング課題遂行中の脳活動の計測. *電子情報通信学会技報.* 126(4): 20-29, 2006.

25. Otsuka T, Watanabe K, Hirano Y, et al: Effects of mandibular deviation on brain activation during clenching: an fMRI preliminary study. *Cranio* 27, 88-93, 2009.

26. 山本 剛 : 光トポグラフ法の概要と空間分解向上への検討. *JSLSM.* 26(3): 257-265, 2009.

27. 相澤直樹, 内海千種, 中村有吾, ほか: 近赤外分光法 (NIRS)による前頭葉血流動態の測定に関する文献的検討-認知課題を中心に-. *学校危機とメンタルケ*

ア第2巻: 59-72, 2010.

28. Greven M, Otsuka T, Zutz L, et al: The amount of TMJ displacement correlates with brain activity. *Cranio* 29, 291-296, 2011.

29. Kirilina E, Jelzow A, Heine A, et al: The physiological origin of task-evoked systemic artefacts in functional near infrared spectroscopy. *NeuroImages*. 61: 70-81, 2012.

30. 宮内 哲. 脳を測る: 改訂 ヒトの脳機能の非侵襲的測定. *心理学評論* 56 (3): 414-454, 2013.

31. Ono Y, Kobayashi G, Hayama T, et al: Prefrontal hemodynamic changes associated with subjective sense of occlusal discomfort *BioMed Research International*. 2015: 10 , 2015.

32. Ono Y, Ishikawa Y, Munakata M, et al: Diagnosis of occlusal dysesthesia utilizing prefrontal hemodynamic activity with slight occlusal interference. *Version of Record online: 14. Clinical and Experimental Dental Research*. 2(2): 129-135, 2016.

33. Tamaki K, Ishigaki S, Ogawa T, et al: Japan Prosthodontic Society Position paper “occlusal discomfort syndrome”. *Journal of Prosthodontic Research*. 60(3): 156-166, 2016.

34. 松田康宏, 鈴木達也, 小野塚實, ほか: 脳機能計測による手技療法の疼痛緩和効果の評価. 生体医工学 55(1): 1-8, 2017.
35. 森田啓一: 正常者のパラトグラム, 口腔病学会雑誌, 34(4): 279-309, 1967.
36. 鷹股哲也, 杉藤庄平, 舛田篤之, ほか: 実験的全口蓋床装着者のアンケート調査票による検討 発音ならびに口腔感覚について- 松本歯学, 14: 329-338, 1988.
37. 奥野善彦: 歯科技工教本 有床義歯技工学 2. 局部床義歯編, 44~51, 医歯薬出版, 東京, 1980
38. 尾花甚一: 部分床義歯, 34~39, 91~99, 医歯薬出版, 東京, 1974
39. 竹内英明: 調音機能と補綴物との関係 III-1. パラタルバー設定位置が発音前の表情筋筋放電に及ぼす経日的変化様相. 日補綴会誌 38, 442-454, 1994.
40. Aitken RCB: Measurement of feeling using visual analog scales. Proc R Soc Med 62: 989-993, 1969.
41. Yamagiwa M, Miyahara Y, Sakakura Y: Nasal sensation of airflow and nasal geometry evaluated by acoustic rhinometry. Rhinology Up-to-date Proceedings of the XIV ERS Congress and XI ISIAN. Passali D (ed). I G R: 416-425, 1994.
42. Freyd M: The graphic rating scale. Journal T O C. 43: 83-102, 1921.

43. 佐藤雅之, 矢田部優, 藍稔, ほか:新たに装着した部分床義歯に対する患者満足度の評価. 日補綴会誌 J Jpn Prothodont Soc 43: 871-876, 1999.
44. 別当敏:全口蓋床に対する発音の適応に関する実験的研究, 歯科医学, 37(6)557-591, 1974.
45. MillerEK. CohnJD: An integrative theory of prefrontal cortex function. Ann Rev Neurosci 24: 167-202, 2001.
46. 浅野裕俊, 弘重 暁, 井出英人:機能的近赤外分光法を用いた快-不快音聴取時の脳活動評価. 電学論 C. 131(7): 70-75, 2011.
47. 金藤哲明:パラタルバーの発音への影響について. 九州歯会誌, 47: 188-207, 1993.
48. 高橋香奈恵:調音機能と補綴物との関係 III-2. パラタルバー設定位置が発音前の舌筋筋放電活動に及ぼす経日的変化様相. 日補綴会誌 39: 353-360, 1995.
49. 杉江 弘:調音機能と補綴物との関係 III-3. パラタルバー設定位置が音声継続時間に及ぼす経日的変化様相. 日補綴会誌 39: 379-387, 1995.
50. 麻生千織, 松本貴彦, 鱒見進一:パラタルバーの設定位置が厚さ弁別能に及ぼす影響. 日補綴会誌 52: 68-75, 2008.
51. 伊藤秀美:電氣的パラトグラムによる舌の調音と口蓋形態に関する基礎的研究-「桜の花が, 咲きました」-日補綴会誌. 27: 119-133, 1983.

52. 昆はるか, 佐藤直子, 野村修一, ほか: 高齢者装着者の義歯満足度に影響する要因について, 日補綴会誌 Ann Jpn Prothodont Soc 1: 361-369, 2009.
53. Fink GR, Marshall JC, Halligan PW, et al: The neural consequences of conflict between intention and the senses. Brain. 122(Pt3): 497-512, 1999.
54. Hiroyuki K, Ryosuke A, Amane T, et al: Regional cerebral blood flow in patients with orally localized somatoform pain disorder: a single photon emission computed tomography study; Psychiatry and Clinical Neurosciences. 64: 476-482, 2010.
55. Hayes MHS, Patterson DG: Experimental development of the graphic rating method. Psychological Bulletin 18: 98-99, 1921.
56. 虫本栄子, 小野田利枝, 河上雄之介ほか: 大連結子のデザインの違いが口腔感覚に及ぼす影響に関する脳波学的検討. 日補綴会誌 J Jpn Prosthodont Soc 49: 478-487, 2005.
57. Makiko Furukawa, Hidetaka Ito, et al: Influence of different setting positions of maxillary major connectors on salivary stress. Journal of Osaka Dental University; 46(1): 127-135, 2012(April).

図譜説明

- 図 1 3D プリンターにより製作されたパラタルバー
- 図 2 近赤外線分光法装置 (Hb131s, astem 社製, 川崎市、日本)
- 図 3 計測用プローブの設定位置 (脳波国際 10-20 法)
- 図 4 発語時の主観的評価 (VAS)
- 図 5 計測風景
- 図 6 発語の計測 (fNIRS, VAS) タスク
- 図 7 結果 VAS 値 (発語文章 1 「さくらのはながさきました」)
- 図 8 結果 VAS 値 (発語文章 2 「アメリカのミシシッピー」)
- 図 9 結果 fNIRS Oxy-Hb (発語文章 1 「さくらのはながさきました」)
- 図 10 結果 fNIRS Deoxy-Hb (発語文章 1 「さくらのはながさきました」)
- 図 11 結果 fNIRS Oxy-Hb (発語文章 2 「アメリカのミシシッピー」)
- 図 12 結果 fNIRS Deoxy-Hb (発語文章 2 「アメリカのミシシッピー」)
- 図 13 パラトグラム 発語文章 1 「さくらのはながさきました」
- 図 14 パラトグラム 発語文章 2 「アメリカのミシシッピー」

図 1



3Dプリンターにより製作されたパラタルバー

パラタルバーは幅 6mm, 厚径 1.5mm の規格で, 口蓋部前方部に前パラタルバー, 中央部に中パラタルバー, 後方部に後パラタルバーとした.

前パラタルバーの固定部は側切歯と犬歯間幅に, 中パラタルバーの固定部は第一小臼歯と第二小臼歯間幅に, 後パラタルバーの固定部は第一大臼歯と第二大臼歯間幅とし, 口蓋正中縫線を直行する設計とし, 作製した.

図 2

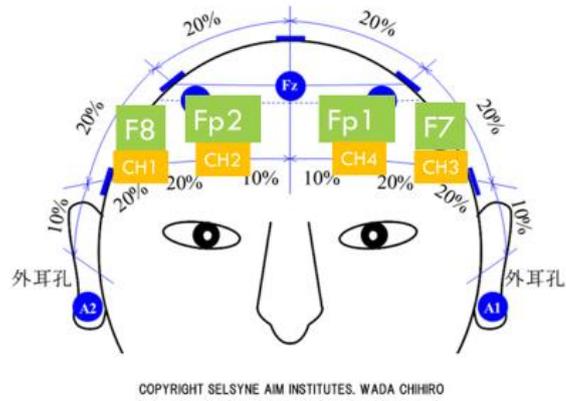


近赤外線分光法装置(Hb131s,astem社製,川崎市,日本)

サンバイザー型の軽量小型なワイヤレス装置.

サンバイザーの前部内面にセンサーが添付されている.

図3



計測用プローブの設定位置(脳波国際10-20法)

脳波国際 10-20 法により F8 に CH1, Fp2 に CH2, Fp1 に CH4, F7 に CH3 とした.

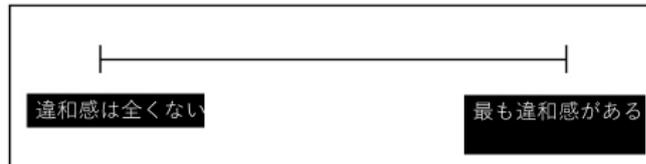
図4

主観的評価の基準 (VAS)

0：発語時に全く違和感がない状態

100：発語時に最も違和感がある状態

Visual Analogue Scale (VAS) 100mm



発語時の主観的評価 (VAS)

発語時の違和感がない状態を 0, 最も違和感がある状態を 100 として評価を行

った.

図5



計測風景

被験者は前方に置かれたノートパソコンを注視した。

図6



発語の計測 (fNIRS,VAS)タスク

パソコン画面上に1種の文章を3回表示した.

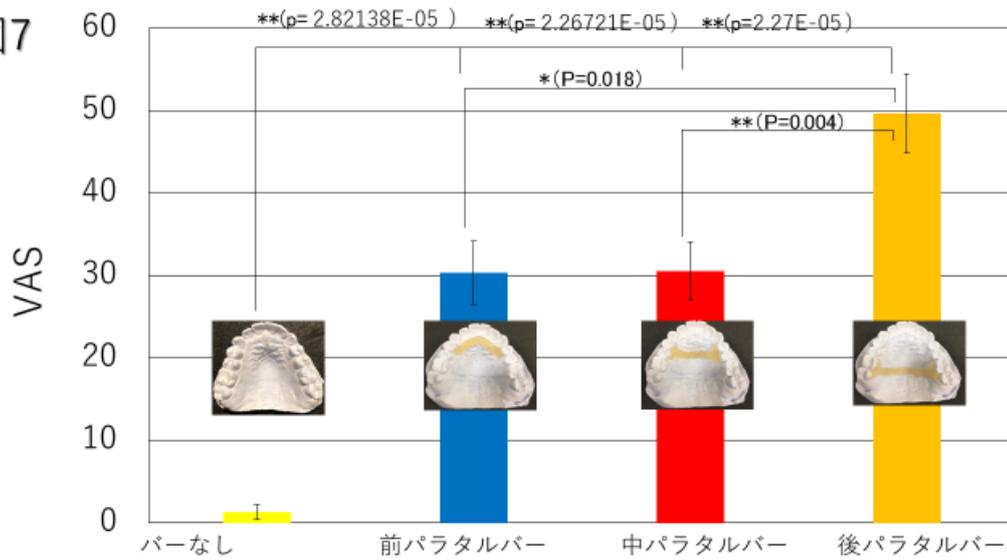
パワーポイントのアニメーションを用いて10秒に収まるように設定しそれを
読んでもらった.

第一文章は「さくらのはながさきました」

第二文章は「アメリカのミシシッピー」とし、それをそれぞれ5回繰り返した.

第一文章、第二文章の順に読んでもらった.

図7

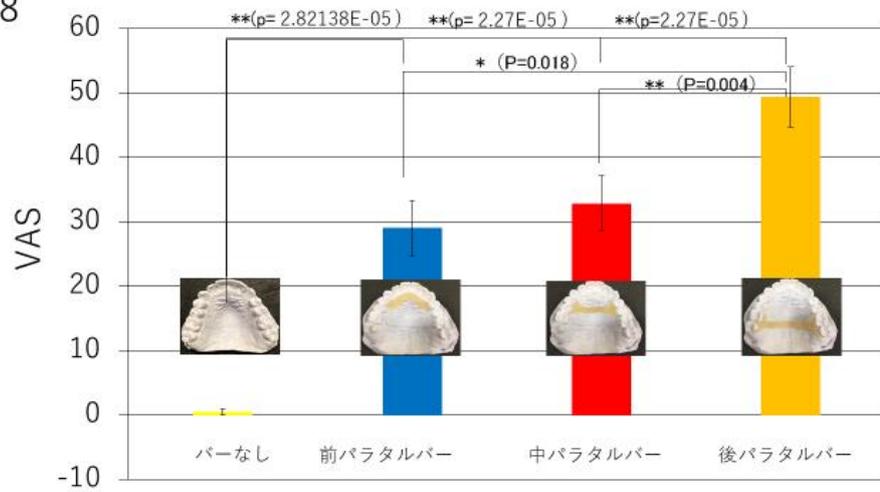


結果 VAS値（発語文章1『さくらはながさきました』）

対応のある群間の中央値の検定: Friedman検定
 多重比較: Wilcoxonの符号付き順位検定, Bonferroni補正

後パラタルバーの時に VAS 値が大きく, 前, 中とでは有意差がみとめられた.

図8



結果 VAS値（発語文章2『アメリカのミシシッピー』）

対応のある群間の中央値の検定：Friedman検定
 多重比較：Wilcoxonの符号付き順位検定，Bonferroni補正

後パラタルバー装着時に VAS 値が高く, 前, 中とでは有意差がみとめられた.

図9

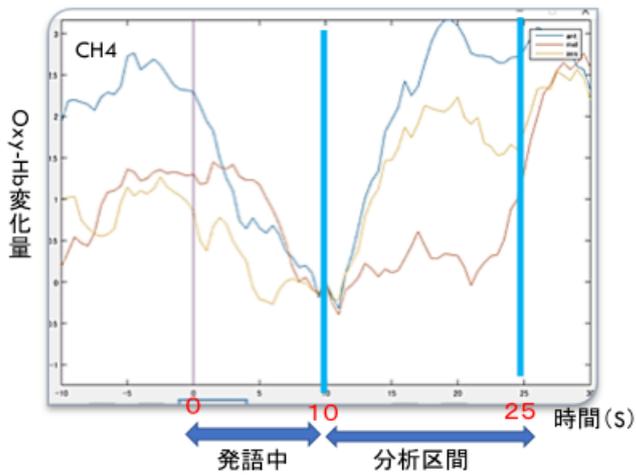


図9-1, Oxy-Hb差分波形

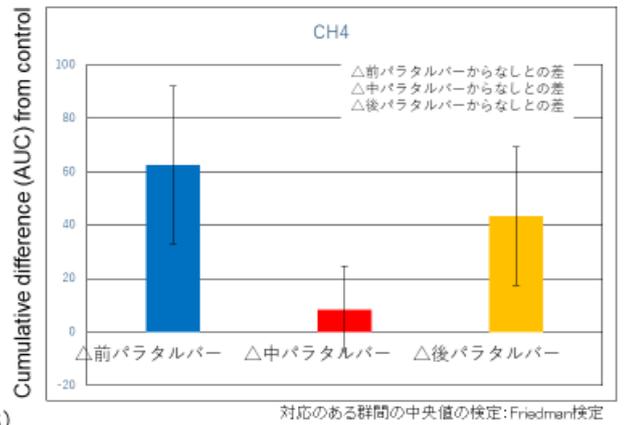


図9-2, Oxy-Hb脳活動量（差分積分値）の比較

結果 f NIRS 発語文章1 『さくらのはながさきました』

CH4 で脳活動の波形にそれぞれ差がみられた. またその際の差分積分値を右に示す. 前パラ

タルバー装着時に一番脳が賦活している傾向にあるが, 有意差はみとめられなかった.

図10

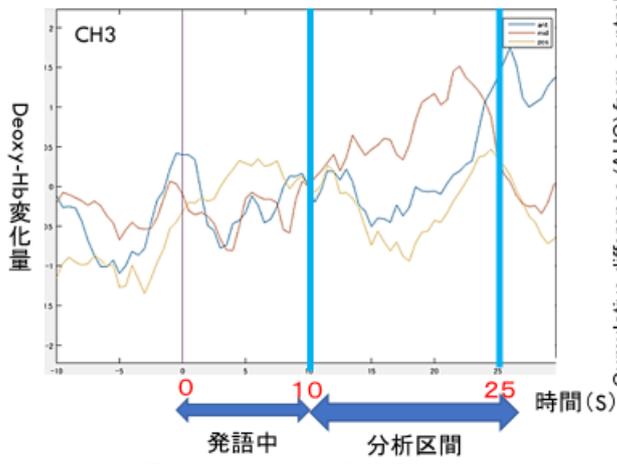


図10-1,Deoxy-Hb差分波形

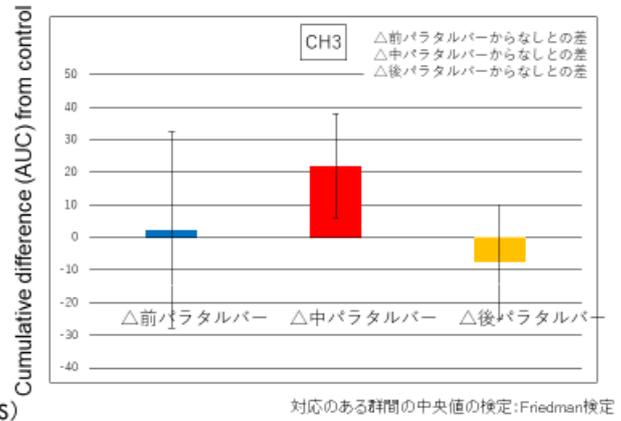


図10-2,Deoxy-Hb 脳活動量 (差分積分値) の比較

結果 f NIRS 発語文章1 『さくらはながさきました』

Ch3 で中パラタルバー装着時が一番賦活傾向にあり, 0xy-Hb の値とはほぼ逆の傾向がみとめられた.

図11

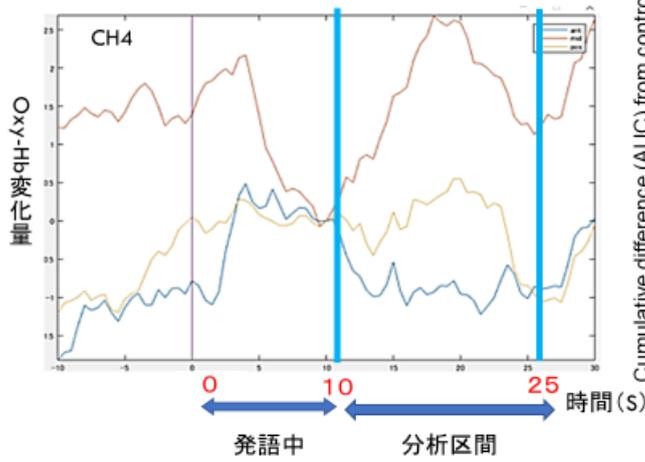


図11-1, Oxy-Hb差分波形

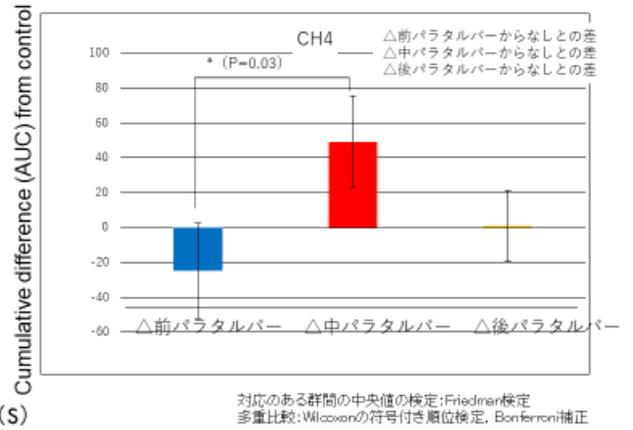


図11-2, Oxy-Hb脳活動量（差分積分値）の比較

結果 f NIRS 発語文章2『アメリカのミシシッピー』

CH4 で波形に差がみられ、その際の差分積分値では中パラタルバー装着時が最も賦活していた。

また前パラタルバーの差分と中パラタルバーとの差分では有意差がみとめられた。

図12

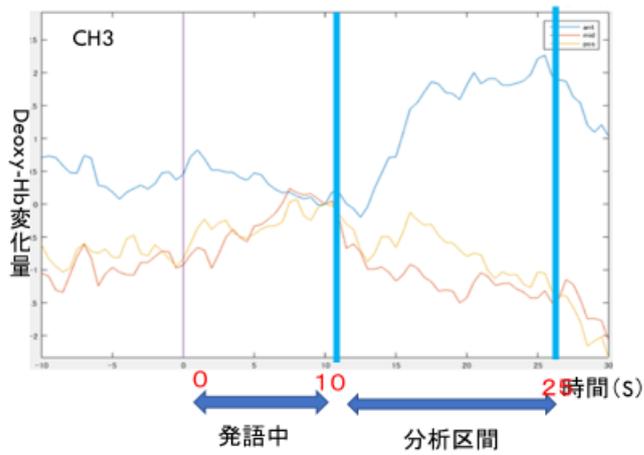


図12-1, Deoxy-Hb差分波形

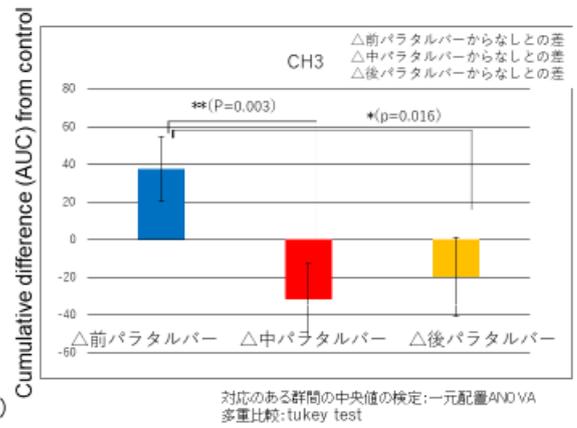
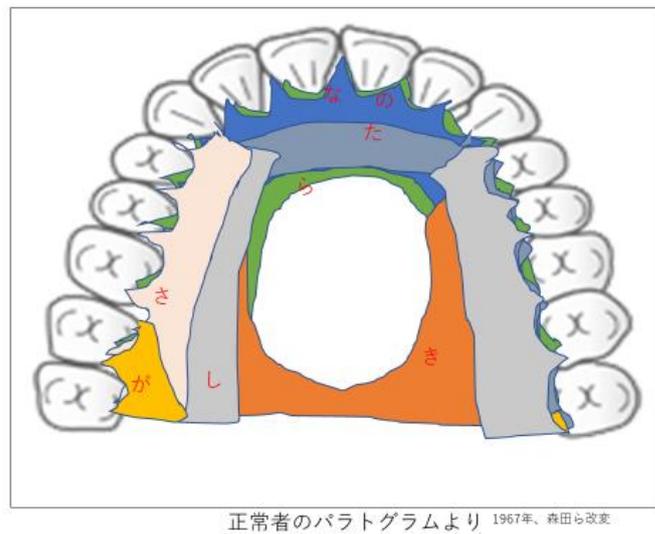


図12-2, Deoxy-Hb脳活動量（差分積分値）の比較

結果 fNIRS 発語文章2『アメリカのミシシッピー』

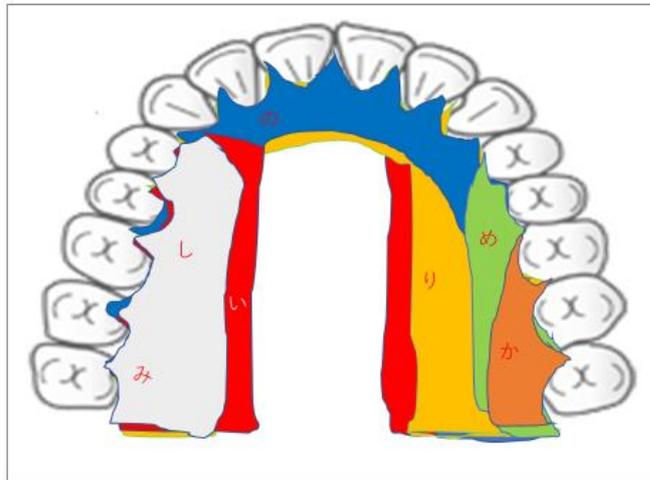
Ch3 で前パラタルバーと他のバー装着時には差がみとめられ, その際の差分積分値では前パラタルバーと中, 後とに有意差がみとめられた. Oxy-Hb のデータとでは逆の傾向がみられた.

図13



発語文章1「さくらのはながさきました」でのパルトグラムは、舌が前パラタルバーと後パラタルバーに多く接触し、中パラタルバーの位置には接触が少ない。

図14



正常者のパラトグラムより 1967年、森田ら改定

発語文章2「アメリカのミシシッピー」でのパラトグラムは舌は多少前パラタルバーの位置にも触れるが、多くは中パラタルバー, 後パラタルバーの位置に触れる.