

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 5 月 7 日現在

機関番号：32667

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K21415

研究課題名(和文) 口腔機能の向上に効果的な新しい機能訓練プログラムの確立

研究課題名(英文) Establishment of new functional training methods for improving oral function

## 研究代表者

高橋 睦 (Takahashi, Mutsumi)

日本歯科大学・新潟生命歯学部・准教授

研究者番号：80565010

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、口腔機能の向上に効果的な新しい機能訓練プログラムを確立することである。はじめに口腔機能評価法の有用性を明らかにする目的で、口腔周囲筋圧、咬合力、咀嚼能率の測定を行い、その信頼性を検証した。続いて、口腔機能訓練としてガム咀嚼トレーニング(ガムを左右側後方臼歯部で10回ずつ交互に繰り返し5分間咀嚼する運動)と舌回旋トレーニング(舌尖を唇類側歯肉と頬粘膜との移行部に押しつけながらゆっくり回旋させる運動を、右回り、左回りの順に交互に20回回旋する運動)を実施した際の口腔機能の変化を検証した。その結果、いずれの方法も口腔機能の向上に有用なトレーニングプログラムであることが立証された。

研究成果の概要(英文)：The aim of this study was to establish of new functional training methods for improving oral function. First, we investigated the usefulness of the evaluation method of oral function by measuring perioral muscle pressure, occlusal force, and masticatory efficiency. Next, changes in oral function by gum chew training and tongue rotation training were examined. Training session of gum chewing lasted for 5 min and involved alternating chewing cycles of chewing 10 times using the left molars and then 10 times using the right molars. Tongue rotation training was a motion in which the tongue is rotated alternately 20 times in the order of clockwise and counterclockwise while pressing the tongue onto the gingivobuccal fold. Oral function increased with the progress of continuous training, and there was significantly higher after cessation of training than before training. This study suggested that gum chewing training and tongue rotation training are useful to improve the oral function.

研究分野：補綴系歯学

キーワード：口腔機能 舌圧 咀嚼機能 咬合力 口腔機能訓練 チューインガム 舌

### 1. 研究開始当初の背景

超高齢社会を迎えた我が国は、平均寿命が84歳(2014年、世界保健統計)と世界最長寿命国であるが、「健康寿命」と「平均寿命」との差「健康格差」は約10年もあることが報告されている。健康寿命の延伸、すなわち健康格差の縮小を図ることは、個人の生活の質(QOL)の低下防止に繋がり、これには口腔機能の維持・管理が密接に関係していることが伺える。

口腔機能の向上を目的とした機能訓練は、健口体操やパタカラ体操、舌を口蓋や頬粘膜に押付ける運動など、単純な動作を数種類組み合わせで行う方法や、専用の器具を使用する方法が報告されているが、その効果判定に定量的指標の得られた文献が少なく、各訓練の効果を比較できない背景があった。そこで本研究では、口腔機能の評価法を確立し、これらの評価法を用いて口腔機能訓練の効果を検証したいと考えた。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、口腔機能を複数の要素から評価してその評価法と基準値を明確化し、さらに国民の健康の維持・増進に寄与できる新しい機能訓練プログラムを確立することである。

はじめに、口腔機能の評価法の有用性と測定値の信頼性について検証した。具体的には、JMS舌圧測定器、Lip & Tongue Pressure Gaugeを用いた口腔周囲筋圧、デンタルプレスケールを用いた咬合力、グミゼリーを用いた咀嚼能率の測定により、客観的かつ簡便に複数の要素から口腔機能の評価し、基準値を明確化することである。

続いて、口腔機能の向上に効果的な新しい機能訓練プログラムを確立するため、特別な器材を必要とせず短時間に行えること、訓練に伴う不快症状がほとんどなく日常生活に支障がないことを重視し、ガム咀嚼トレーニングと舌回旋トレーニングの有用性について検討を行うことである。

本研究によって、口腔機能の評価法が明確化し、臨床応用が一段と広まることが期待された。さらに、国民の健康の維持・増進に多大な貢献ができる新しい機能訓練プログラムの確立により、国民の健康増進に寄与したいと考えた。

### 3. 研究の方法

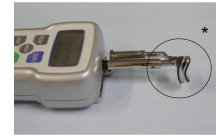
#### (1) 口腔機能評価法の有用性と測定値の信頼性の検証

##### 口腔機能の測定

対象者は、顎口腔系に機能異常を認めない健常有歯顎者、男性40名(平均年齢25.8±2.1歳)である。

リップピース式口腔周囲筋圧測定器(Lip & Tongue Pressure Gauge<sup>®</sup>、ママリッシモ、東京)を用いて、上唇圧、下唇圧、舌圧を測定した(図1)。上唇圧と下唇圧は、測定器のリップピースを口腔前庭に挿入し、上顎前歯または下顎前歯の唇側歯頸部付近に位置付け、口を窄めさせてリップピースを最大の力で押し潰す際の圧

力値を測定した。舌圧は、リップピースを下顎前歯舌側歯頸部に位置付け、舌を前突してリップピースを最大の力で押し潰す際の圧力値を測定した。いずれも測定時間は約5秒間とし、測定のために1分間の休憩を挟んで2回ずつ測定した。



\*リップピース:  
幅/高さ 35 mm / 8 mm  
曲率半径 25 mm  
厚さ 1.5 mm

図1 リップピース式口腔周囲筋圧測定器 (Lip & Tongue Pressure Gauge<sup>®</sup>)

次に、バルーン式舌圧測定器(JMS舌圧測定器<sup>®</sup>、ジェイ・エム・エス、広島)を用いて、最大舌圧と習慣性咀嚼側の頬圧を測定した(図2)。舌圧測定器プローブのバルーン部を口蓋前方部に位置付け、内圧19.6 kPaに与圧されたバルーン部を舌背と口蓋の間で7秒間押し潰す際の圧力値を最大舌圧とした。また、上下顎第一大臼歯頬側面と頬粘膜との間にバルーン部を位置付け、口を窄めさせて臼歯部歯列に頬で5秒間押し潰す際の圧力値を頬圧とした。いずれも測定のために1分間の休憩を挟み、2回ずつ測定した。



図2 バルーン式舌圧測定器 (JMS舌圧測定器<sup>®</sup>)、\*バルーン部

咀嚼能率の測定には、被験食品としてグミゼリー(直径14 mm、高さ10 mm、2.3 g、ジーシー、東京)を用いた。グミゼリーを20秒咀嚼した後、蒸留水10 mlで洗口し、グミゼリーとともに濾過付きコップに吐出させた。この濾液を被験試料とし、グルコース溶出量を血糖測定機器(グルコセンサーGS<sup>®</sup>、ジーシー)により測定した。測定は2回行った。

##### 測定値の信頼性の検証

相対信頼性の検定として、級内相関係数をICCにより求めた。得られたICC値とSpearman-Brownの公式 $[k=p1(1-p2)/p2(1-p1), p1; 目標とする信頼係数値, p2; 得られた信頼係数値]$ を用いて、信頼係数が0.9以上となる測定回数を求めた。

次に、絶対信頼性の検定として、測定誤差を

判断するため最小可検変化量 (minimal detectable change; MDC) の 95%信頼区間 ( $MDC_{95} = 1.96 \times 2$ ) を算出した。系統誤差の検出には Bland-Altman 分析を用いた。加算誤差は 2 回の測定値の差の平均から 95%信頼区間 (95%CI) を求め、その値が 0 を含むか否かにより判断した。比例誤差は Bland-Altman plot の回帰式を算出し、回帰の有意性の検定により検出した。

各口腔周囲筋圧と咀嚼能率との相関関係  
各口腔周囲筋圧と咀嚼能率との相関関係は、Pearson の積率相関係数を用いて分析した。

(2) 口腔機能の向上に効果的な機能訓練プログラムの検討

硬性ガムによるガム咀嚼トレーニング

対象者は、個性正常咬合を有する健常有歯顎者 38 名 (男性 22 名、女性 16 名; 平均年齢  $24.1 \pm 2.1$  歳) である。

ガム咀嚼トレーニングは、閉口状態でガムの咀嚼を左右側臼歯部で交互に 10 回ずつ咀嚼する運動を 5 分間継続する方法で、1 日 3 回、3 か月間毎日実施するよう指示した。1 回のトレーニングにつき、咀嚼訓練用の硬性ガム (DAY-UP<sup>®</sup>、ライオン、東京) を 2 個ずつ咀嚼することとした。トレーニングの効果は、JMS 舌圧測定器<sup>®</sup>を用いて、最大舌圧と習慣性咀嚼側の頬圧の測定により判定した。測定時点は、トレーニング開始前、開始 2 週間後、1 か月後、2 か月後、3 か月後、およびトレーニング中止 3 か月後の計 6 時点とした。

統計分析は、性別と各測定時点の最大舌圧と頬圧の変化について、反復測定による二元配置分散分析を行った。その後、有意差の認められた要因において、Bonferroni 法により多重比較検定を行った。有意水準は  $P < 0.05$  に設定した。

軟性ガムによるガム咀嚼トレーニング

対象者は、個性正常咬合を有する健常有歯顎者 34 名 (男性 20 名、女性 14 名; 平均年齢  $24.1 \pm 2.2$  歳) である。

対象者に と同様のプログラムでガム咀嚼トレーニングを指示し、咀嚼試料は軟性ガム (デントザイム Q10<sup>®</sup>、東京歯材社、東京) とした。トレーニングの効果判定と測定時点は と同様に行った。

統計分析は、性別と各測定時点の最大舌圧と頬圧の変化について、反復測定による二元配置分散分析を行った。その後、有意差の認められた要因において、Bonferroni 法により多重比較検定を行った。有意水準は  $P < 0.05$  に設定した。

舌回旋トレーニング

対象者は、個性正常咬合を有する健常有歯顎者、男性 16 名 (平均年齢  $22.4 \pm 2.1$  歳) である。

舌回旋トレーニングは、閉口状態で舌尖を唇頬側歯肉と頬粘膜との移行部に押しつけながら

ゆっくり回旋させる運動を繰り返す方法である。対象者には、右回り、左回りを交互に 20 回、1 日 3 回、3 か月間毎日実施するよう指示した。トレーニングの効果判定と測定時点は と同様に行った。

統計分析は、測定時点による最大舌圧と頬圧の変化について、反復測定による一元配置分散分析を行った。その後、有意差の認められた要因において、Bonferroni 法により多重比較検定を行った。有意水準は  $P < 0.05$  に設定した。

#### 4. 研究成果

(1) 口腔機能評価法の有用性と測定値の信頼性の検証

Bland-Altman 分析の結果、各筋圧の加算誤差、比例誤差はいずれも認められず、系統誤差は検出されなかった。級内相関係数 ICC (1,1) は上唇圧; 0.094、下唇圧; 0.890、舌圧; 0.912、最大舌圧; 0.974、頬圧; 0.971、咀嚼能率; 0.879 となり、いずれも高い信頼性が確認された。信頼係数が 0.9 以上となる測定回数は、上唇圧、舌圧、最大舌圧、頬圧が 1 回、下唇圧、咀嚼能率が 2 回であった。それぞれの基準値または平均値は、上唇圧が 8.2 N、下唇圧が 8.2 N、舌圧が 18.7 N、最大舌圧が 45.8 kPa、頬圧が 20.0 kPa、咀嚼能率が 309.4 mg/dL であった。

また、口腔機能評価の各測定値の相関関係は、上唇圧と下唇圧の間 ( $r = 0.609$ ,  $P < 0.001$ )、舌圧と最大舌圧の間 ( $r = 0.569$ ,  $P < 0.001$ )、最大舌圧と頬圧の間 ( $r = 0.512$ ,  $P < 0.01$ )、最大舌圧と咀嚼能率の間 ( $r = 0.603$ ,  $P < 0.001$ )、頬圧と咀嚼能率の間 ( $r = 0.423$ ,  $P < 0.05$  で正の相関関係が、上唇圧と舌圧の間 ( $r = 0.338$ ,  $P < 0.05$ ) で弱い正の相関関係が認められた。

以上のことから、リップピース式口腔周囲筋圧測定器とバルーン式舌圧測定器の測定による口腔周囲筋圧の測定値と、グルコース溶出量測定器による咀嚼能率の測定値は高い信頼性を有し、口腔機能の定量的評価法として有用であることが示された。また、口腔周囲筋圧と咀嚼能力の間に関連性が認められ、口腔周囲筋圧が高いほど良好な咀嚼機能を有することが示唆された。本研究で使用した測定器は日常動作に近似した動作による測定方法を採用しており、いずれも簡便に口腔機能を定量的に評価ができることが明らかとなった。また、測定時に検者の補助はなく、測定値がデジタル表示されることから、検者間のバイアスが測定値に内包される可能性はない。測定時間が短く、少ない測定回数を代表値として採用できる信頼性を有することから、患者に負担をかけずにチェアサイドで有用な検査法である可能性が示唆された。さらに、口腔機能評価のスクリーニングや経時的変化を観察するうえで、十分な再現性を有することが明らかとなった。

(2) 口腔機能の向上に効果的な機能訓練プログラムの検討

硬性ガムによるガム咀嚼トレーニング

硬性ガム咀嚼トレーニング開始前の最大舌圧は男性が41.8 kPa、女性が33.9 kPa、頬圧は男性が16.4 kPa、女性が12.6 kPaであり、いずれも男性の方が有意に高値を示した( $P<0.01$ )。トレーニングによる測定値の推移は男女とも同様であった。最大舌圧は、男性および女性においてトレーニング開始2週間後に有意差を認め、2週間後にはそれぞれ5.5 kPa(13.1%)、5.5 kPa(16.4%)、3か月後にはそれぞれ11.8 kPa(28.2%)、9.2 kPa(27.3%)増加した。頬圧は、男性および女性においてトレーニング開始1か月後に有意差を認め、1か月後にはそれぞれ1.8 kPa(11.0%)、1.7 kPa(13.6%)、3か月後にはそれぞれ3.8 kPa(23.2%)、2.9 kPa(23.0%)増加した。硬性ガム咀嚼トレーニング中止3か月後はいずれの筋圧値も減少傾向を示したが、トレーニング開始3か月後との間で有意差を認めず、トレーニング開始前よりも有意に高値を維持していた(図3、4)。

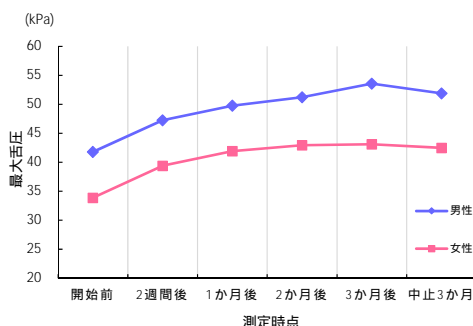


図3 硬性ガム咀嚼トレーニングによる最大舌圧の変化

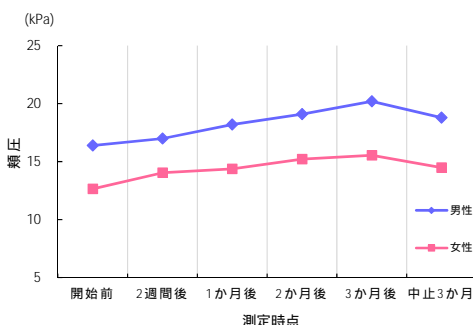


図4 硬性ガム咀嚼トレーニングによる頬圧の変化

以上のことから、硬性ガム咀嚼トレーニングの実施により、男女とも最大舌圧と頬圧は早期に上昇し、トレーニング中止後も高値を維持していたことから、口腔機能の向上に効果的な機能訓練プログラムのひとつであることが示唆された。

#### 軟性ガムによるガム咀嚼トレーニング

軟性ガム咀嚼トレーニング開始前の最大舌圧と頬圧は、男性の方が女性よりも有意に高値を示した( $P<0.01$ )。また、トレーニングによる測定値の推移は男女とも同様であった。最大舌圧は、トレーニング開始2か月後に有意差を認め、2か月後にはそれぞれ3.6 kPa(7.7%)、3.9 kPa

(12.3%)、3か月後にはそれぞれ6.1 kPa(13.0%)、5.1 kPa(16.1%)増加した。頬圧は、男性および女性においてトレーニング開始1か月後に有意差を認め、1か月後にはそれぞれ1.6 kPa(8.7%)、2.2 kPa(17.8%)、3か月後にはそれぞれ3.3 kPa(18.1%)、3.4 kPa(27.9%)増加した。ガム咀嚼トレーニング中止3か月後はいずれの筋圧値も減少傾向を示したが、トレーニング開始3か月後との間で有意差を認めず、トレーニング開始前よりも有意に高値を維持していた(図5、6)。

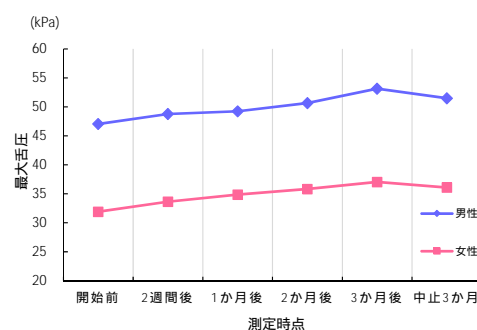


図5 軟性ガム咀嚼トレーニングによる最大舌圧の変化

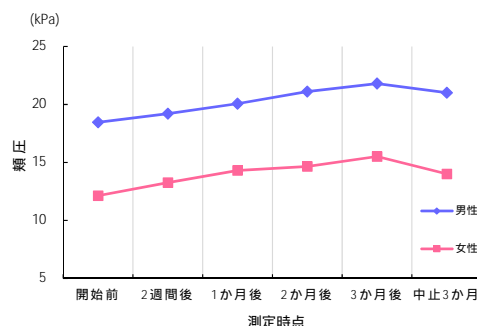


図6 軟性ガム咀嚼トレーニングによる頬圧の変化

以上のことから、軟性ガム咀嚼トレーニングの実施により、男女とも最大舌圧と頬圧の上昇が認められ、トレーニング中止後も高値を維持していたことから、口腔機能の向上に効果的な機能訓練プログラムのひとつであることが示唆された。また、硬性ガム咀嚼トレーニングの効果と比較すると、頬圧の増加率は同程度であったが、最大舌圧の増加率は1/2程度と小さかった。このことから、同じプログラムでガム咀嚼トレーニングを行う場合、筋負荷の大きい硬い咀嚼試料を用いた方がトレーニング効果は高く、最大舌圧への影響が大きいことが明らかとなった。

#### 舌回旋トレーニング

舌回旋トレーニングの継続により最大舌圧と頬圧は増大傾向を示した。最大舌圧は、トレーニング開始1か月後に有意差を認め、1か月後には6.8 kPa(15.9%)、3か月後には9.1 kPa(21.2%)増加した。頬圧は、トレーニング開始2週間後に有意差を認め、2週間後には2.2 kPa(12.9%)、3か月後には3.4 kPa(19.7%)増加した。舌回旋トレーニング中止3か月後はいずれ

れの筋圧値も減少傾向を示したが、トレーニング開始 3 か月後との間で有意差を認めず、トレーニング開始前よりも有意に高値を維持していた(図 7、8)。

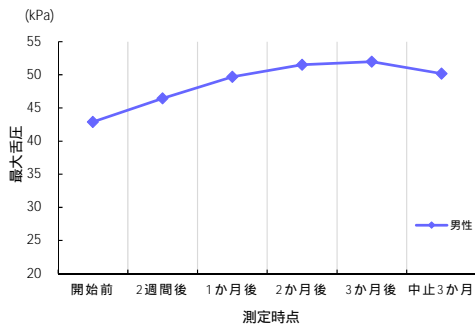


図 7 舌回旋トレーニングによる最大舌圧の変化

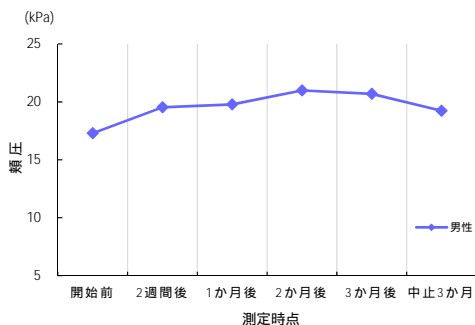


図 8 舌回旋トレーニングによる頬圧の変化

舌回旋トレーニングの実施による最大舌圧の増加率は、軟性ガム咀嚼トレーニングに比べて大きく、硬性ガム咀嚼トレーニングに比べて小さかった。頬圧の有意な増加はガム咀嚼トレーニングに比べて早期に現れたが、トレーニング中止後の減衰は、ガム咀嚼トレーニングよりも大きかった(図 9-12)。

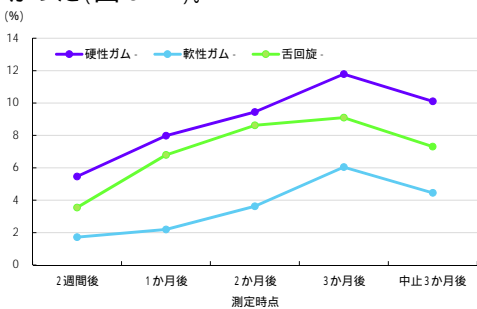


図 9 トレーニング法による最大舌圧増加率の比較(男性)

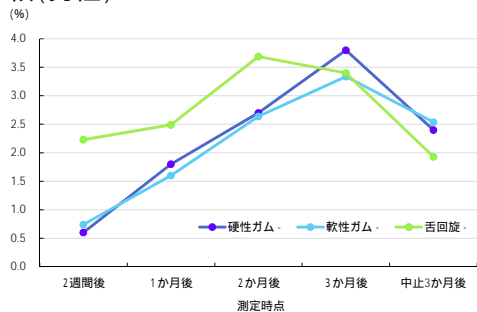


図 10 トレーニング法による頬圧増加率の比較(男性)

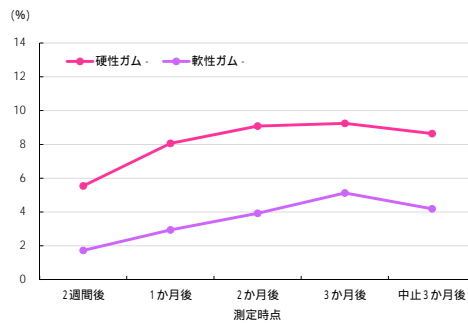


図 11 トレーニング法による最大舌圧増加率の比較(女性)

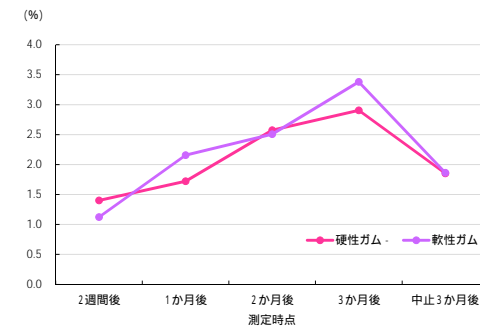


図 12 トレーニング法による頬圧増加率の比較(女性)

以上のことから、ガム咀嚼トレーニングと舌回旋トレーニングは、いずれも口腔機能の向上に効果的な機能訓練プログラムであり、トレーニング中止後も向上した口腔機能が維持されることが示唆された。また、トレーニング効果の高いプログラムの方がトレーニング中止後の口腔機能の減衰が緩やかであることが明らかとなった。

咀嚼は、舌、頬および唇の協調運動と、顎のリズミカルな開閉運動とで営まれる。咀嚼中は食べ物が歯列の外側に落ちないように舌と頬とが協調して食物を歯列上に乗せて保持し、上下の歯で磨り潰す。そして舌は、咀嚼の途中で食物を左右の臼歯に移す働きをする。食物が十分に磨り潰されると、舌と頬の協調運動によって食塊を集め、舌運動により咽頭に送り込む。咀嚼を担う歯とその機能を補助する口腔内外の筋力を持つことは、口腔機能の質を高めるうえで極めて重要である。本研究で検証した口腔機能トレーニングは、口腔周囲筋の向上に効果的であり、国民の健康の維持・増進に寄与できる新しい機能訓練プログラムとして有用であることが示唆された。

## 5. 主な発表論文等

(雑誌論文)(計1件)

Takahashi M, Koide K, Suzuki H, Satoh Y, Iwasaki S, Evaluation of reliability of perioral muscle pressure measurements using a newly device with a lip piece, Acta Bioeng Biomech, 査読有, 18, 2016, 145-153

DOI: 10.5277/ABB-00319-2015-02

(学会発表)(計3件)

高橋 睦、佐藤義英、ガム咀嚼トレーニングが口腔機能に与える効果:舌圧と口腔周囲筋による検討、日本補綴歯科学会第 126 回学術大会、2017

Takahashi M, Satoh Y, Ishizuka K, Iwasaki S, Effect of training with chewing gum on the oral functions in healthy adults, 第 94 回日本生理学会大会、2017

高橋 睦、佐藤義英、石塚健一、岩崎信一、リップピースタイプの口唇圧測定器の信頼性に関する検討、平成 28 年度日本歯科大学歯学会ウインターミーティング、2016

(図書)(計1件)

姫野かつよ、竹内正敏、白水雅子、高橋 睦、医学情報社、歯科臨床におけるガム徹底活用 齲蝕予防から咬合育成、筋機能改善、口腔リハまで、2015、76

6. 研究組織

(1)研究代表者

高橋 睦 (TAKAHAHSEI Mutsumi)

日本歯科大学・新潟生命歯学部・准教授

研究者番号: 80565010