

電気刺激を用いた顎堤粘膜の疼痛耐性閾値の測定に関する研究

日本大学大学院松戸歯学研究科歯学専攻

中島 義雄  
(指導:河相 安彦 教授)

1. Abstract
2. 緒言
3. 研究方法および結果
  - 3-1. 研究Ⅰ：口蓋顎堤粘膜の PTT 測定に関する信頼性の検討
    - 1) 被験者
    - 2) PTT 測定
    - 3) 信頼性の検討
    - 4) 統計解析
    - 5) 結果
  - 3-2. 研究Ⅱ：年齢、性別および咬合支持が口蓋顎堤粘膜の PTT に及ぼす影響
    - 1) 被験者
    - 2) PTT 測定
    - 3) アイヒナー分類
    - 4) 統計解析
    - 5) 結果
4. 考察
5. 結論
6. 参考文献
7. Table and Figures

## 1. [Abstract]

### **Introduction**

The number of people requiring complete dentures is predicted to increase over the next 20 years due to the ageing of the population. Elder denture users with advanced atrophic alveolar ridge mucosa due to ageing cannot bear the stress caused by occlusal force, resulting in pain.

Previous studies have investigated the influence of denture-induced compression on sensory nerve responses to stimulation by measuring the current perception threshold (CPT). These studies compared the CPT values of dentulous subjects with those of complete denture wearers and showed that complete denture wearers experience asymptomatic hypoesthesia that primarily affects the nasopalatine and greater palatine nerves and increases asymptomatic hypoesthesia in the following order: dentulous individual < partial denture wearer < complete denture wearer.

As an extension of the studies, this study came to an interest in pain threshold. The pain threshold of the oral mucosa has been investigated using the pressure pain threshold and the filament-prick pain. Although these studies measured the response from intraoral nociceptors, sensory nerve fibers could not be selectively stimulated and evaluated. To our knowledge, no study had investigated the oral pain tolerance threshold (PTT) induced by selecting electrical stimulation of sensory nerve fibers.

This study aimed to evaluate the characteristics of the PTT in the oral mucosa, particularly the alveolar ridge. Research 1 was to assess the reliability of the test of PTT by applying an electrical current stimulus to the alveolar ridge. Research 2 was to determine the characteristics and influencing factor to the PTT induced by electrical stimulation of the alveolar ridge.

### **Research 1**

#### **Materials and methods**

##### *Participants*

Twenty healthy volunteers participants 10 men (mean age, 24.3 years) and 10 women (mean age, 24.4 years) studying or working at Nihon University School of Dentistry at Matsudo took part in the study.

##### *PTT measurement*

A single operator obtained all mucosal PTT measurements from around the left greater palatine foramen using a Neurometer CPT/C<sup>®</sup> device (Neurotron Inc., Baltimore, MD, USA) to deliver electrical stimulation at frequencies of 5, 250 and 2000 Hz.

##### *Reliability of PTT testing*

Two types of factors were investigated in this study. One was whether repeated measurements of PTT would exhibit consistency. The other was whether there was a carry-over effect, whereby one PTT test would influence the next test administered immediately after in the same individual.

### **Results and discussion**

PTT measurements derived from the alveolar ridge using an electrical-current stimulus generated by the device exhibited high reliability. And this study confirmed that there was no carry-over effect in there consecutive measurement (5 Hz, 250 Hz and 2000 Hz).

## **Research 2**

### **Materials and methods**

#### *Participants*

The participants were volunteers working or patients at Nihon University School of Dentistry at Matsudo Affiliated Hospital, including 51 men (mean age, 58.7 years) and 49 women (mean age, 60.7 years).

#### *PTT measurement*

The measurement method of Research 2 followed the methods as Research 1.

#### *Oral conditions*

To assess vertical stop of maxilla and mandible jaws, the Eichner Index was used as parameter the oral condition.

#### *Influencing factor*

Gender, age and the Eichner Index considered as the factor which influence the PTT.

### **Results and discussion**

The distribution of PTT values were skewed to the right. The PTT values did not differ significantly between men and women at either 5 Hz or 250 Hz. At 5Hz, age and PTT were significantly associated only with men. No significant association between age and PTT at 250 Hz was found for both gender. There were no significant differences in the PTT among the Eichner groups.

### **Conclusion from Research 1 and 2**

The study had clarified: 1) Intraoral alveolar ridge PTT can be measure by the method in this study; 2) the measurement exhibit high reliability; 3) the PTT values distribution were skewed to the right; 4) the PTT at 5 and 250 Hz showed no significant difference between the gender; 5) Men's 5 Hz PTT was negatively correlated with age; 6) the PTT at 5 and 250 Hz showed no significant difference between vertical stop of occlusion. Above indicate the measurement method may become a practical option for PTT measurement in clinical setting.

## 2.【緒言】

高齢化社会の進展に伴い、今後 20 年間で義歯装着者は増加すると予想されている<sup>1, 2)</sup>。また、高齢無歯顎者の顎堤粘膜は加齢に従い萎縮が進行し、咬合・咀嚼圧への耐性低下により疼痛が誘発されやすいことが推察される。過去の報告にも「疼痛」が義歯装着時の高頻度の主訴として挙げられている<sup>3, 4)</sup>。義歯装着時の疼痛改善を目的に歯科医師は患者の口腔内および装着している義歯の適合および咬合接触関係などの検査を行い、疼痛の原因を診断し、それに基づき治療計画を立案し、義歯調整などによる処置を行う。しかしながら、義歯調整を重ねても疼痛が改善しない患者にしばしば遭遇する。特に顎堤粘膜に異常所見を認めないにも関わらず、疼痛を継続して訴える患者は、歯科医師が口腔内および義歯を精査しても、疼痛の原因が判明できず診断や治療計画の立案に苦慮し、義歯調整回数の増加を招き主訴の解決に時間を要する結果となる。このような場合、治療開始前に患者の疼痛耐性度の把握ができれば、義歯装着後の義歯調整回数の予測、軟質裏装材使用義歯やインプラントなども選択肢に入れた治療計画の立案により義歯装着後の疼痛緩和や調整回数の減少および疼痛の発現低下が、より根拠に基づき実施できる可能性がある。

義歯装着時の疼痛を把握する目的で行われている検討には Margarida らの口蓋の熱疼痛閾値の測定<sup>5)</sup>、Komiyama らの Semmes-Weinstein monofilaments による上顎顎堤粘膜の疼痛閾値の測定<sup>6)</sup>がある。また Tanaka らの圧痛計を用いた咬合力が無歯顎の顎堤粘膜に及ぼす影響の報告<sup>7)</sup>、Isobe らの圧痛計を用いた顎堤粘膜の圧痛閾値と口蓋粘膜の特性の関係に関する報告がある<sup>8)</sup>。しかしながら、これらは機械的刺激による疼痛閾値に関する報告であり、数種類ある感覚線維ごとの疼痛閾値の評価が行われていない。また、Kimoto らは C, A $\delta$  および A $\beta$  線維をそれぞれ選択的に刺激可能な Neurometer CPT/C<sup>®</sup> (Neurotron Inc., Baltimore, MD, USA)を用いて電気刺激により口蓋粘膜下の感覚神経をそれぞれ刺激し、義歯装着が感覚神経に与える影響を検討し、欠損歯数に比例し電流知覚閾値 (current perception threshold : CPT) が上昇している事を報告してきた<sup>9-12)</sup>。しかしながら、CPT は知覚閾値による感覚神経の評価ができるものの、疼痛閾値の評価は行えない。したがって、口腔内に他覚的所見を認めないものの繰り返しの疼痛を訴える、知覚異常と推察される疾患の早期発見などには応用しがたい。そこで本研究は、感覚線維を選択的に電気刺激し、顎堤粘膜の疼痛耐性閾値 (pain tolerance threshold : PTT) を測定する測定床を製作した。顎堤粘膜の PTT 測定は報告を検索したが存在しないため、まず健常者を対象に口蓋顎堤粘膜の PTT 測定に関する信頼性を確認する目的でその測定の再現性と繰り越し効果の有無に関する検討を行った (研究 I)。続いて、研究 I で得られた結果に基づき、年齢、性別および咬合支持が口蓋顎堤粘膜の PTT に及ぼす影響について検討した (研究 II)。

## 3.【研究方法および結果】

### 3-1. 研究 I : 口蓋顎堤粘膜の PTT 測定に関する信頼性の検討

#### 1) 被験者

被験者は日本大学松戸歯学部付属病院に勤務する職員および学生 (男性:10 名、平均年

齢:24.3歳, 女性:10名, 平均年齢:24.4歳) の20名とした。除外基準は (i): 感覚神経に影響する疾患に罹患している者 (糖尿病, 三叉神経痛など), (ii): 上顎骨に手術既往がある者, (iii): ペースメーカーを装着している者, (iv): 明らかな認知機能障害を有する者, (v): 日本語の読み書きが出来ない者, とした。全ての被験者に口頭および書面にて十分な説明を行い, 同意を得た後, 測定床製作のための歯科用アルギン酸塩印象剤 (アルジエース Z<sup>®</sup>; 株式会社デンツプライ三金 Inc., 栃木県, 日本) にて印象採得後, 歯科用硬質石膏 (ニューダイヤストーン<sup>®</sup>; 株式会社菱化デンタル Inc., 三重県, 日本) にて石膏模型を製作し, 口腔粘膜と刺激電極が確実に接触するために電極固定用のスペーサーを模型上にて付与した熱可塑性シート (Erkodur<sup>®</sup>; Erkodent Inc., Baden-Württemberg, Germany) で測定床を製作し測定を行った (Fig. 1a,b)。なお, 本研究は日本大学松戸歯学部倫理委員会による承認を受けている (EC 12-12-003-2)。

## 2) PTT 測定

被験者を遮音した室内の歯科診療台に座らせ, 刺激電極 (ø 2 mm) を固定した電極版 (18 × 6 × 3 mm) を上顎に装着したのち, 1名の測定者が Neurometer CPT/C<sup>®</sup> (Fig. 1c) を用いて上顎左側大口蓋孔相当部に刺激電極を介して 5 Hz, 250 Hz および 2000 Hz の測定周波数の電気刺激を与え, C, A $\delta$  および A $\beta$  をそれぞれ選択的に刺激し PTT の測定を行った。電気刺激は階段状に上昇し, 被験者がボタンを放した時点または最大値 (9.99 mA) に達した時点で電気刺激は自動で停止する仕組みとなっている<sup>13)</sup>。測定は被験者が電気刺激に耐えられるまでの最大の疼痛閾値とし, 被験者は電気刺激に耐えられる間はリモートコントロールボックスの「Test Cycle ボタン」を押し続け (Fig. 1d), 電気刺激に耐えられなくなった時点で「Test Cycle ボタン」から指を放すよう指示し, その時点の値を PTT とした。

測定は同日に 5 Hz, 250 Hz および, 2000 Hz の周波数で測定を行い, 各電気刺激が終了した時点で測定者は被験者の測定部位に異常が無いことを, デンタルミラーにて確認し, さらに口頭で痺れおよび痛み等が無いことも確認し次の周波数で電気刺激を与え測定を行った。なお, 測定は同日に 3 周波数を連続して測定した。

## 3) 信頼性の検討

信頼性の検討は周波数測定順序の再現性 (日を異にして測定した際に PTT が影響されるのかの検討) と 3 種類の周波数を連続測定した際の繰り越し効果 (3 種類の測定周波数の測定順序に PTT が影響されるのかの検討) について検討した。これらを検討するために, 6 パターンの測定順序 (i): 2000 Hz, 250 Hz, 5 Hz, (ii): 2000 Hz, 5 Hz, 250 Hz, (iii): 250 Hz, 2000 Hz, 5 Hz, (iv): 250 Hz, 5 Hz, 2000 Hz, (v): 5 Hz, 2000 Hz, 250 Hz, (vi): 5 Hz, 250 Hz, 2000 Hz を設定した。6 パターンの測定順序を被験者毎に無作為に割り付けるために (i) ~ (vi) の順列総数 720 (6 × 5 × 4 × 3 × 2 × 1) 通りの乱数表を作成し, 被験者を無作為に割り付けた。例として, 1 日目: 2000 Hz, 250 Hz, 5 Hz, 2 日目: 2000 Hz, 5 Hz, 250 Hz, 3 日目: 250 Hz, 2000 Hz, 5 Hz, 4 日目: 250 Hz, 5 Hz, 2000 Hz, 5 日目: 5 Hz, 2000 Hz, 250 Hz, 6 日目: 5 Hz, 250 Hz, 2000 Hz に割り当てられた順番で被験者は日を改めて 6 日間測定を行った。

#### 4) 統計解析

PTT に影響を与えると考えられる因子を周波数、性別および測定日とし three-way repeated measures ANOVA にて分析後有意性が確認された場合、Tukey-Kramer post hoc test を行った。再現性の検討は6日間で得られた各周波数のPTTごとにCronbach's coefficient  $\alpha$  係数を求め、内的信頼性を検証した。繰り返し効果の検討は、5 Hz, 250 Hz および 2000 Hz をそれぞれ1回目、2回目、3回目に測定したデータを Cronbach's coefficient  $\alpha$  にて信頼性を検討した。分析ソフトは IBM<sup>®</sup> SPSS<sup>®</sup> 21 (IBM, Inc., Armonk, NY, USA) を用い、有意水準は5%とした。

#### 5) 結果

Three-way repeated measures ANOVA にて分析した結果、男女別の PTT には有意な差を認めなかった (Fig. 2)。周波数別の PTT では three-way repeated measures ANOVA で有意な差を認めため、Tukey-Kramer post hoc test を行った結果 2000 Hz-250 Hz 間では 2000 Hz が有意に高く ( $p < 0.01$ )、2000 Hz-5 Hz 間では 2000 Hz が有意に高く ( $p < 0.01$ )、および 250 Hz-5 Hz 間では 5Hz が有意に高い事が示された ( $p < 0.01$ ) (Fig. 2)。測定日別の PTT では、three-way repeated measures ANOVA にて有意な差を認め Tukey-Kramer post hoc test にて測定日1日目が2日目以降の値と比較し有意に低くなる事が示された ( $p < 0.001$ ) (Fig. 3)。

再現性の検討における各周波数の Cronbach's coefficient  $\alpha$  は、5 Hz, 250 Hz および 2000 Hz でそれぞれ 0.97, 0.95 および 0.97 と高い値を示し、高い内的信頼性が確認され各周波数の PTT は、日を異にしても値が変動しない事が示された (Fig. 3)。

繰り返し効果の検討における各周波数の Cronbach's coefficient  $\alpha$  は、5 Hz, 250 Hz および 2000 Hz でそれぞれ 0.91, 0.87, 0.90 と高い信頼性が得られた (Fig. 4)。これにより各周波数の PTT は、測定順序に影響されない事が示された。

### 3-2. 研究 II : 年齢、性別および咬合支持が口蓋顎堤粘膜の PTT に及ぼす影響

#### 1) 被験者

被験者は日本大学松戸歯学部附属病院に勤める職員および附属病院に治療目的で来院している者、男性 51 名 (平均年齢: 58.7 歳, SD:  $\pm 17.6$ , 24~84 歳), 女性 49 名 (平均年齢: 60.7 歳, SD:  $\pm 17.1$ , 26~86 歳) とした。除外基準は研究 I と同様である。全被験者に口頭および書面にて十分な説明を行い、同意を得た後、研究 I と同様に測定床の製作を行い、測定を行った。なお、本研究は日本大学松戸歯学部倫理委員会による承認を受けている (EC 13-12-003-3)。

#### 2) PTT 測定

測定周波数は 5 Hz および 250 Hz の 2 種類とし、測定方法は研究 I の結果から測定刺激への慣れを考慮し、5 Hz および 250 Hz の PTT 測定を経験させた後、上顎左側大口蓋孔相当部で PTT を測定した。測定床等の製作法は研究 I と同様に行いその後測定を行った。なお、研究 II では 2000 Hz が刺激する A $\beta$  線維は疼痛を感じない感覚神経であり、今回の刺激強度が PTT 測定を目的としているため除外をした。

#### 3) アイヒナー分類

咬合支持の相違が口腔関連 QoL に有意な影響を与えるという報告があり<sup>14)</sup>疼痛閾値にも影響を与える可能性があるということから、アイヒナー分類を用いて検討を行った。被験者の咬合支持はアイヒナー分類にて評価した。アイヒナー分類は、大白歯および小白歯部の咬合接触状態を最大 4 つの領域に区分して口腔内を評価する。領域中 1 歯の臼歯部咬合接触が存在すれば咬合接触が有りとして評価し、存在する臼歯部咬合接触の領域数で A, B および C の 3 グループに分類する類型方法である。グループ A は臼歯部咬合接触が 4 箇所が存在するグループで、上下顎で欠損歯が無い場合を A1, 片顎のみに欠損を認める場合を A2, 上下顎に欠損を認める場合を A3 としている。グループ B は臼歯部咬合接触数が 3 箇所ある場合を B1, 2 箇所の場合を B2, 1 箇所を B3, そして臼歯部咬合接触が無く前歯部のみで接触している状態を B4 としている。グループ C は咬合接触が無いグループで、C1 は上下顎に残存歯を認める場合、C2 は上下顎にどちらかに残存歯が存在しない場合、C3 は上下顎に残存歯が存在しない場合である<sup>15)</sup>。なお今回は A1~C3 のサブグループは使用せず、A, B および C の 3 グループで各被験者の口腔内を評価し、被験者を類型した。

#### 4) 統計解析

得られた PTT の正規性を Kolmogorov-Smirnov test を用いて検証した。その結果、正規性が認められないため、性別間の比較を Mann-Whitney U-test, 各周波数と年齢の関連を Spearman rank correlation にて分析を行った。アイヒナー分類間の比較は Kruskal-Wallis test で分析し、有意性を認めた場合 Mann-Whitney U-test を行った。分析ソフトは IBM<sup>®</sup> SPSS<sup>®</sup> 21 (IBM, Inc., Armonk, NY, USA) を使用し、有意水準は 5%とした。

#### 5) 結果

男女および周波数別の度数分布から、顎堤粘膜の PTT は右に歪んだ分布となり (Fig. 5), Kolmogorov-Smirnov test より正規分布しない事が示された ( $p < 0.05$ )。

各周波数における男女間の PTT の比較では、統計学的に有意な差は認められなかった (Table. 1, Fig. 6)。

年齢と PTT の関連については、5 Hz において男性では加齢とともに、PTT が低下する有意な関連が認められた ( $r = -0.33, p = 0.22$ ) (Fig. 7a)。250 Hz では男女ともに有意な関連は認められなかった (Fig. 7 b)。また有意な関連ではないものの男性では 250 Hz で、女性よりも 5 Hz と同様の関連を認める傾向であった ( $r = -0.17, p = 0.22$ )。

アイヒナー分類間の各グループの被験者数は、グループ A: 30 人、グループ B: 30 人およびグループ C: 40 人となった。各周波数におけるアイヒナー分類間の PTT の比較では、統計学的に有意な差を認めなかった (Table. 2, Fig. 8)。

#### 4.【考察】

本研究は顎堤粘膜における PTT の特徴を把握する目的で 2 つの研究を実施した。研究 I は口蓋顎堤粘膜の PTT 測定に関する信頼性の検討を目的に、有歯顎者を対象に日を改めた 6 日間測定時の再現性と 3 周波数の測定順序を変えたときの繰り越し効果の有無について検討し、



双方ともに高い再現性を得られることが確認された。すなわち、研究 I で製作した測定床を用いた口蓋顎堤粘膜 PTT の測定は十分な信頼性を有し、PTT の測定が臨床的に可能である事が示された。研究 II は年齢、性別および咬合支持が口蓋顎堤粘膜の PTT に及ぼす影響を検討する目的で、有歯顎者および欠損を有する患者を対象に検討を加えた。その結果、研究 I 同様の装置で PTT を測定した場合、得られた PTT の度数分布は全体に右に歪んだ分布となった。一方、PTT は性別および咬合支持によって影響を受けないことが示された。今後本装置の臨床への適用を検討する際、性差または咬合支持に関わらず測定可能であることが示唆された。

研究 I における、再現性および繰り越し効果の検討で Cronbach's coefficient  $\alpha$  がすべてにおいて 0.87 以上と高い値が得られた。Cronbach's coefficient  $\alpha$  は報告により 0.70~0.95 と範囲はあるが、0.80 以上の値が得られれば高い信頼性があると報告されている<sup>16, 17)</sup>。今回の研究では最低でも 0.87 と高い値が得られたため、信頼性の高い測定方法が確立されたと考えられる。

繰り越し効果の検討で信頼性を得られたのは 3 周波数の PTT を測定するたびに 1 つの測定部位の異常所見の有無を視診し、被験者に刺激後の痺れや痛みが無いことを口頭にて確認したことにより、周波数間の繰り越し効果が起こらなかったと考えられる。また今回全ての被験者で、測定中または測定後に測定部位に異常を訴える者がいなかったため、顎堤粘膜への PTT 測定は測定部位を損傷させることがないことが考えられた。

6 日間で得られた PTT の中で 3 種類の周波数全てで測定初日だけ低い PTT が示された。これは被験者が日を重ねる毎に、測定刺激に対して徐々に順応したためと考えられる。PTT の測定にあたって、被験者自身がボタンを押し、測定刺激に耐えられなくなった時点でボタンを放し時の値を PTT としている。初日の測定では被験者が、測定の刺激に対して未経験のため、測定刺激に対して衝動的にボタンを放すことが多く観察されたことが初日の PTT が有意に低くなった要因と考えられる。また今回測定時に観察された事は、過去の報告<sup>18, 19)</sup>で示されている精神的な要因が痛みの認識に影響を与えている事と、同様で有ると考えられる。2 日目以降に有意差を認めなかったことは、同じ電気刺激を 6 日間与え被験者が測定刺激に、順応したことが考えられる。この順応に関し、Bingel らは熱刺激による疼痛刺激の増加と、疼痛強さの低下<sup>20)</sup>、Okayasu らは機械刺激による順応を報告している<sup>21)</sup>。今回の研究は 6 日間にわたり口蓋顎堤粘膜に電気刺激を与えており、得られた結果の傾向は過去の報告<sup>20, 21)</sup>と類似した結果であった。従って、口蓋顎堤粘膜の PTT 測定に際し、順応を考慮し事前に測定刺激を経験させる必要性が示唆された。過去の報告と今回の結果から、この刺激への順応は異なる刺激や測定部位で観察されるため非特異的であると考えられる。

研究 II における度数分布について PTT は右に歪んだ分布を示し、その範囲は広く最大値 (9.99 mA) の値を示した被験者が存在し、個人差があるものと考えられる。過去の報告では疼痛閾値は、感情やパーソナリティで変化する事が報告されている<sup>18, 22-24)</sup>ことから被験者ごとに疼痛に対する感受性の違いが影響しているものと考えられた。また 5 Hz において男性の年齢の増加と PTT の閾値の間に有意な負の相関を認めたことが一因としてあるものの、250 Hz では男女ともに有意な相関はなく、年齢因子が閾値の上昇に直接的に関わっているかの判定は今後さら

なる検討が必要である。

また口蓋粘膜の PTT は性別において有意な差は認められなかった。性別と疼痛閾値の違いについて一般的に男性は女性よりも、実験的な痛み刺激に対して疼痛閾値が高いと報告されている<sup>25, 26)</sup>。一方今回の結果が、過去の報告と異なる結果となったのは、測定部位、対象群や痛み刺激の種類が異なるためと推察される。また女性の疼痛閾値が男性と比較して低い事は、血圧、性ホルモン、身体的特徴および心理状態の影響と考えられているが、詳細なメカニズムは解明が困難と報告されている<sup>27, 28)</sup>。性別が測定に影響を与えるか否かについては、今後さらなる検討が必要である。

女性は年齢と PTT の間に関連を認めない一方で、男性は 5 Hz の PTT において年齢と閾値の低下が有意に認められた。報告を展望すると、年齢と疼痛閾値は変化しないという報告がある一方で<sup>29, 30)</sup>年齢と共に増加するという報告<sup>31, 32)</sup>や高齢者は若年者に比べて疼痛閾値が低いとの報告もある<sup>33)</sup>。今回の結果は加齢と疼痛閾値の上昇という過去の報告と類似しているが、測定刺激や測定部位により結果が異なることも考えられる。今回の結果からは年齢と口蓋粘膜の PTT の関係が示唆されているものの、その解明には感情やパーソナリティなどの他の因子を同時に調査し検討を重ねる必要がある。口蓋粘膜の CPT は、欠損歯数に比例して知覚閾値が上昇する事が明らかとなったが<sup>12)</sup>、今回、アイヒナー分類間で PTT は変化すると予想していたが有意な差は認められなかった。その理由のひとつとしては、被験者が不良補綴装置を装着している場合、使用時の痛み常に耐えている事が予想されるが、今回被験者が装着している補綴装置の評価をしていないため、因果関係は確認できていない。今後、装着されている義歯の質と PTT の関係を検討する必要がある。また、PTT に影響すると考えられる他因子も同時に調査し、関連を検討する必要がある。さらに、義歯装着後の来院回数や義歯調整時間などと PTT の影響について検討し、術前の診断への有用性について検証する必要があると考えられる。

義歯装着者が訴える痛みは非常に複雑である。顎堤粘膜に異常所見が無く痛みを訴える者や、顎堤粘膜に異常所見が認められるのに痛みを訴えない者など、この多様性は義歯装着者ごとに異なる痛み経験によるものと考えられる。今回得られた度数分布からも広い分布が認められたため、この被験者間の耐性閾値の違いも被験者ごとの痛み経験の違いと考えられ、義歯装着者が訴える痛みの多様性に関係していると考えられる。今回使用した 250 Hz PTT は、圧痛に係する A $\delta$  線維を選択的に刺激可能なため、義歯装着者が訴える痛みを客観的に評価出来ると考えている。今後の検討として、義歯装着後の予後と顎堤粘膜 PTT の関連を検討し、日々の臨床の一助になることを目標としている。

## 5.【結論】

今回の研究結果より本装置を用いた電気刺激を用いた顎堤粘膜の PTT の測定に関して以下の結論を得た。

1. 顎堤粘膜で PTT の測定は可能であることが示された。
2. 測定は高い再現性を示し、繰り返し効果の影響を受けない点で顎堤粘膜の PTT 測定は有

用であることが示された。

3. 測定結果は右に歪んだ度数分布を示した。
4. 測定結果は性別による影響を受けない可能性が示唆された。
5. 測定結果は年齢に影響を受けない可能性が示されたが、男性高齢者では閾値の低下を示した。
6. 測定結果は咬合支持の違いに影響を受けない可能性が示唆された。

本稿は、主となる参考論文 Reliability of pain tolerance threshold testing by applying an electrical current stimulus to the alveolar ridge (Journal of Oral Rehabilitation 2014 Aug;41(8):595-600) および、副となる参考論文 Characteristics of pain tolerance threshold induced by electrical stimulation on the alveolar ridge (Clinical and Experimental Dental Research 掲載予定) をまとめたものである。

## 6.【参考文献】

1. Carlsson, G.E.,R. Omar, The future of complete dentures in oral rehabilitation. A critical review. *J Oral Rehabil*, 37: 143–156, 2010.
2. Douglass, C.W.,A.J. Watson, Future needs for fixed and removable partial dentures in the United States. *J Prosthet Dent*, 87: 9–14, 2002.
3. Beck, C.B., J.F. Bates, R.M. Basker, D.L. Gutteridge,A. Harrison, A survey of the dissatisfied denture patient. *Eur J Prosthodont Restor Dent*, 2: 73–78, 1993.
4. Szentpetery, A.G., M.T. John, G.D. Slade,J.M. Setz, Problems reported by patients before and after prosthodontic treatment. *Int J Prosthodont*, 18: 124–131, 2005.
5. Margarida, R., J.D. Hardy,H.T. Hammel, Measurement of the thermal pain threshold of the hard palate. *J Appl Physiol*, 17: 338–342, 1962.
6. Komiyama, O., R.H. Gracely, M. Kawara,A.D. Laat, Intraoral measurement of tactile and filament-prick pain threshold using shortened Semmes-Weinstein monofilaments. *Clin J Pain*, 24: 16–21, 2008.
7. Tanaka, M., T. Ogimoto, K. Koyano,T. Ogawa, Denture wearing and strong bite force reduce pressure pain threshold of edentulous oral mucosa. *J Oral Rehabil*, 31: 873–878, 2004.
8. Isobe, A., Y. Sato, N. Kitagawa, O. Shimodaira, S. Hara,S. Takeuchi, Influence of denture supporting tissue properties on pressure-pain threshold--measurement in dentate subjects. *J Prosthodont Res*, 57: 275–283, 2013.
9. Kimoto, S., N. Ito, Y. Nakashima, N. Ikeguchi, H. Yamaguchi,Y. Kawai, Maxillary sensory nerve responses induced by different types of dentures. *J Prosthodont Res*, 57: 42–45, 2013.
10. Kimoto, S., K. Ogura, J.S. Feine, H. Sasai, H. Yamaguchi, T. Saito, Y. Matsumaru,K. Kobayashi, Asymptomatic hypoesthesia of the maxillary alveolar ridge in complete denture wearers. *J Oral Rehabil*, 35: 670–676, 2008.
11. Ogura, K., S. Kimoto, H. Yamaguchi,K. Kobayashi, Perception thresholds for electrical stimulation of the palatal mucosa. *Int J Prosthodont*, 20: 423–431, 2007.
12. Ito, N., S. Kimoto,Y. Kawai, Does wearing dentures change sensory nerve responses under the denture base? *Gerodontology*, 31: 63–67, 2012.
13. Raj, P.P., H.N. Chado, M. Angst, J. Heavner, R. Dotson, M.E. Brandstater, B. Johnson, W. Parris, P. Finch, B. Shahani, U. Dhand, N. Mekhail, E. Daoud, N. Hendler, J. Somerville, M. Wallace, S. Panchal, S. Glusman, G.W. Jay, S. Palliyath, W. Longton,G. Irving, Painless electrodiagnostic current perception threshold and pain tolerance threshold values in CRPS subjects and healthy controls: a multicenter study. *Pain Pract*, 1: 53–60, 2001.
14. Montero, J., R. Castillo-Oyague, C.D. Lynch, A. Albaladejo,A. Castano, Self-perceived changes in oral health-related quality of life after receiving different types of conventional prosthetic treatments: a cohort follow-up study. *J Dent*, 41: 493–503, 2013.

15. Ikebe, K., K. Matsuda, S. Murai, Y. Maeda, T. Nokubi, Validation of the Eichner index in relation to occlusal force and masticatory performance. *Int J Prosthodont*, 23: 521–524, 2010.
16. Bland, J.M., D.G. Altman, Cronbach's alpha. *BMJ*, 314: 572, 1997.
17. Bosma, H., M.G. Marmot, H. Hemingway, A.C. Nicholson, E. Brunner, S.A. Stansfeld, Low job control and risk of coronary heart disease in Whitehall II (prospective cohort) study. *BMJ*, 314: 558–565, 1997.
18. Meagher, M.W., R.C. Arnau, J.L. Rhudy, Pain and emotion: effects of affective picture modulation. *Psychosom Med*, 63: 79–90, 2001.
19. Sjors, A., B. Larsson, A.L. Persson, B. Gerdle, An increased response to experimental muscle pain is related to psychological status in women with chronic non-traumatic neck-shoulder pain. *BMC Musculoskelet Disord*, 12: 230, 2011.
20. Bingel, U., E. Schoell, W. Herken, C. Buchel, A. May, Habituation to painful stimulation involves the antinociceptive system. *Pain*, 131: 21–30, 2007.
21. Okayasu, I., O. Komiyama, N. Yoshida, K. Oi, A. De Laat, Effects of chewing efforts on the sensory and pain thresholds in human facial skin: a pilot study. *Arch Oral Biol*, 57: 1251–1255, 2012.
22. Shiomi, K., Relations of pain threshold and pain tolerance in cold water with scores on Maudsley Personality Inventory and Manifest Anxiety Scale. *Percept Mot Skills*, 47: 1155–1158, 1978.
23. Aoki, J., K. Ikeda, O. Murayama, E. Yoshihara, Y. Ogai, K. Iwahashi, The association between personality, pain threshold and a single nucleotide polymorphism (rs3813034) in the 3'-untranslated region of the serotonin transporter gene (SLC6A4). *J Clin Neurosci*, 17: 574–578, 2010.
24. Lautenbacher, S., Experimental approaches in the study of pain in the elderly. *Pain Med*, 13 Suppl 2: S44–50, 2012.
25. Fillingim, R.B., C.D. King, M.C. Ribeiro-Dasilva, B. Rahim-Williams, J.L. Riley, 3rd, Sex, gender, and pain: a review of recent clinical and experimental findings. *J Pain*, 10: 447–485, 2009.
26. Riley, J.L., 3rd, M.E. Robinson, E.A. Wise, C.D. Myers, R.B. Fillingim, Sex differences in the perception of noxious experimental stimuli: a meta-analysis. *Pain*, 74: 181–187, 1998.
27. Racine, M., Y. Tousignant-Laflamme, L.A. Kloda, D. Dion, G. Dupuis, M. Choiniere, A systematic literature review of 10 years of research on sex/gender and pain perception - part 2: do biopsychosocial factors alter pain sensitivity differently in women and men? *Pain*, 153: 619–635, 2012.
28. Bartley, E.J., R.B. Fillingim, Sex differences in pain: a brief review of clinical and experimental findings. *Br J Anaesth*, 111: 52–58, 2013.
29. Lucantoni, C., S. Marinelli, A. Reffe, F. Tomassini, R. Gaetti, Course of pain sensitivity in aging: pathogenetical aspects of silent cardiopathy. *Arch Gerontol Geriatr*, 24: 281–286, 1997.
30. Mylius, V., M. Kunz, E. Hennighausen, S. Lautenbacher, K. Schepelmann, Effects of ageing on spinal motor and autonomic pain responses. *Neurosci Lett*, 446: 129–132, 2008.

31. Kemp, J., O. Despres, T. Pebayle, A. Dufour, Age-related decrease in sensitivity to electrical stimulation is unrelated to skin conductance: an evoked potentials study. *Clin Neurophysiol*, 125: 602-607, 2014.
32. Neri, M., E. Agazzani, Aging and right-left asymmetry in experimental pain measurement. *Pain*, 19: 43-48, 1984.
33. Nishimura, T., A. Nakae, M. Shibata, T. Mashimo, Y. Fujino, Age-related and sex-related changes in perfusion index in response to noxious electrical stimulation in healthy subjects. *J Pain Res*, 7: 91-97, 2014.

# Table and Figures





7.【Table and Figures】

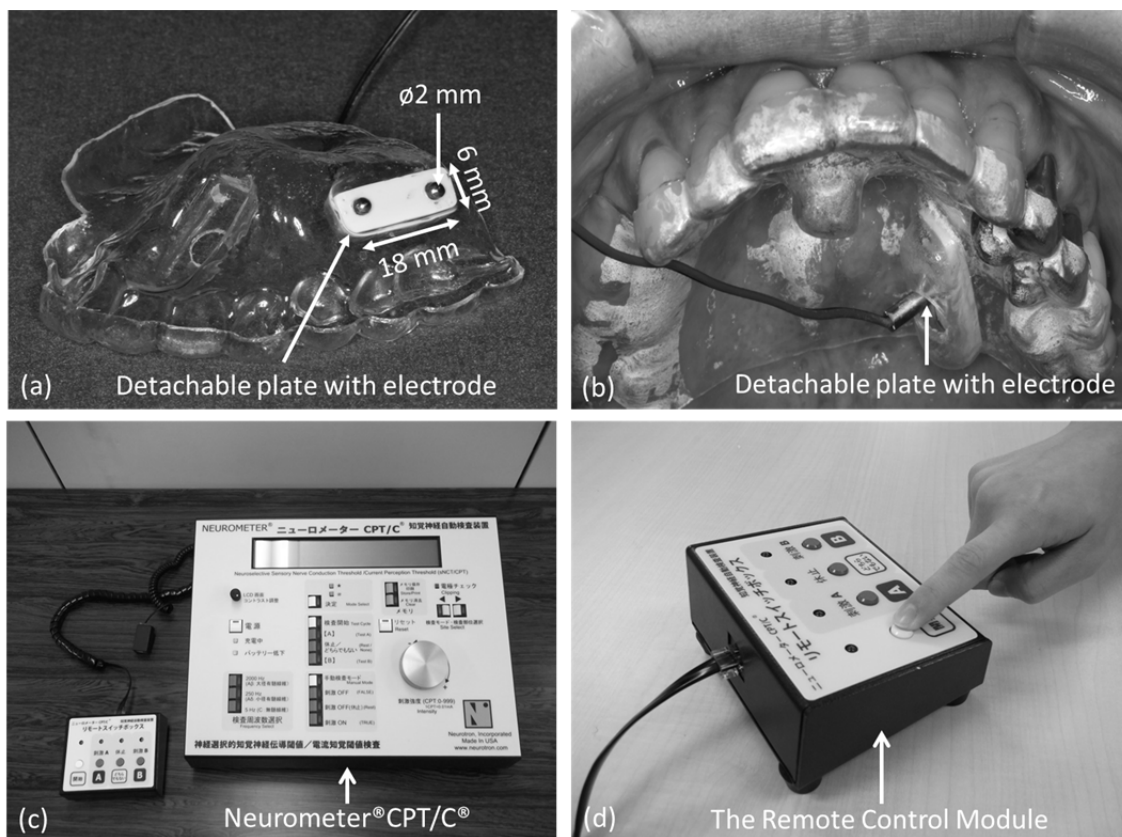


Fig. 1 Pain tolerance threshold (PTT) measuring system. The participants press, hold and release the button on the remote control module when they can no longer tolerate the electrical stimuli. Participants wear the measurement apparatus with  $\phi$  1-mm thermoforming discs to ensure contact between the mucosa and stimulation electrodes.

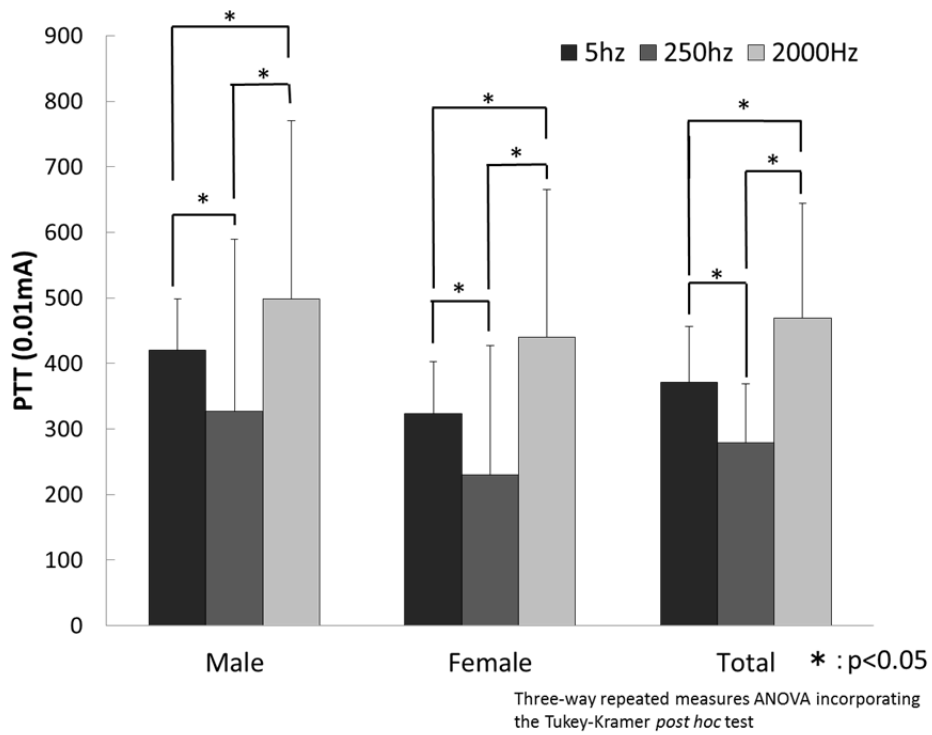


Fig. 2 Effect of frequency and gender on pain tolerance threshold (PTT) values.

The three-way repeated measures ANOVA showed that the current frequency affected PTT ( $p < 0.01$ ) but gender did not ( $p > 0.05$ ).

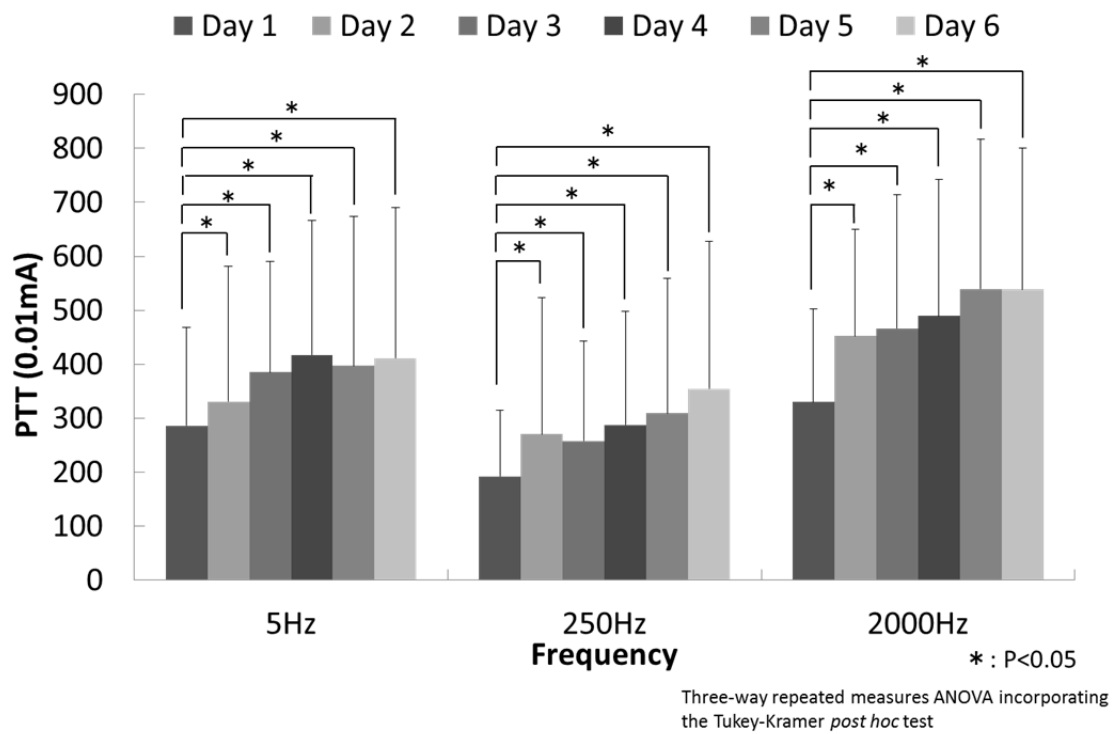


Fig.3 Pain tolerance threshold (PTT) measurements of 6 days. The PTTs measured when the different frequencies were administered in different orders were approximately the same. The Cronbach's coefficient  $\alpha$  calculated by PTTs at 5 Hz, 250 Hz and 2000 Hz in a days was 0.97, 0.95 and 0.97, respectively.

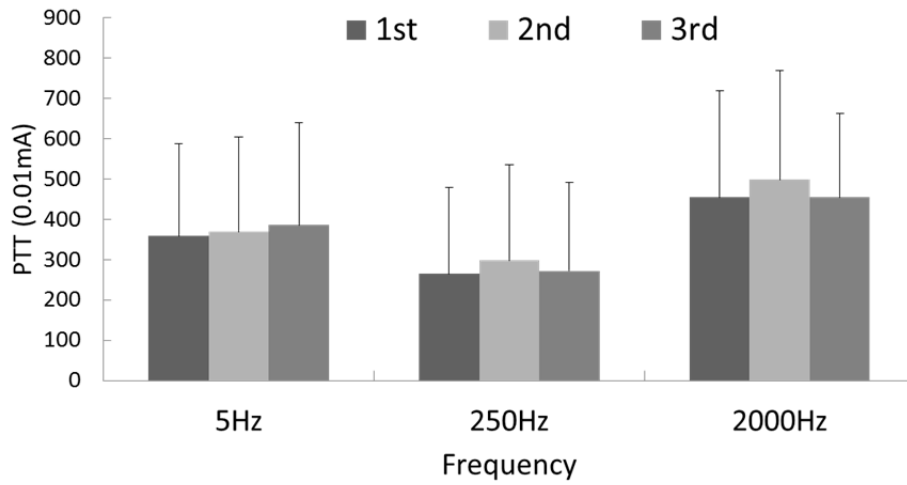


Fig.4 Pain tolerance threshold (PTT) obtained when the different frequencies were administered in different orders. The PTTs measured when the different frequencies administered in different orders were approximately the same. The Cronbach's coefficient  $\alpha$  calculated by PTTs at 5 Hz, 250 Hz and 2000 Hz in a days was 0.91, 0.87 and 0.90, respectively.

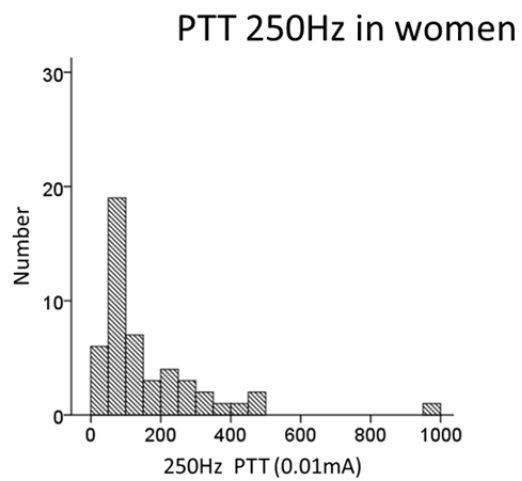
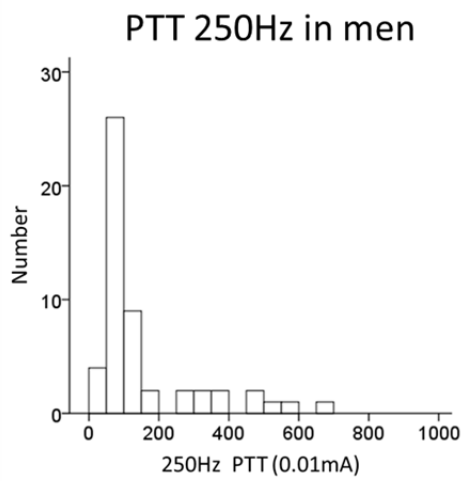
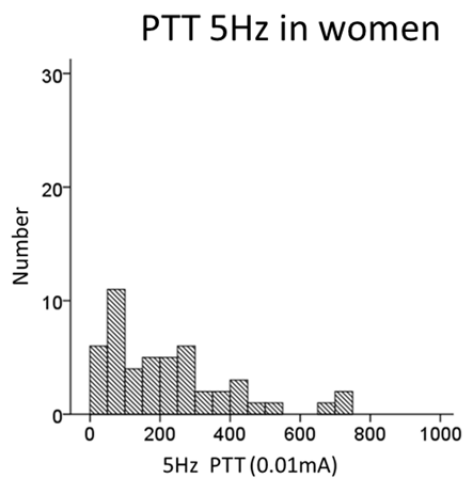
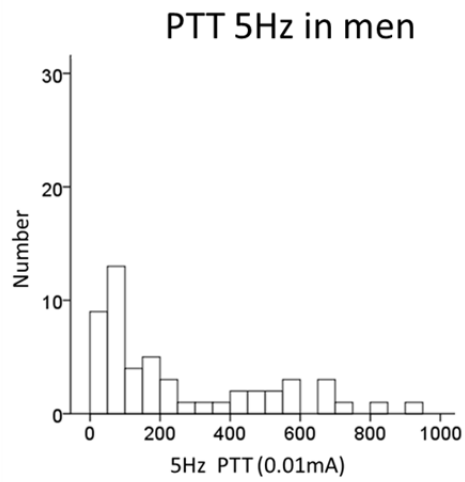


Fig. 5 Histogram of PTT at each frequency

PTT was not normally distributed; the distribution was skewed to the right.

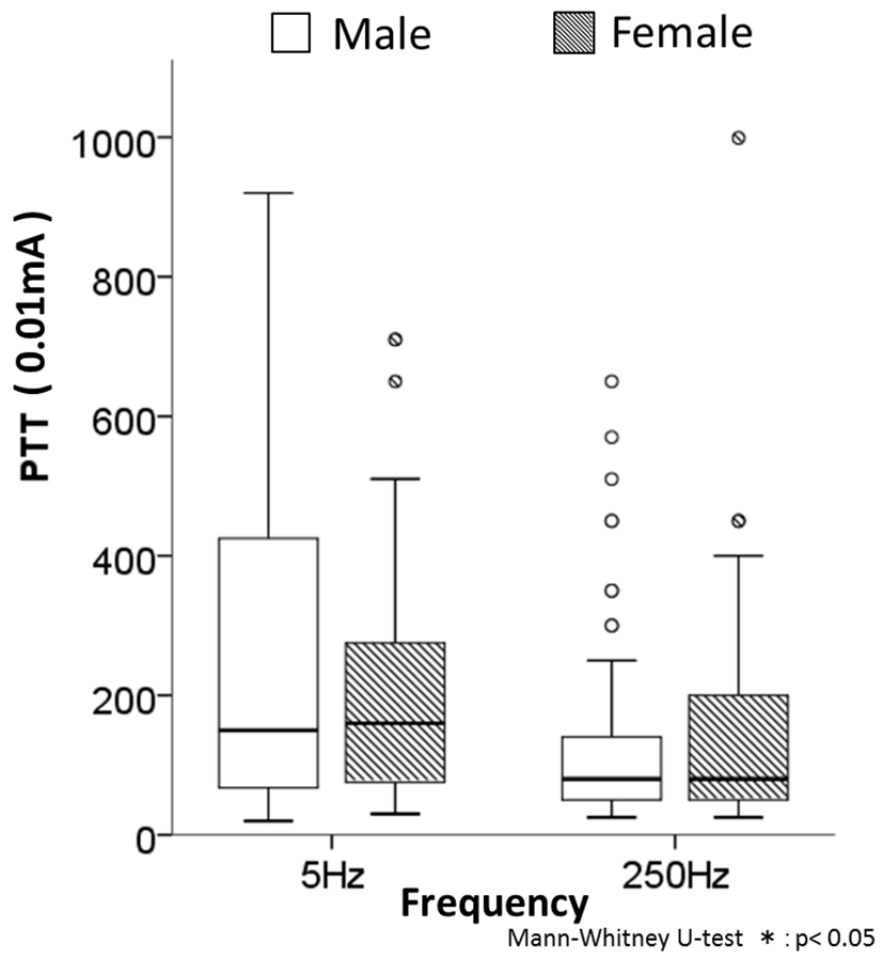
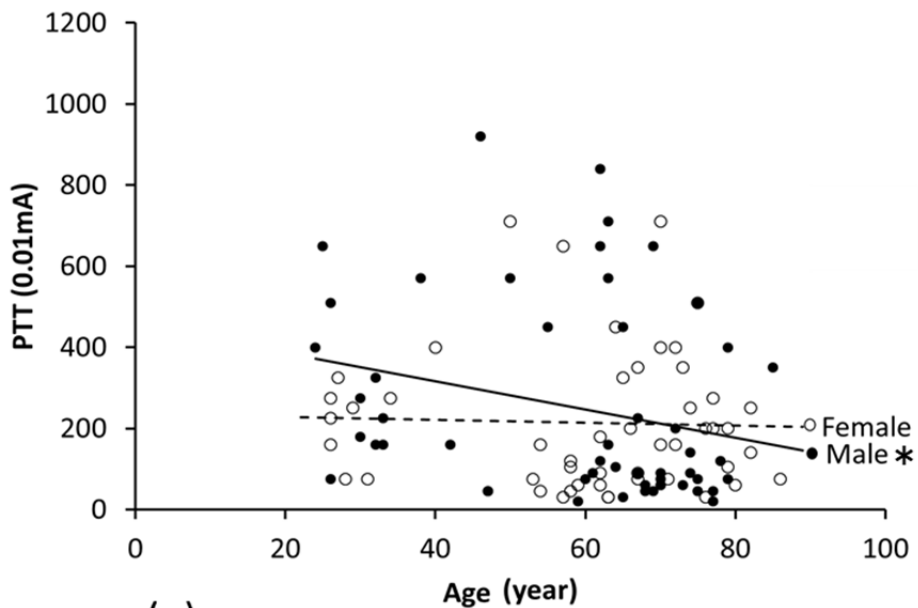


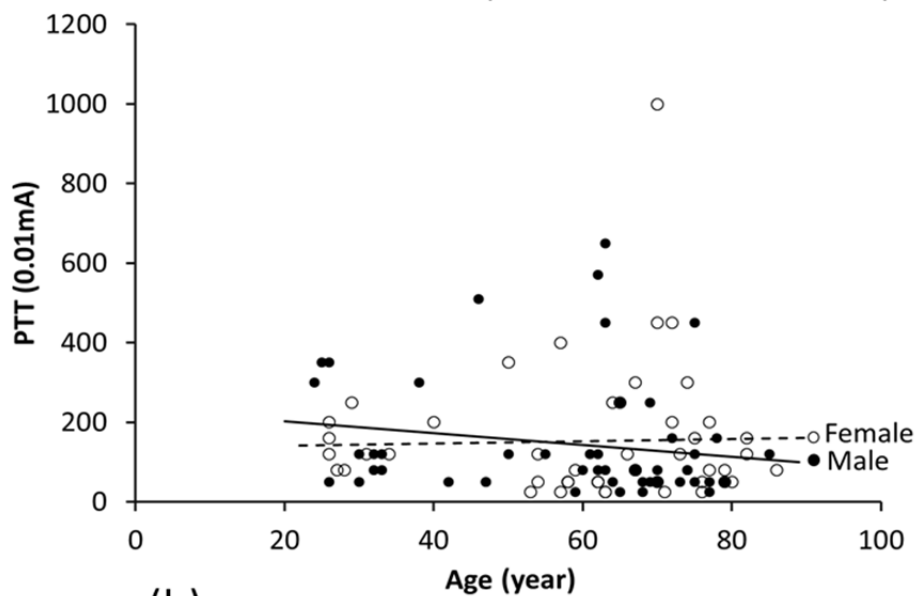
Fig. 6 Gender differences in PTT

There were no significant differences in PTT between men and women at 5 Hz or 250 Hz.



**(a) Relationship PTT at 5Hz and age**

Spearman rank correlation \* :  $p < 0.05$



**(b) Relationship PTT at 250Hz and age**

Spearman rank correlation \* :  $p < 0.05$

Fig. 7 Scatter charts with the regression line between PTT and age

(a) At 5 Hz, a significant association between age and PTT at 5 Hz was found in men but not women.

(b) At 250 Hz, no significant association between age and PTT was found in men or women.

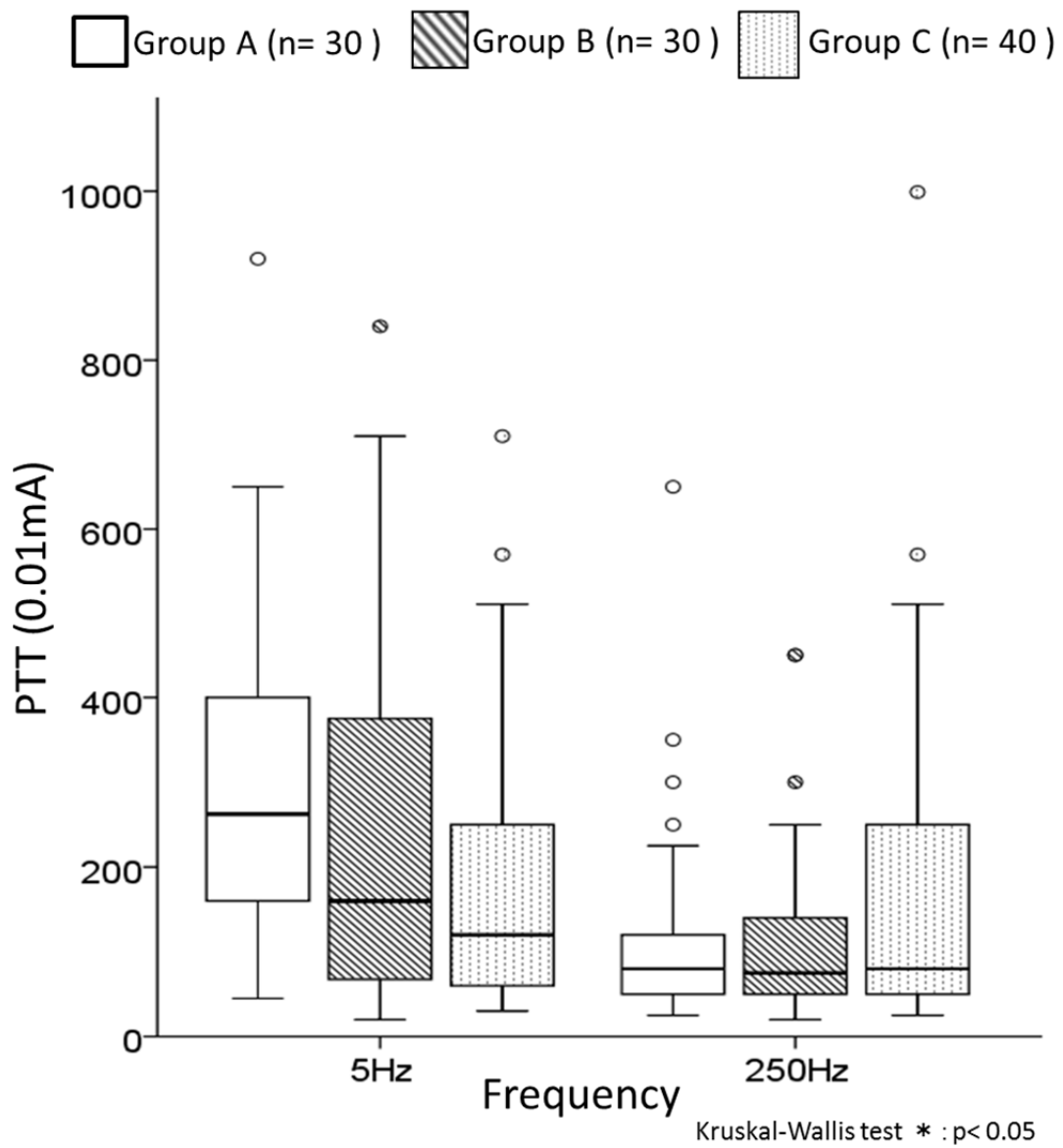


Fig. 8 Eichner Index and PTT

There was no significant difference in PTT among different oral condition categories based on the Eichner Index.



Table. 1 Effect of frequency and gender on pain tolerance threshold (PTT : 0.01mA) values

		Male	Female
Mean (SD)	5Hz	247.5 (242.7)	214.1 (174.9)
	250Hz	145.3 (152.2)	152.2 (166.9)
Median ( 95 % CI )	5Hz	140.0 (179.2 – 315.7)	160.0 (163.9 – 264.3)
	250Hz	80.0 (102.5 – 188.1)	80.0 (104.3 – 200.2)

PTTs did not differ significantly between male and female at either 5 Hz or 250 Hz (Mann-Whitney U-test,  $p > 0.05$ ).

Table. 2 Effect of frequency and Eichner Index on pain tolerance threshold (PTT : 0.01mA) values

		Group A (n= 30 )	Group B (n= 30 )	Group C (n= 40)
Mean (SD)	5Hz	265.3 (212.3)	208.0 (216.1)	222.8 (210.4)
	250Hz	158.2 (122.7)	127.5 (124.1)	157.5 (202.2)
Median ( 95 % CI )	5Hz	202.5 (186.1 – 344.6)	97.5 (127.3 – 288.7)	140.0 (155.5 – 290.1)
	250Hz	120.0 (112.3 – 204.0)	80.0 (81.2 – 173.9)	80.0 (92.8 – 222.2)

There were no significant differences in PTT among Eichner groups (Kruskal-wallis test,  $p > 0.05$ ).

