

選択圧印象法にかかわる各種印象材の粘弾性特性と  
上顎無歯顎印象時のリリースによる圧力動態

日本大学大学院松戸歯学研究科 顎口腔機能治療学専攻  
岩崎 正敏

(指導：川良 美佐雄 教授)

## I 【Abstract】

## II 【緒言】

## III 【方法および材料】

研究 1：選択圧印象法にかかわる各種印象材の粘弾性特性

1. 印象材
2. 測定方法
3. 解析

研究 2：各種印象材とリリーフの厚みの違いによる個人トレー内の印象圧動態の比較

1. 印象材
2. シミュレーション模型
3. 個人トレー
4. 荷重負荷装置
5. 測定方法
6. 解析

## IV 【結果】

研究 1：選択圧印象法にかかわる各種印象材の粘弾性特性

1. 貯蔵弾性率 ( $G'$ )
  - 1) 測定開始 10 秒後
  - 2) 測定開始 20 秒後
2. 損失正接 ( $\tan\delta$ )
  - 1) 測定開始 10 秒後
  - 2) 測定開始 20 秒後

研究 2：各種印象材とリリーフの厚みの違いによる個人トレー内の印象圧動態の比較

1. リリーフなし個人トレー (NR)
  - 1) 圧接開始 10 秒後
  - 2) 圧接開始 20 秒後
2. リリーフ 1 枚個人トレー (R1)
  - 1) 圧接開始 10 秒後
  - 2) 圧接開始 20 秒後
3. リリーフ 2 枚個人トレー (R2)
  - 1) 圧接開始 10 秒後
  - 2) 圧接開始 20 秒後
4. リリーフによる印象圧の増減率
  - 1) 20 秒後におけるリリーフなしとリリーフ 1 枚の印象圧の比較
  - 2) 20 秒後におけるリリーフなしとリリーフ 2 枚の印象圧の比較

## V 【考察】

研究 1：選択圧印象法にかかわる各種印象材の粘弾性特性

研究 2：各種印象材とリリーフの厚みの違いによる個人トレー内の印象圧動態の比較

## VI 【結論】

## VII 【参考文献】

## VIII 【表と図】

## I 【Abstract】

### <Objective>

To establish a clinical method of selective pressure impression technique following research were planned and investigated. In research 1, viscoelastic rheological properties of impression materials by focusing on tray seating was investigated. In research 2, pressure dynamics in the investigated trays caused by differences in the various impression materials and in the thickness of the relief provided for the trays was investigated.

### <Material and methods>

#### Research 1:

Eight types of polyvinylsiloxane (PVS), two types of polyether, and two types of alginate impression materials were used. The storage modulus ( $G'$ ; degree of stiffness) and loss tangent ( $\tan\delta$ ; degree of hardening) were determined as functions of time from 0 to 360 s, commencing immediately after the 60 s of mixing, by using a stress control-type rheometer. Statistical analysis was carried out to compare between the impression materials by using the One-way analysis of variance and Tukey's HSD method ( $p<0.05$ ).  $G'$  and  $\tan\delta$  for each of the impression materials were compared at 0 s and 20 s.

#### Research 2:

Two types of polyvinylsiloxane elastomers, one type of polyether elastomer and one type of alginate impression material were used. Pressure sensors were embedded at eight locations in a model of an edentulous maxilla, and used a simulation model covered with a pseudomucosa. For each impression material, the measurement was performed five times for each of the three types of trays, and the mean values were compared. Statistical analysis was carried out using the One-way analysis of variance and Tukey's HSD method ( $p<0.05$ ). The various pressure sensor values for each of the impression materials were compared 10 s and 20 s after the start of the measurement. Additionally, we compared differences among the three types of trays 20 s after the start of the measurement.

### <Result and discussion>

#### Research 1:

Stiffness was found to be widely distributed ( $4.49\text{--}0.26 \times 10^4$  Pa) among PVS-types, even immediately after mixing the impression material. There was also variation among polyether ( $1.55\text{--}0.5 \times 10^4$  Pa) and among alginates ( $0.64\text{--}0.21 \times 10^4$  Pa). The hardening of all impression materials progresses beyond 20 s after the completion of mixing.

#### Research 2:

The pressure values for sensors placed in the relief region tended to become uniform. Furthermore, the pressure trend to increase at the alveolar crests of the left and right first molars at 10 s and 20 s and the posterior border of the palate, all of which support the denture, when relief was provided.

### <Conclusion>

Based on the results of our study, in research 1, differences in  $G'$  were observed between various impression materials, even immediately after mixing. In addition, accurate timeframes for impression taking could be suggested based on the results of  $\tan\delta$ . In study 2, observed significant differences were observed in pressure dynamics on the impression materials, depending on whether or not relief was used, and the thickness of the relief. Because of this, we believe that the selection of the impression material and contrivance of the tray design

is important. In addition, the results serve as guidelines for a clinical application of the selective pressure technique.

## II 【緒言】

義歯印象採得において印象圧を左右する因子は、印象材（粘弾性特性）、個人トレー圧接速度、個人トレー保持圧、個人トレーデザインと報告されている<sup>1-8)</sup>。無歯顎顎堤における印象採得の対象は、顎堤粘膜であり、部位によって異なる被圧縮性をもっている<sup>9-12)</sup>。義歯の機能圧の不適切な配置は、義歯床下粘膜に疼痛、炎症などの障害を起こし、やがて顎骨の吸収を招く。被圧変位に配慮し印象採得を行うことは、完成した義歯による適正な機能圧を義歯床下粘膜に与えることができ、義歯の良好な予後を期待できる。

義歯印象法は、印象圧の観点からおおむね3つの印象法、無圧印象法、加圧印象法、選択圧印象法に分けられている<sup>13-19)</sup>。選択圧印象法は、義歯からの機能圧を受ける顎堤粘膜の被圧縮性が均等でない場合、粘膜の菲薄または肥厚した部位や神経、血管の開口部などをリリースすることにより無圧印象をし、機能圧耐圧部位を加圧印象することで最も適正に機能圧が配分されることが考えられ、機能時の義歯安定にも貢献すると考えられる。リリースとは、“義歯床下の特定の領域への好ましくない圧力や力の緩和あるいは除去”と定義されており<sup>20)</sup>、義歯床下粘膜の保護、疼痛発現の防止、義歯不安定の防止、義歯破折の防止、神経・血管圧迫の防止を目的とし付与される。過去の報告では、リリースを行うことで、その領域内の圧力分布が均等化することができるといわれている<sup>21)</sup>。

Hydeら<sup>17)</sup>によると、選択圧印象法によって製作された義歯は、従来の方法で製作された義歯よりも好まれる傾向にあることが報告されている。Wengら<sup>18)</sup>は、選択圧印象法は印象採得の方法として最良の方法であると述べ、Rupalら<sup>19)</sup>は、最も受け入れられ続けている印象法であると述べている。選択圧印象法の臨床術式を成就するためには、印象圧を左右する因子である、印象材（粘弾性特性）、個人トレー圧接速度、個人トレー保持圧、個人トレーデザインの考慮が必要である。

印象材の粘度に関して、McCabeら<sup>22)</sup>は弾性印象材のレオロジー試験から、印象材の相違によって経時的な粘弾性特性は異なり、Bergら<sup>23)</sup>は環境温度が硬化時間と貯蔵弾性率の大きさに大きく影響を与えることを示した。個人トレー圧接速度について、Hydeら<sup>7)</sup>は印象によって発生する圧力に圧接速度が関与することを示し、臨床現場において推奨される個人トレーの圧接速度を示した。個人トレーデザインについて、Komiyamaら<sup>5)</sup>は、上顎無歯顎印象の際に圧を逃がす最適な条件は直径1.0mm以上の通路を付与し、そして、ベースプレートワックス1枚分(1.40mm)の厚さのリリースを付与することであると報告している。しかしながら、個人トレーデザインはあまり関係がなく、印象材による圧力が最も影響するという報告もある<sup>2,3)</sup>。

義歯印象時の印象圧を考えた時、個人トレーと印象材を口腔内へ圧接した直後の、印象材の粘弾性特性が重要であると考えられるが、現在無歯顎印象に用いられている印象材の粘弾性特性を経時的に検討した報告は少ない。また、前述したように、顎堤粘膜は被圧縮性が異なるため、印象時に生じる個人トレー内圧は印象面形態に影響を及ぼすと考えられる<sup>2,3,7)</sup>。これらのことから、圧力動態を予測し必要に応じて圧の調整を行うことは、無歯顎顎堤における選択圧印象法の印象採得の術式を確立するうえで有用である。これまでに、無歯顎顎堤における印象圧の報告はいくつか存在する<sup>2-5,7,8,21,24)</sup>。

しかしながら、被圧縮性をシミュレーションした無歯顎モデルを用いて、印象圧を検討した報告はない。また、現在無歯顎印象に用いられている各種印象材を用いて印象時の圧力動態を検討した報告は認めない。

選択圧印象法の臨床術式の指針を明確にすることを目的とし、まず、研究 1 では、レオメーターを用い各種印象材の粘弾性特性について経時的変化の検討を行った。そして、研究 2 では、その結果を元に粘弾性特性に特徴のあった 4 種類の印象材を選択し、上顎無歯顎石膏模型に表面と同一になるように圧力センサーを設置し、さらに粘膜厚さを考慮した擬似粘膜で覆ったシミュレーションモデルを用い、各種印象材の個人トレーに付与したリリースの厚みの違いによる個人トレー内圧力動態の比較検討を行った。

### III 【材料と方法】

#### 研究 1：各種印象材の粘弾性特性

##### 1.印象材

本研究では、義歯印象に用いることができる現在市販されている 8 種の Polyvinylsiloxane (PVS)、2 種の Polyether、および 2 種の Alginate を用いた。各印象材の略称を Table 1 に示す。なお、FU は PVS と Polyether のハイブリッドであるため、Polyether に分類した。練和方法は製造会社の指示に従った。

##### 2.測定方法

練和は室温  $23 \pm 1^\circ\text{C}$ 、湿度  $50 \pm 5\%$  の条件下で行い、各印象材の動的粘弾性について 5 回ずつ測定した。測定には応力制御型レオメーター (HAAKE MARSIII、Thermo Scientific、Waltham、USA) を用いた (Fig.1)。測定条件は口腔内を想定し  $35^\circ\text{C}$ 、湿度 90% とした。測定は、練和開始 60 秒後に試料をレオメーターステージ上に置き直後に開始し、360 秒間連続して行った。動的粘弾性測定とは、試料に周期的に振動する歪みを与え、それによって発生する応力の測定から、試料の粘弾性挙動を調べる方法である。この測定では、弾性は貯蔵弾性率  $G'$ 、粘性は損失弾性率  $G''$  として与えられる。本研究では、直径 20 mm の平行プレートを使用し、練和直後の印象材をステージ上に乗せ、サンプル厚が 0.5 mm になるように設定した (Fig.2)。プレート間隙から溢出した印象材を除去後、周波数 5 Hz ( $31.416\text{rad/s}$ )、歪み 0.1000% ( $0.002865^\circ$ ) における  $G'$  および  $G''$  を経時的に測定した。レオメーターからの分析値は、パーソナルコンピューター上に保存された。データサンプリングスピードは、10 Hz で行った。なお、本研究では測定時の印象材への応力が、硬化過程に影響を与えることを極力避けるため線形粘弾性領域内の歪みで行った。

##### 3.解析

各印象材における、経時的な貯蔵弾性率 ( $G'$  : Pa)、損失弾性率 ( $G''$  : Pa) を求めた。また、 $G'$  と  $G''$  から、損失正接 ( $\tan\delta$  ;  $G''/G'$ ) を求めた。 $G'$  は、物質の弾性的な性質 (硬さの度合い) を示す値であり、 $G''$  は、物質の粘性的な性質 (柔らかさの度合い) を示す値である。 $\tan\delta$  は  $G''$  を  $G'$  で除した値

であり、この値が 1 よりも大きければ粘性的、1 よりも小さければ弾性的な物質であるといえる。また、臨床的に硬化をしたとみなされる時には  $\tan\delta$  の値は、ほとんど変化をしない。したがって、 $\tan\delta$  に注目することが印象材の硬化特性を評価するための適切な方法であるとされている<sup>24)</sup>。貯蔵弾性率 ( $G'$ ) 及び損失正接 ( $\tan\delta$ ) は、練和開始 60 秒後から測定開始し 360 秒までの経時的変化を測定した。その後、解析項目ごとに各印象材 5 回の値の平均を算出した。統計学的分析は、口腔内圧接初期を想定し測定開始 10 秒後、20 秒後における各種印象材の  $G'$  および  $\tan\delta$  を、一元配置分散分析後に Tukey's HSD 法を用い比較した ( $p<0.05$ )。

## 研究 2：個人トレー内の圧力動態

### 1.印象材

印象材は、研究 1 の結果をもとに 2 種の Polyvinylsiloxane (PVS)、1 種の Polyether、および 1 種の Alginate を選択し用いた (Table 1)。2 種の PVS においては、現在臨床や印象圧に関する研究で多く用いられている ED と、練和終了直後に最も貯蔵弾性率の低い AF を選択した。

### 2.シミュレーション模型

上顎無歯顎石膏模型 (MAP-34、NISSHIN、京都) は、最初に Kydd ら<sup>12)</sup> や Terakura ら<sup>13)</sup> の粘膜厚さの報告を参考に粘膜厚さ分だけ石膏表面を削除した。次に、直径 6mm、厚さ 0.6mm の小型圧力センサー (PS-2KC、協和電業、東京) を、模型表面と可及的に同一平面となるように設置した (Fig.3、Table 2)。その後、擬似粘膜として義歯床用シリコーン系軟質リライナー材 (ソフリライナー タフ スーパーソフト、トクヤマデンタル、東京) および石膏コアを用いて擬似粘膜を装着し形態を回復した。なお、本研究において用いた石膏模型は、左右第一大臼歯相当部の高さが異なり、左側は右側に比べて約 1mm 低い (Fig.4)。

### 3.個人トレー

本研究では、常温重合レジン (オストロン II、GC、東京) を用いて 3 種類の個人トレーを製作した。リリースを付与しない個人トレーは通法に従い製作した (リリース無し: NR)。リリースを付与した個人トレーについては、犬歯相当部を含み、Sensor1-3 を覆うようにパラフィンワックス (GC、東京) 1 枚 (リリース 1 枚: R1)、または 2 枚 (リリース 2 枚: R2) を置いて製作した。

### 4.荷重負荷装置

荷重負荷装置は、サベイヤー (J.M.Ney Company.Bloomfield、Connecticut、USA) と模型台、そして、2kg の分銅を置く部位を付与した金属製の自家製圧子を用いた。シミュレーション模型は、切歯乳頭と左右上顎結節の頂点を結んだ三角形が水平になるように模型台に固定した。

### 5.測定方法

練和は室温  $23\pm 1^\circ\text{C}$ 、湿度  $50\pm 5\%$  の条件下で行い、測定は各印象材について各個人トレーにて 5 回ずつ、練和終了 60 秒後から圧接を開始し 150 秒間行った<sup>7)</sup>。印象材は、可及的に均等になるように個人トレーに注入した。

## 6.解析

各圧力センサーの測定値 (kPa) は、サンプリングスピード 10 Hz にてセンサインタフェース (PCD-300A、協和電業、東京) を介し PC 上にリアルタイムで表示され、測定終了後に保存された。解析は、まず、各印象材で 3 種類の個人トレーごとに 5 回ずつ行った際の、各圧力センサーでの平均値を求めた。そして、研究 1 と同様に口腔内圧接初期にあたる圧接開始 10 秒後、20 秒後の同一個人トレーにおける、各種印象材での圧力センサー値を比較した。さらに、リリースの効果をみるために、20 秒後の NR と R1、および、NR と R2 における、同一印象材での圧力センサー値を比較した。統計分析は、一元配置分散分析後に Tukey's HSD 法により比較検討した ( $p < 0.05$ )。

## IV【結果】

### 研究 1：各種印象材の粘弾性特性

Fig.5a に  $G'$  の経時的変化を、Fig.5b にその 0-20sec の詳細を示す。Fig.6a に  $G''$  の経時的変化を、Fig.6b にその 0-360sec の詳細を示す。Fig.7 に 8 種の PVS、Fig.8 に 2 種の Polyether、Fig.9 に 2 種の Alginate の  $\tan \delta$  の経時的変化を示す。

#### 1. 貯蔵弾性率 ( $G'$ )

##### 1) 測定開始 10 秒後 (練和開始 70 秒後)

SI が他のすべての印象材よりも有意に高い値を示し、AF が最も低い値を示した (Fig.10)。AF と EM、AQ、IP、FU、AR および AL との間に有意差は見られなかった (Table 3)。

##### 2) 測定開始 20 秒後 (練和開始 80 秒後)

SI が他のすべての印象材よりも有意に高い値を示し、AF が最も低い値を示した (Fig.11)。AF と EM、IP、FU、AQ および AR との間に有意差はなかった (Table 4)。

#### 2. 損失正接 ( $\tan \delta$ )

##### 1) 測定開始 10 秒後 (練和開始 70 秒後)

AF が有意に高い値を示し、AL が最も低い値を示した (Fig.12)。AL と SI および GE 間に有意差は見られなかった (Table 5)。

##### 2) 測定開始 20 秒後 (練和開始 80 秒後)

AF が他のすべての印象材よりも有意に高い値を示し、AL が最も低い値を示した (Fig.13)。AL と GE、SI、および AR との間には有意差は見られなかった (Table 6)。

### 研究 2：個人トレー内の圧力動態

#### 1. リリースなし個人トレー (NR)

##### 1) 圧接開始 10 秒後 (Table 7)

S-1 では、AF で最も高い値を示し、IG で有意に低い値を示した。S-2 では、AR で最も高い値を示し、IG で最も低い値を示した。S-3 では、IG で有意に高い値を示し、AF で最も低い値を示

した。S-4 では、ED で最も高い値を示し、AR で最も低い値を示した。S-5 では、AF で最も高い値を示し、IG で最も低い値を示した。S-6、7、8 では、IG で最も高い値を示した。S-6、7 では、AF で、S-8 では AR で最も低い値を示した。

2) 圧接開始 20 秒後 (Table 7)

S-1 では、AF で最も高い値を示し、IG で有意に低い値を示した。S-2 では、AF で最も高い値を示し、IG で最も低い値を示した。S-3 では、IG で有意に高い値を示し、AR で最も低い値を示した。S-4 では、AR で最も高い値を示し、AF で最も低い値を示した。S-5 では、AR で最も高い値を示し、IG で最も低い値を示した。S-6、7、8 では、IG で最も高い値を示した。S-6、7、8 では、AR で最も低い値を示した。

2. リリーフ 1 枚個人トレイ (R1)

1) 圧接開始 10 秒後 (Table 8)

S-1 では、IG で有意に高い値を示し、AF で最も低い値を示した。S-2 では、ED で最も高い値を示し、IG で最も低い値を示した。S-3 では、IG で最も高い値を示し、AR で最も低い値を示した。S-4 では、IG で最も高い値を示し、ED で最も低い値を示した。S-5 では、ED で最も高い値を示し、IG で最も低い値を示した。S-6 では、AF で最も高い値を示し、S-7、8 では、IG が最も高い値を示した。S-6、7 では ED で、S-8 では AR で最も低い値を示した。

2) 圧接開始 20 秒後 (Table 8)

S-1 では、IG で有意に高い値を示し、AF で最も低い値を示した。S-2 では、ED で最も高い値を示し、IG で最も低い値を示した。S-3 では、IG で最も高い値を示し、AF で最も低い値を示した。S-4 では、IG で最も高い値を示し、ED で最も低い値を示した。S-5 では、ED で最も高い値を示し、IG で最も低い値を示した。S-6 では、AF で最も高い値を示し、S-7 では、AR で最も高い値を示し、S-8 では AF で最も高い値を示した。S-6、7、8 では、ED で最も低い値を示した。

3. リリーフ 2 枚個人トレイ (R2)

1) 圧接開始 10 秒後 (Table 9)

S-1 では、AR で最も高い値を示し、AF で最も低い値を示した。S-2 では、AR で有意に高い値を示し、AF で有意に低い値を示した。S-3 では、ED で最も高い値を示し、AF で有意に低い値を示した。S-4 では、AF で最も高い値を示し、AR で最も低い値を示した。S-5 では、AF で最も高い値を示し、IG で最も低い値を示した。S-6、7 では、IG で最も高い値を示し、S-8 では AF で最も高い値を示した。S-6、8 では、AR で最も低い値を示し、S-7 では ED で最も低い値を示した。

2) 圧接開始 20 秒後 (Table 9)

S-1 では、AR で最も高い値を示し、AF で最も低い値を示した。S-2 では、AR で有意に高い値を示し、AF で有意に低い値を示した。S-3 では、AR で最も高い値を示し、AF で有意に低い値を示した。S-4 では、AF で最も高い値を示し、AR で最も低い値を示した。S-5 では、AF で最

も高い値を示し、IG で最も低い値を示した。S-6 では、IG で最も高い値を示し、S-7、8 では AR で最も高い値を示した。S-6 では、AR で最も低い値を示し、S-7、8 では、AF で最も低い値を示した。

#### 4. リリーフによる印象圧の増減率

##### 1) 圧接開始 20 秒後におけるリリーフなしとリリーフ 1 枚の印象圧の比較 (Table 10-13)

S-1 において、最も緩圧がみられた印象材は AF だった。IG では増圧した。S-2 において、最も緩圧がみられた印象材は AF だった。ED と AR では増圧した。S-3 においては、全ての印象材で増圧した。

##### 2) 圧接開始 20 秒後におけるリリーフなしとリリーフ 2 枚の印象圧の比較 (Table 10-13)

S-1 において、最も緩圧がみられた印象材は AF だった。S-2 において、最も緩圧がみられた印象材は AF だった。AR では増圧した。S-3 においては、全ての印象材で増圧した。しかしながら、AF は有意に低かった。

## V 【考察】

研究 1 では、義歯印象に用いることが出来る現在市販されている 12 種の印象材の粘弾性をレオメーターを用いて測定し、研究 2 では、その結果をもとに選択した 4 種の印象材を用い各種印象材とリリーフの厚みの違いによる個人トレー内の印象圧動態の比較を行った。

#### 研究 1：各種印象材の粘弾性特性

G'の測定開始から 360 秒まで(Fig.5a)の経時的変化は、PVS 系の EH で約 1 分後、SI、EM、IP、AF で約 2 分後、ED、AQ で約 3 分後、GE で約 5 分後にほぼ止まっていた。また、Polyether 系の IG、FU、および Alginate 系の AL、AR においては 360 秒においても緩やかに上昇を続けていた。したがって、臨床では、硬化時間について製造会社指示を参考にして十分に理解しておく必要がある。印象採得での失敗やエラーを防ぐために、製造会社指示に記載されている硬化時間は実際の硬化時間よりも長い時間が掲載されていることが多い。また G'' (Fig.6a、6b) は、IG が経時的にわずかに増加するが、ほとんどの印象材ではごくわずかな増加しか示さなかった。

tanδ の経時的変化の停止は、ほぼ硬化反応が終了したことを示していることから、PVS ではすべて 1 分までに急激に反応が増し、EH は約 1 分後、その他の印象材では約 2 分後までに経時変化が止まっている (Fig.7、8、9)。Polyether 系の IG、FU においては、計測した 6 分に至るまで、緩やかに下降して 0 に近づく。すなわち Polyether 系は、他の印象材と比べて硬化時間が長いことを示している。McCabe ら<sup>22)</sup>も同様の見解を示し、”PVS は、練和後できるだけ早く使用しなければならない。Polyether は tanδ が高い値で推移していることから比較的長い誘導期を持っている”と述べている。Alginate 系の AL、AR の tanδ においては、測定開始 30 秒で経時的変化が止まっている。したがって、Alginate 印象材は練和開始後 90 秒で流動性がなくなる。tanδ の経時的変化において、値が高いということは G'' の比率が大きいことを示している。tanδ > 1 は高い流動性を示していることを表すため、個人トレー挿

入後でも口腔内で流動性の良好な印象材は AF、および FU だった (Fig.12)。 $\tan\delta$  測定開始 20 秒後ではすべての印象材で流動性の低下がみられた (Fig.13)。

選択圧印象法を行う際の印象材の粘弾性を考えた時、最も印象術式の効果を左右する時期は粘膜面への個人トレー圧接時から患者に生理的運動を行わせる間である。したがって、個人トレー圧接時期、すなわち測定開始 10 秒後および 20 秒後の  $G'$ 、 $\tan\delta$  について比較した (Table 3、4、Fig.10、11)。測定開始 10 秒後において、SI では  $G'$  がすでに高い値を示した。また、 $G'$  が最も低い値は AF であり、AF と EM、AQ、IP、FU および AR 間の有意差はなかった。20 秒後においても、SI では  $G'$  が高い値を示した。また、 $G'$  が最も低い値は AF であり、AF と EM、IP、FU、AQ および AR 間の有意差はなかった。測定開始 20 秒後の  $\tan\delta$  は、1 以上を示す印象材はなく、これは練和開始 80 秒ですべての印象材で硬化が進行し流動性が低下していることを表している。したがって、個人トレー圧接後、正確な印象辺縁形態にするには、速やかに患者に口唇、舌、頬の生理的運動を誘導し、その位置を保持する印象操作が必要である。選択圧印象法は印象圧を意図的にかける部分とかけない部分を選択する印象法である。印象圧をできるだけかけたくない部分では、個人トレーにリリースや通路を設け、さらに印象材による圧力が少ないほうが好ましい。印象圧を左右する因子のうちの、個人トレー圧接速度、保持圧は術者によってある程度のコントロールが可能だが、印象材 (粘弾性特性) の選択やリリースや通路といった個人トレーデザインの工夫は術者が事前に行うものであり臨床的指針が必要である。

本研究によって、各種印象材の練和終了直後から硬化に至る粘弾性特性は明らかにできた。しかし、個人トレーを用いて無歯顎顎堤を印象採得する際の、各印象材の粘弾性と顎堤粘膜にかかる印象圧の関連については別に検討されるべきである。今後は、小型圧力センサーを設置し擬似粘膜を装着した上顎無歯顎シミュレーション模型を用い、印象材と個人トレー内圧力動態の関連を検討していく。

## 研究 2：個人トレー内の印象圧動態

本研究の結果から、全印象材においてリリースなしの個人トレーを用いたときの切歯乳頭部への圧力は、他の部位と比較すると明らかに印象圧が高値であった。印象圧の大きさは、印象材の流速に比例するとされ、流動路間隙が 1mm 以下で個人トレー内圧での急激な増加を認める<sup>24)</sup>。歯槽頂から歯肉頬移行部にいたる顎堤の形態の傾斜が大きいいため流動路間隙が狭くなる。このため、歯槽頂部の印象圧は高くなると考えられる。さらに、流動路間隙による理由だけではなく、切歯乳頭部は他部位と比較し歯槽頂が唇側に位置している為、荷重による負荷がかかりやすい部位である事も言える。リリースなしの場合に最も印象圧がかかる部位は、切歯乳頭部であることが分かった。また、リリースを付与することでリリース領域内に設置されたセンサーの圧力値は、均等化する傾向にあることが分か

った。これは、リリース領域内において、流動路間隙が広がり印象材の流速が緩やかになり圧力分布が均等化したことによると考えられる。リリースを付与することで切歯乳頭部では減圧がみられた。しかし、リリースの厚みが増すほど正中口蓋前方斜面部と正中口蓋最深部では、圧力値が上昇する傾向を示した。

本研究で用いたシミュレーションモデルは、左右で顎堤高さが異なり、右側は顎堤高さが高く、左側は低くなっている。上顎右側第一大臼歯相当部では、リリースの厚みが増すほど圧力値が上昇する傾向を示した。上顎左側第一大臼歯相当部では減少する傾向を示した。右側での印象圧が上昇した理由としては、個人トレーに付与したリリース領域を除き小さくなった個人トレー支持域で荷重を受けるため、顎堤と個人トレー間の流動路間隙がさらに狭まり圧力値が上昇したことが考えられる。また、顎堤高さが高いことで荷重が増したことが考えられる。また、左側での印象圧が低下した理由としては、顎堤の高い歯槽頂に主に荷重がかかることで、顎堤と個人トレー間の流動路間隙が僅かに広がり圧力値が低下したものと考えられる。印象圧は、顎堤高さの違いによっても異なることが分かった。また、切歯乳頭部と同様に左右第一大臼歯相当部歯槽頂でも、傾斜部で狭くなることで印象材の流れが速くなり高い印象圧を受けることが分かった。口蓋後縁に設置されたセンサーの圧力値は、リリースの厚みが増すほど上昇した。これは、リリース量の違いにより生じた、個人トレー内に存在する印象材の量の違いによるものと考えられる。

リリースを付与していない個人トレーで印象を行った際の印象圧は、切歯乳頭部においてどの時点でも大きく、印象時、他部位に比べ大きな圧がかかっていることから、完成義歯においても機能時のみならず安静時にも圧がかかることが考えられる。さらに、上顎無歯顎顎堤粘膜の前歯部は臼歯部や口蓋正中部と比較すると約 1.5 倍の被圧縮性を示すことから<sup>25)</sup>、切歯乳頭部は必ず印象時にリリースするように心がけなければならない。また、完成後の粘膜面の疼痛や義歯正中破折等の障害を出来る限り防ぎ、安定性の向上を図る為には、個人トレー口蓋正中部にリリースを付与し圧負担を減らすことも重要である。しかし、印象圧はリリースの厚みが増すほど口蓋最深部で上昇する傾向を示した。その理由としては、圧接時に早期に歯槽頂部の流動間隙が狭まり歯槽頂部を越えることが出来なかった印象材が、口蓋最深部に留まったからかもしれない。このことから、リリースを厚めに付与する場合には、個人トレーの口蓋最深部に通路を付与することを推奨する。さらに、リリースを行うことで義歯の支持域である左右第一大臼歯歯槽頂と口蓋後縁の圧が上昇する傾向を示したことから選択圧印象法がより確実になることが考えられる。

研究 2 の結果から、10 秒後と 20 秒後における圧力動態は異なることが分かり、さらに、リリースの有無や厚み、および印象材によって大きく異なることが分かった。研究 1 で明らかとなった印象材の粘弾性特性が、印象時の個人トレー内圧、さらに、リリースの有無や厚みによって個人トレー内の印象材の挙動に影響を与えていることが考えられる。また、練和直後の貯蔵弾性率が最も低い印象材において、その他の印象材と比較してリリース領域での緩圧効果が最も得られた。これらのことから、選択圧印象の術式においては、トレーのリリース効果を有効なものとするために、印象材の選択や個

人トレー形態の工夫は重要であることが示唆された。

## VI【結論】

本研究の結果から、研究 1 では、印象材によって粘弾性特性の一つである貯蔵弾性率いわゆる硬さが異なることが分かった。また、20 秒後においては硬化が進行し、すべての印象材で流動性が低下していた。つまり、印象材練和後には早期に口腔内に個人トレーを圧接する必要がある。そして、研究 2 では、リリースの有無や厚み、および印象材によって印象圧は大きく異なることが分かった。研究 1 において明らかとなった口腔内圧接初期に相当する時間での貯蔵弾性率が最も低い印象材で、その他の印象材と比較してリリース領域内での緩圧効果が最も得られた。このことから、練和直後の貯蔵弾性率が低い印象材を用いることは、リリースの緩圧効果を有用なものとする。よって、印象材の選択や個人トレー形態の工夫は選択圧印象法の臨床術式の指針となる。

## VII 【参考文献】

- [1] Klein IE, Broner AS. Complete denture secondary impression technique to minimize distortion of ridge and border tissues. *J Prosthet Dent.* 1985;54:660-4.
- [2] Masri R, Driscoll CF, Burkhardt J, Von Fraunhofer A, Romberg E. Pressure generated on a simulated oral analog by impression materials in custom trays of different designs. *J Prosthodont.* 2002;11:155-60.
- [3] Al-Ahmad A, Masri R, Driscoll CF, von Fraunhofer J, Romberg E. Pressure generated on a simulated mandibular oral analog by impression materials in custom trays of different design. *J Prosthodont.* 2006;15:95-101.
- [4] Nishigawa G, Natsuaki N, Maruo Y, Okamoto M, Minagi S. Visual observation of the dynamic flow of elastomer rubber impression material between the impression tray and oral mucosa while seating the impression tray. *J Oral Rehabil.* 2003;30:608-13.
- [5] Komiyama O, Saeki H, Kawara M, Kobayashi K, Otake S. Effects of relief space and escape holes on pressure characteristics of maxillary edentulous impressions. *J Prosthet Dent.* 2004;91:570-6.
- [6] Kawara M, Iwasaki M, Iwata Y, Komoda Y, Inoue S, Komiyama O, et al. Rheological properties of elastomeric impression materials for selective pressure impression technique. *J Prosthodont Res.* 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpor.2015.07.002>.
- [7] Hyde TP, Craddock H, Brunton P. The effect of seating velocity on pressure within Impressions. *J Prosthet Dent.* 2008;100:384-9.
- [8] Frank RP. Analysis of pressures produced during maxillary edentulous impression procedures. *J Prosthet Dent.* 1969;22:400-13.
- [9] Watson IB, MacDonald DG. Regional variations in the palatal mucosa of the edentulous mouth. *J Prosthet Dent.* 1983;50:853-9.
- [10] Razek MKA, Shaaban NA. Histochemical and histopathologic studies of alveolar mucosa under complete dentures. *J Prosthet Dent.* 1978;39:29-36.
- [11] Kydd WL, Daly CH, Wheeler JB 3rd. The thickness measurement of masticatory mucosa in vivo. *Int Dent J.* 1971;21:430-41.
- [12] Terakura T. The thickness of the oral soft tissue. Usefulness in diagnosis for complete dentures. *Nihon Hotetsu Shika Gakkai Zasshi.* 1988;32:546-60.
- [13] el-Khodary NM, Shaaban NA, Abdel-Hakim AM. Effect of complete denture impression technique on the oral mucosa. *J Prosthet Dent.* 1985;53:543-9.
- [14] Gupta A, Singhal P, Negi P. Selective Pressure Impression Technique: An Overview. *J of Evolution of Med and Dent Sci.* 2014;29:8110-4.
- [15] Boucher C. Complete denture impressions based on the anatomy of the mouth. *J Am Dent Assoc.* 1944;31:1174-81.
- [16] Duncan JP, Raghavendra S, Taylor TD. A selective-pressure impression technique for the edentulous maxilla. *J Prosthet Dent.* 2004 ;92:299-301.
- [17] Hyde TP, Craddock HL, Blance A, Brunton PA. A cross-over Randomised Controlled Trial of selective pressure impressions for lower complete dentures. *J Dent.* 2010;38:853-8.
- [18] Weng BX, Khlevnoy V. Pressure control for complete denture impressions. *Oral Health.* 1995;85:21-7.

- [19] Rupal JS, Sanjay BL, Prakash KB, Maulik NP. Complete Denture Impression Procedures and Techniques Practiced by Dentists across the State of Gujarat: A Survey. IOSR-JDMS. 2015;14:1-11.
- [20] Academy of Denture Prosthetics:Glossary of Prosthodontic Terms. J Prosthet Dent. 2005;94:10-81.
- [21] Kikuchi M. Pressures produced in a tray during impression procedures. Maxillary edentulous impressions. Nihon Hotetsu Shika Gakkai Zasshi. 1987;31:590-6.
- [22] McCabe JF, Arikawa H. Rheological properties of elastomeric impression materials before and during setting. J Dent Res. 1998;77:1874-80.
- [23] Berg JC, Johnson GH, Lepe X, Adán-Plaza S. Temperature effects on the rheological properties of current polyether and polysiloxane impression materials during setting. J Prosthet Dent. 2003;90:150-61.
- [24] Sekine H, Tajima T, Mizokami T, Kaizu K, Hirai Y. Fundamental and clinical studies on the impression making of the dentures. 2. Influence of internal pressure on tray-pressing speed and flow space. Shikwa Gakuho. 1971;71:2161-6.
- [25] Odagiri K. Local compressibility of denture foundation--evaluation of denture foundation in relation to impression pressure. Kokubyo Gakkai Zasshi. 1992;59:88-104.

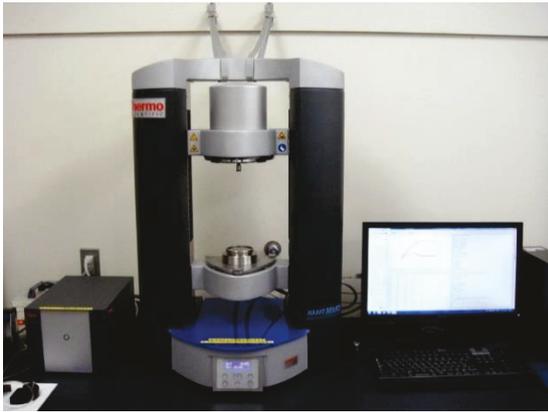


Fig. 1 ストレス制御型レオメーター



Fig. 2 ストレス制御型レオメーターのステージ

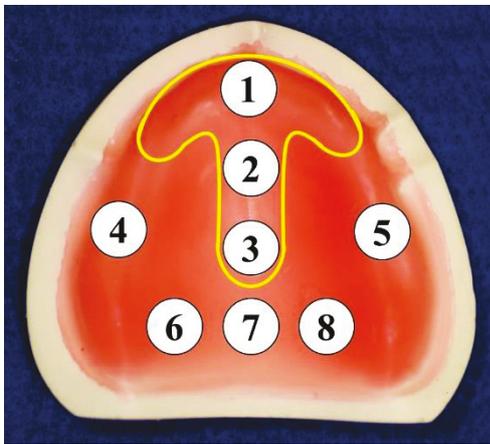


Fig. 3 センサー設置位置とリリース領域

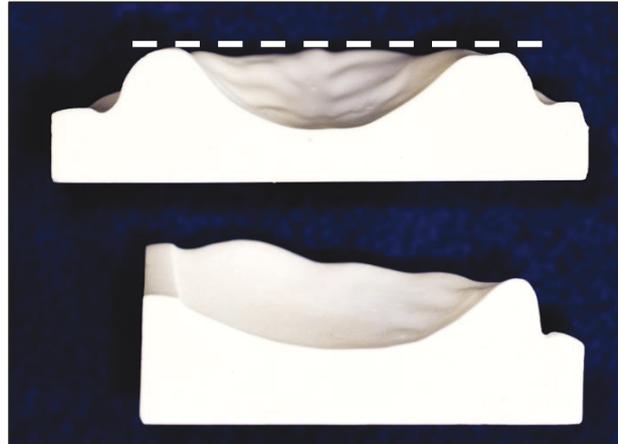


Fig. 4 上顎無歯顎石膏模型の前頭面と矢状面

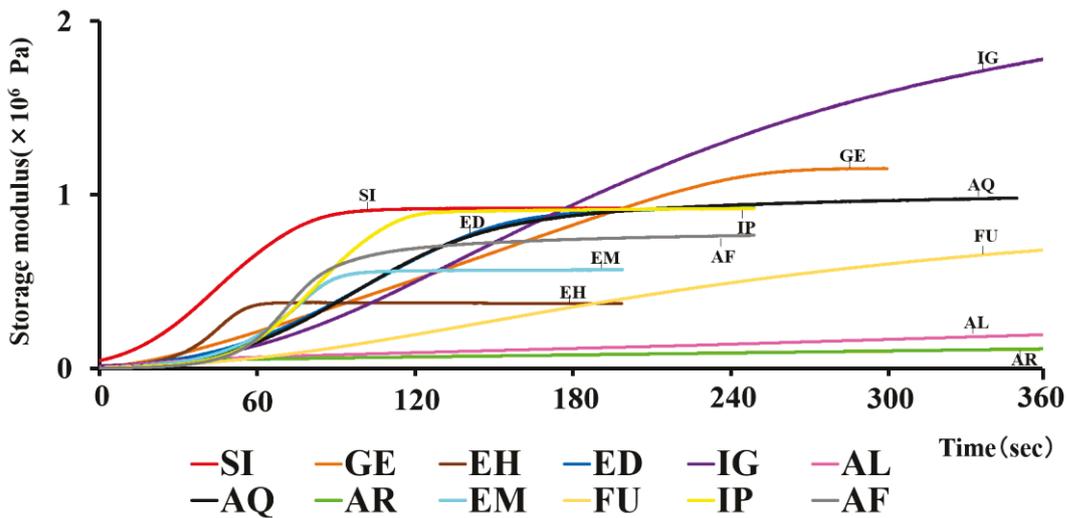


Fig. 5a 0-360 秒における貯蔵弾性率 (G') の経時変化

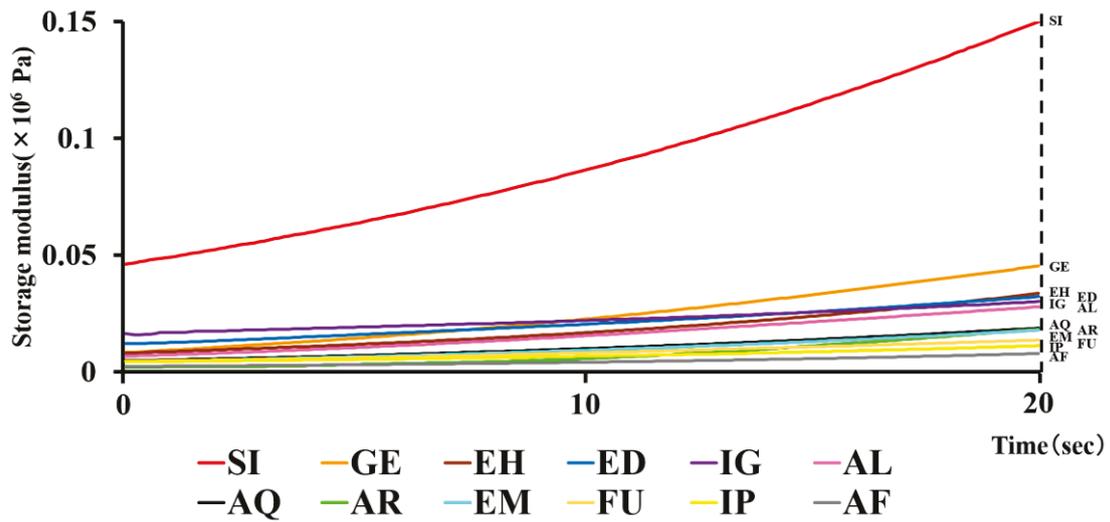


Fig. 5b 0-20 秒における貯蔵弾性率 (G') の経時変化

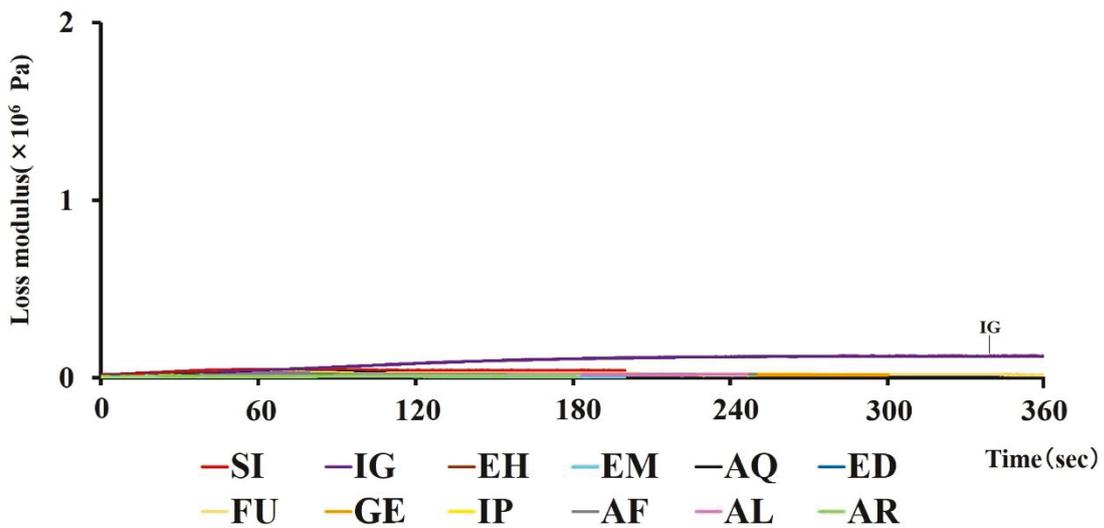


Fig. 6a 0-360 秒における損失弾性率 (G'') の経時変化

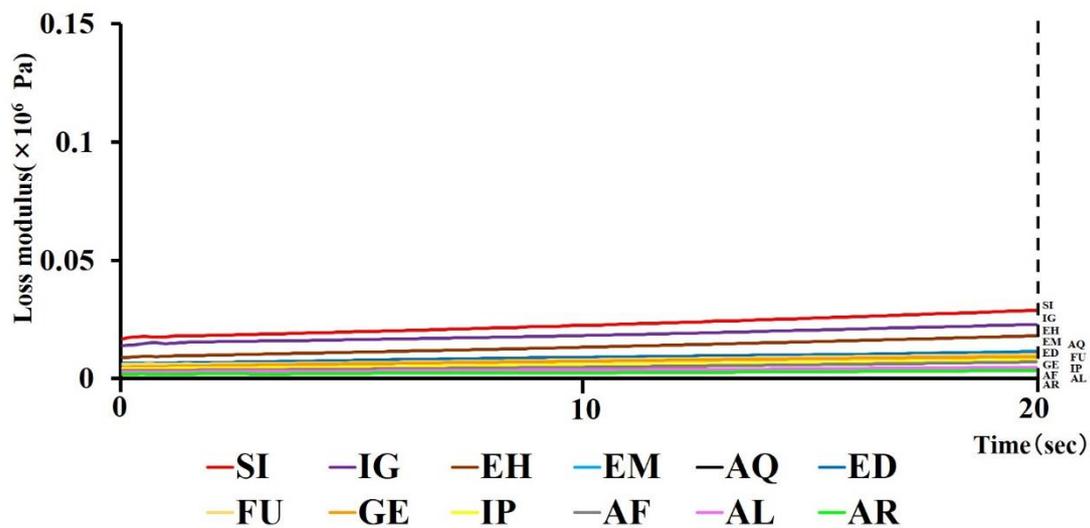


Fig. 6b 0-20 秒における損失弾性率 ( $G''$ ) の経時変化

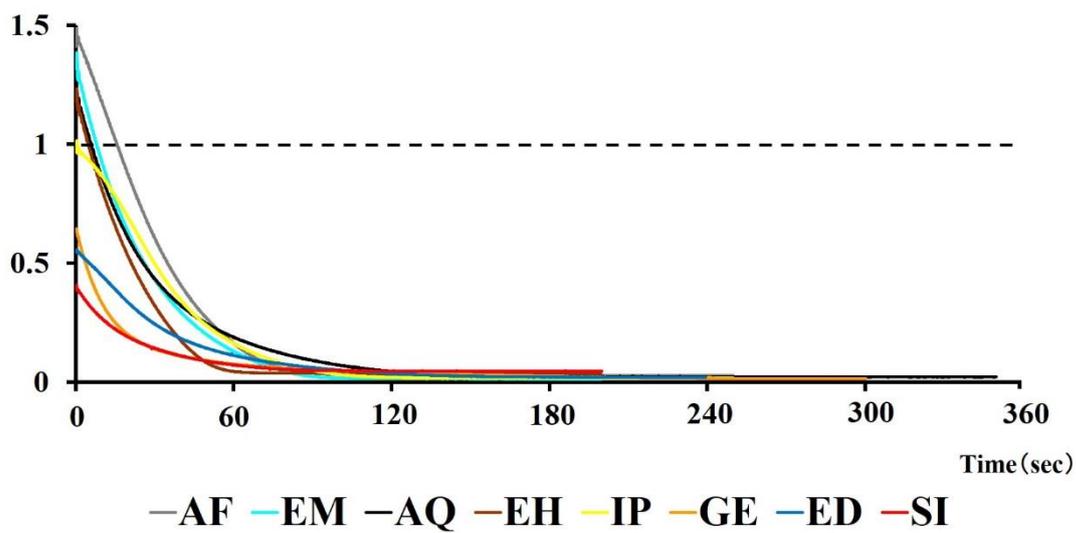


Fig. 7 8 種類の PVS における損失正接 ( $\tan\delta$ ) の経時的変化

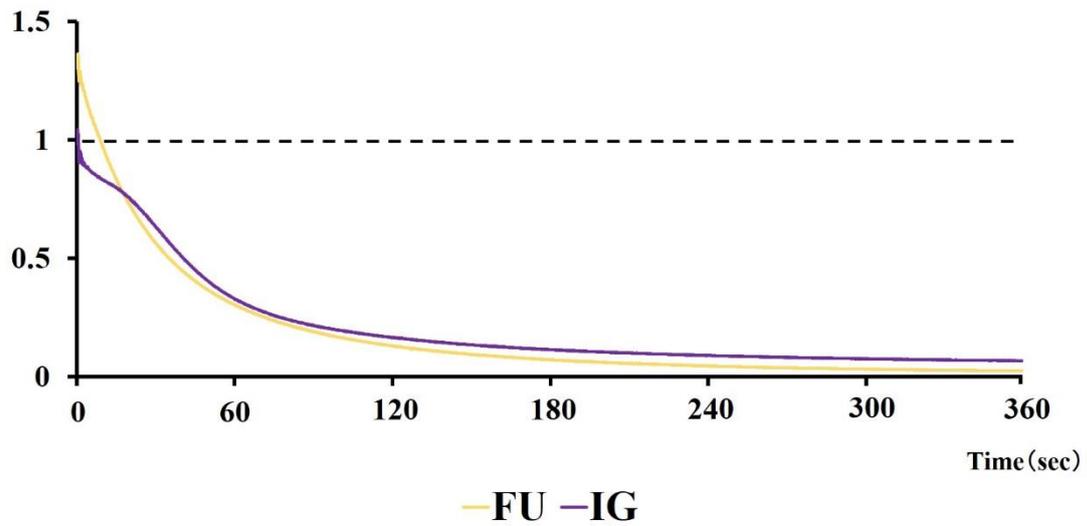


Fig. 8 2種類の Polyether における損失正接 ( $\tan\delta$ ) の経時的変化

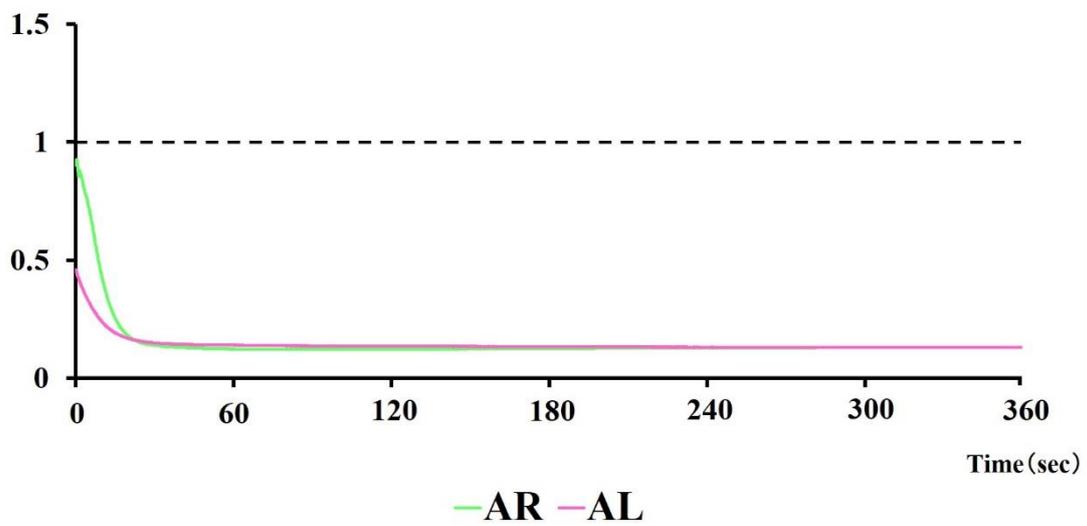


Fig. 9 2種類の Alginate における損失正接 ( $\tan\delta$ ) の経時的変化

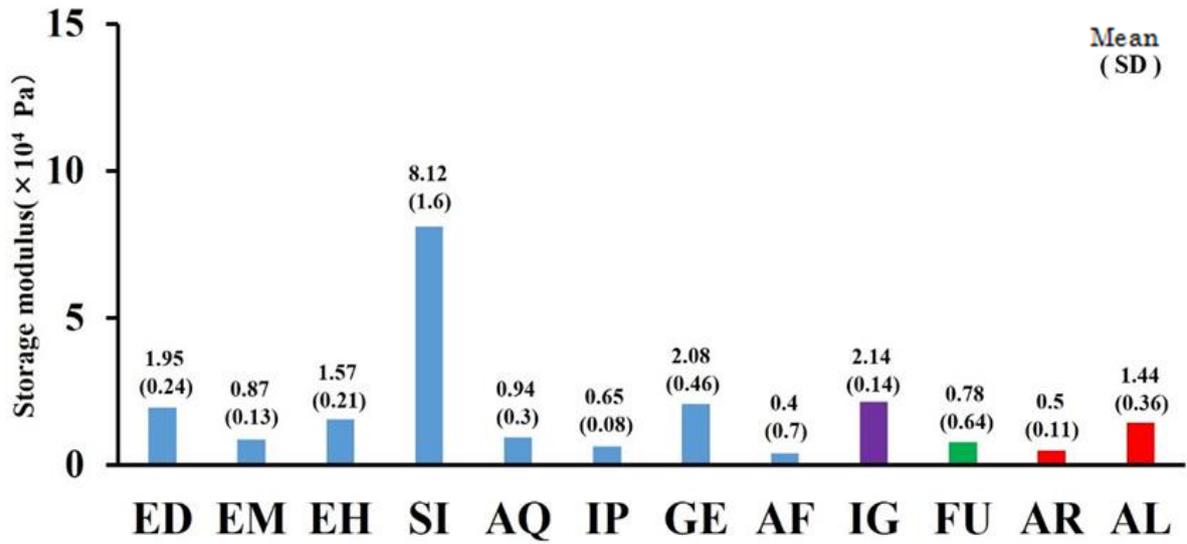


Fig. 10 10秒後における各印象材の貯蔵弾性率 (G')

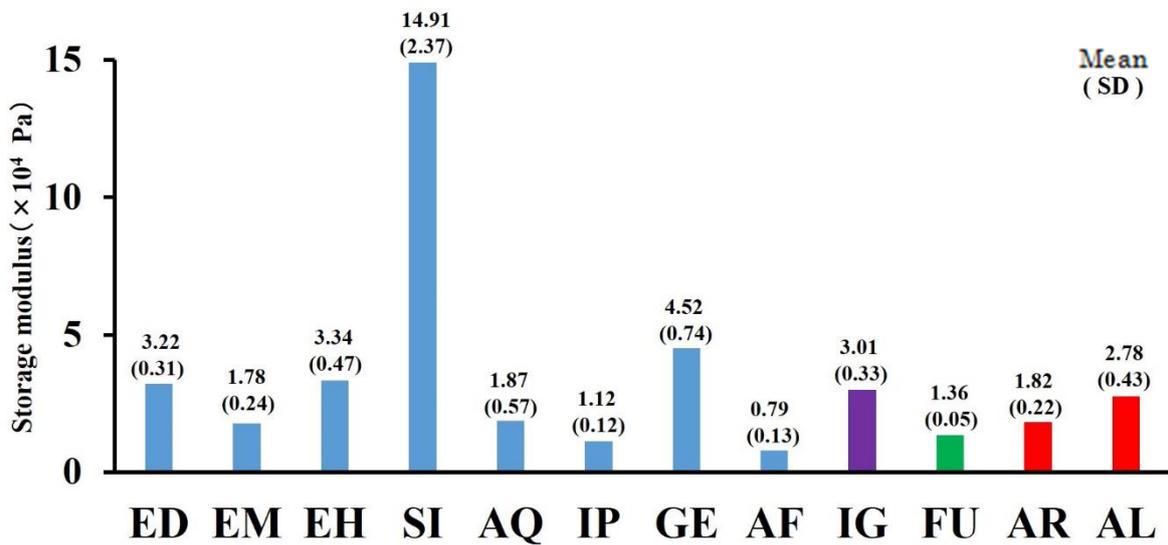


Fig. 11 20秒後における各印象材の貯蔵弾性率 (G')

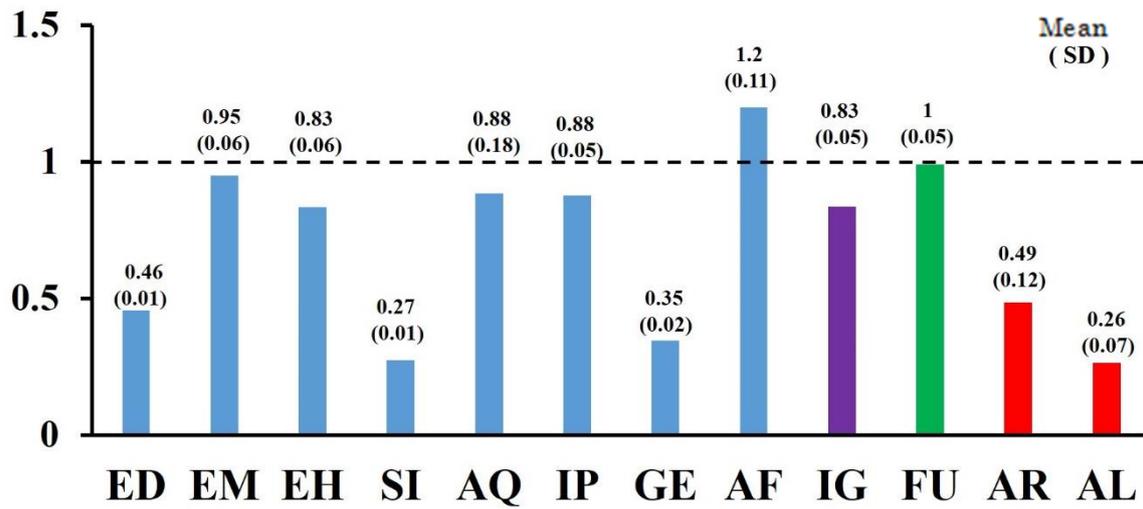


Fig. 12 10 秒後における各印象材の損失正接 ( $\tan\delta$ )

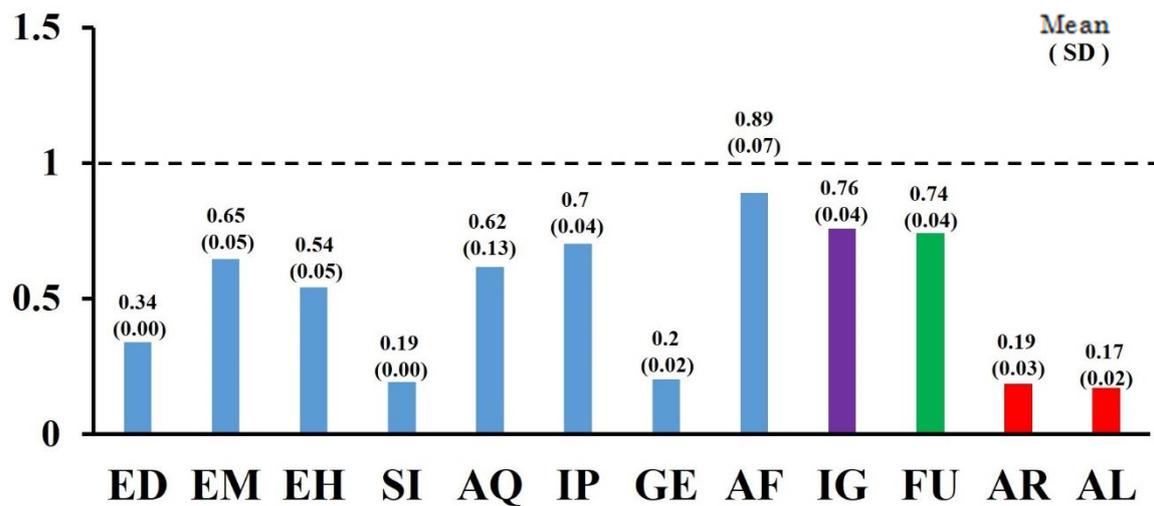


Fig. 13 20 秒後における各印象材の損失正接 ( $\tan\delta$ )

Table 1 印象材

Constituent	Material	Manufacturer	Manufacturer's Instruction	
			Operating time (from start of mixing)	Operating + Tray holding time
Polyvinylsiloxane	EXADENTURE (ED)	GC, Tokyo, Japan	2.5 (min)	5.5 (min)
	EXAMIXFINE INJECTION TYPE (EM)	GC, Tokyo, Japan	3	6
	EXAHIFLEX INJECTION TYPE (EH)	GC, Tokyo, Japan	2	5
	SILDE FIT REGULAR & DENTURE TYPE (SI)	Shofu, Kyoto, Japan	2	6
	Aquasil Ultra XLV (AQ)	Dentsply-Sankin, Tokyo, Japan	2.5	5
	Imprint3 Light Body (IP)	3M ESPE, Neuss, Germany	2	5.5
	Genie Extra Light Body (GE)	MORITA, Osaka, Japan	2.5	4.5
	AFFINIS PRECIOUS light body (AF)	YOSHIDA, Tokyo, Japan	1	3
Polyether	Impregum Soft Medium Body (IG)	3M ESPE, Neuss, Germany	2.5	6
	FUSION II EXTRA WASH TYPE (FU)	GC, Tokyo, Japan	2	5
Alginate	AROMA FINE PLUS NORMAL SET (AR)	GC, Tokyo, Japan	2.17	4.17
	ALGIACE Z (AL)	Dentsply-Sankin, Tokyo, Japan	2	4

Table 2 センサー設置位置と擬似粘膜の厚さ

Sensor	Sensor setting location	Thicknesses of the pseudomucosa (mm)
Sensor1 (S-1)	Incisive papilla	3.5
Sensor2 (S-2)	Anterior point of the mid-palatal suture	2
Sensor3 (S-3)	Deepest point of the mid-palatal suture	2
Sensor4 (S-4)	Part corresponding to the right first molar	3
Sensor5 (S-5)	Part corresponding to the left first molar	3
Sensor6 (S-6)	Right greater platine foramen	3
Sensor7 (S-7)	Posterior point of the mid-palatal suture	2
Sensor8 (S-8)	Left greater platine foramen	3

Table 3 10 秒後における貯蔵弾性率 (G') の印象材間での有意差 (p<0.05)

	ED	EM	EH	SI	AQ	IP	GE	AF	IG	FU	AR	AL
ED												
EM												
EH												
SI	*	*	*									
AQ				*								
IP	*		*	*			*					
GE	*	*	*	*	*	*						
AF	*		*	*			*					
IG		*	*	*		*		*				
FU	*	*	*	*			*					
AR		*		*	*		*					
AL		*		*	*		*	*				

Table 4 20 秒後における貯蔵弾性率 (G') の印象材間での有意差 (p<0.05)

	ED	EM	EH	SI	AQ	IP	GE	AF	IG	FU	AR	AL
ED												
EM												
EH												
SI	*	*	*									
AQ				*								
IP	*		*	*								
GE	*	*	*	*	*	*						
AF	*		*	*			*					
IG		*	*	*		*						
FU	*	*	*	*			*					
AR		*		*	*		*					
AL		*		*	*		*	*				

Table 5 10 秒後における tanδ (損失正接) の印象材間での有意差 (p<0.05)

	ED	EM	EH	SI	AQ	IP	GE	AF	IG	FU	AR	AL
ED												
EM	*											
EH	*											
SI	*	*	*									
AQ	*			*								
IP	*			*								
GE		*	*		*	*						
AF	*	*	*	*	*	*	*					
IG	*			*			*	*				
FU	*			*			*	*				
AR		*	*	*	*	*		*	*	*		
AL	*	*	*		*	*		*	*	*	*	*

Table 6 20 秒後における tanδ (損失正接) の印象材間での有意差 (p<0.05)

	ED	EM	EH	SI	AQ	IP	GE	AF	IG	FU	AR	AL
ED												
EM	*											
EH	*											
SI	*	*	*									
AQ	*			*								
IP	*		*	*								
GE	*	*	*		*	*						
AF	*	*	*	*	*	*	*					
IG	*	*	*	*	*		*	*				
FU	*		*	*	*		*	*				
AR	*	*	*		*	*		*	*	*		
AL	*	*	*		*	*		*	*	*	*	*

**Table 7** 10 秒後と 20 秒後における NR での印象材間の印象圧 (kPa)

Sensor	After 10s				NR	After 20s			
	ED	AF	IG	AR		ED	AF	IG	AR
<b>S-1</b>	79.66(8.08) <sup>c</sup>	81.44(8.90) <sup>c</sup>	61.81(3.67) <sup>k</sup>	77.96(6.66) <sup>c</sup>		79.63(9.05) <sup>c</sup>	80.04(8.75) <sup>c</sup>	56.63(2.47) <sup>k</sup>	74.90(10.10) <sup>c</sup>
<b>S-2</b>	49.52(3.13)	49.70(0.33)	47.12(2.80)	51.13(2.14)		47.88(3.46)	49.73(4.77)	45.28(2.71)	45.81(3.05)
<b>S-3</b>	34.56(4.28) <sup>c</sup>	32.96(3.76) <sup>c</sup>	42.56(0.61) <sup>k</sup>	33.54(1.57) <sup>c</sup>		34.11(4.28) <sup>c</sup>	32.67(3.32) <sup>c</sup>	40.25(0.70) <sup>k</sup>	29.47(2.45) <sup>c</sup>
<b>S-4</b>	38.61(4.11)	35.81(6.21)	38.02(1.60)	36.64(2.40)		37.72(2.99)	32.51(5.83)	37.93(1.65)	38.42(1.94)
<b>S-5</b>	31.72(4.19)	34.48(2.40) <sup>c</sup>	27.95(2.41) <sup>b</sup>	29.85(3.00)		29.24(3.42)	30.84(3.00) <sup>c</sup>	25.84(1.20) <sup>h</sup>	32.98(2.82) <sup>c</sup>
<b>S-6</b>	20.09(5.10)	19.40(1.67) <sup>c</sup>	25.29(3.06) <sup>b</sup>	19.97(1.58)		20.10(3.99)	18.98(1.39)	23.30(1.67) <sup>d</sup>	18.27(1.67) <sup>c</sup>
<b>S-7</b>	18.77(4.62) <sup>c</sup>	18.15(1.88) <sup>c</sup>	26.11(0.43) <sup>k</sup>	19.40(0.25) <sup>c</sup>		17.40(4.28) <sup>c</sup>	18.48(1.80) <sup>c</sup>	23.56(0.68) <sup>k</sup>	17.24(1.97) <sup>c</sup>
<b>S-8</b>	18.52(4.20) <sup>c</sup>	17.58(1.05) <sup>c</sup>	25.68(0.70) <sup>k</sup>	16.20(1.57) <sup>c</sup>		17.13(4.11) <sup>c</sup>	17.95(0.96) <sup>c</sup>	23.87(0.87) <sup>k</sup>	16.75(1.75) <sup>c</sup>

NR, No Relief tray; ED, EXADENTURE ; AF, AFFINIS PRECIOUS light body; IG, Impregum Soft Medium Body ; AR, AROMA FINE PLUS NORMAL SET .

Means (SD), Values with different letters are significantly different for each sensor and time measurement ; P < 0.05

<sup>a</sup> P < 0.05 when compared to ED, <sup>b</sup> P < 0.05 when compared to AF, <sup>c</sup> P < 0.05 when compared to IG,

<sup>d</sup> P < 0.05 when compared to AR, <sup>e</sup> P < 0.05 when compared to ED and AF, <sup>f</sup> P < 0.05 when compared to ED and AR,

<sup>g</sup> P < 0.05 when compared to AF and IG, <sup>h</sup> P < 0.05 when compared to AF and AR, <sup>i</sup> P < 0.05 when compared to IG and AR,

<sup>j</sup> P < 0.05 when compared to ED and AF and IG, <sup>k</sup> P < 0.05 when compared to ED and AF and AR,

<sup>l</sup> P < 0.05 when compared to ED and IG and AR.

**Table 8** 10 秒後と 20 秒後における R1 での印象材間の印象圧 (kPa)

Sensor	After 10s				R1	After 20s			
	ED	AF	IG	AR		ED	AF	IG	AR
<b>S-1</b>	49.50(3.67) <sup>c</sup>	42.17(6.88) <sup>i</sup>	63.30(2.47) <sup>k</sup>	52.71(2.54) <sup>g</sup>		47.15(3.96) <sup>c</sup>	40.37(7.26) <sup>c</sup>	59.89(2.47) <sup>k</sup>	49.14(3.44) <sup>c</sup>
<b>S-2</b>	52.27(2.47) <sup>g</sup>	47.43(3.13) <sup>a</sup>	46.23(1.73) <sup>a</sup>	48.1(1.89)		51.23(3.05) <sup>g</sup>	45.79(3.95) <sup>a</sup>	45.24(1.65) <sup>a</sup>	47.89(1.89)
<b>S-3</b>	40.44(1.14)	40.49(2.10)	41.99(0.61)	39.49(1.31)		39.29(2.36)	39.24(2.62)	40.88(0.44)	39.82(1.14)
<b>S-4</b>	35.86(2.17) <sup>c</sup>	38.62(3.89)	41.84(1.05) <sup>f</sup>	36.47(2.17) <sup>c</sup>		36.05(1.87) <sup>c</sup>	37.69(3.52)	42.24(1.87) <sup>f</sup>	36.72(2.47) <sup>c</sup>
<b>S-5</b>	32.99(3.94) <sup>c</sup>	29.52(2.65)	25.81(1.46) <sup>a</sup>	28.55(3.17)		32.64(4.19) <sup>c</sup>	29.24(3.00)	25.37(1.71) <sup>a</sup>	28.52(3.17)
<b>S-6</b>	25.33(0.93) <sup>b</sup>	28.01(0.84) <sup>l</sup>	26.60(0.37) <sup>b</sup>	25.47(1.30) <sup>b</sup>		25.33(1.11) <sup>b</sup>	27.52(1.21) <sup>a</sup>	26.11(0.46)	25.96(0.92)
<b>S-7</b>	25.20(0.77)	26.27(2.23)	26.95(0.60)	25.97(0.86)		24.15(1.37) <sup>i</sup>	25.91(1.54)	26.27(0.34) <sup>a</sup>	26.64(0.77) <sup>a</sup>
<b>S-8</b>	23.79(0.96)	24.90(1.31)	25.09(0.35)	23.59(0.96)		23.12(1.31)	24.57(0.87)	24.49(0.44)	24.04(0.70)

R1, One part Relief tray; ED, EXADENTURE ; AF, AFFINIS PRECIOUS light body; IG, Impregum Soft Medium Body ; AR, AROMA FINE PLUS NORMAL SET .

Means (SD), Values with different letters are significantly different for each sensor and time measurement ; P < 0.05

<sup>a</sup> P < 0.05 when compared to ED, <sup>b</sup> P < 0.05 when compared to AF, <sup>c</sup> P < 0.05 when compared to IG,

<sup>d</sup> P < 0.05 when compared to AR, <sup>e</sup> P < 0.05 when compared to ED and AF, <sup>f</sup> P < 0.05 when compared to ED and AR,

<sup>g</sup> P < 0.05 when compared to AF and IG, <sup>h</sup> P < 0.05 when compared to AF and AR, <sup>i</sup> P < 0.05 when compared to IG and AR,

<sup>j</sup> P < 0.05 when compared to ED and AF and IG, <sup>k</sup> P < 0.05 when compared to ED and AF and AR,

<sup>l</sup> P < 0.05 when compared to ED and IG and AR.

**Table 9** 10 秒後と 20 秒後における R2 での印象材間の印象圧 (kPa)

Sensor	After 10s				R2	After 20s			
	ED	AF	IG	AR		ED	AF	IG	AR
<b>S-1</b>	44.75(1.42) <sup>d</sup>	43.33(3.14) <sup>i</sup>	49.76(4.71) <sup>b</sup>	54.20(2.24) <sup>c</sup>		42.74(1.57) <sup>d</sup>	40.28(4.34) <sup>d</sup>	46.81(5.98)	53.05(2.17) <sup>e</sup>
<b>S-2</b>	46.92(1.56) <sup>h</sup>	39.34(2.72) <sup>l</sup>	45.35(3.13) <sup>h</sup>	51.85(1.56) <sup>j</sup>		46.53(1.64) <sup>h</sup>	37.45(2.47) <sup>l</sup>	44.58(3.87) <sup>h</sup>	51.93(1.48) <sup>j</sup>
<b>S-3</b>	43.77(1.31) <sup>b</sup>	39.36(0.52) <sup>l</sup>	42.96(1.31) <sup>b</sup>	43.68(1.05) <sup>b</sup>		43.58(0.87) <sup>b</sup>	38.06(1.31) <sup>l</sup>	42.46(2.27) <sup>b</sup>	44.42(1.31) <sup>b</sup>
<b>S-4</b>	41.97(3.44)	46.21(2.62) <sup>d</sup>	41.00(4.04)	38.05(1.65) <sup>b</sup>		41.20(4.11)	47.10(3.29) <sup>i</sup>	39.22(6.66) <sup>b</sup>	37.54(1.50) <sup>b</sup>
<b>S-5</b>	28.20(4.88)	30.66(0.94)	27.01(2.05)	27.55(2.91)		27.41(4.28)	30.62(1.46)	26.55(2.31)	27.24(2.65)
<b>S-6</b>	29.88(0.46)	29.93(2.04)	30.48(1.95)	28.50(1.11)		29.85(0.37)	29.79(2.69)	30.58(1.58)	29.23(1.21)
<b>S-7</b>	27.28(1.63)	27.99(1.03)	29.03(0.77)	28.94(1.28)		27.24(1.54)	26.98(2.23)	28.59(1.11)	29.55(1.54)
<b>S-8</b>	26.27(1.05)	26.73(1.84)	26.59(1.05)	26.12(1.14)		26.02(0.52)	25.86(2.19)	26.43(1.22)	26.63(1.22)

R2, Two part Relief tray; ED, EXADENTURE ; AF, AFFINIS PRECIOUS light body; IG, Impregum Soft Medium Body ; AR, AROMA FINE PLUS NORMAL SET .

Means (SD), Values with different letters are significantly different for each sensor and time measurement ; P < 0.05

<sup>a</sup>P < 0.05 when compared to ED, <sup>b</sup>P < 0.05 when compared to AF, <sup>c</sup>P < 0.05 when compared to IG,

<sup>d</sup>P < 0.05 when compared to AR, <sup>e</sup>P < 0.05 when compared to ED and AF, <sup>f</sup>P < 0.05 when compared to ED and AR,

<sup>g</sup>P < 0.05 when compared to AF and IG, <sup>h</sup>P < 0.05 when compared to AF and AR, <sup>i</sup>P < 0.05 when compared to IG and AR,

<sup>j</sup>P < 0.05 when compared to ED and AF and IG, <sup>k</sup>P < 0.05 when compared to ED and AF and AR,

<sup>l</sup>P < 0.05 when compared to ED and IG and AR.

**Table 10** 20 秒後における各種個人トレーを用いた際の ED の印象圧 (kPa)

Sensor	NR	R1	R2
<b>S-1</b>	79.63 (9.05) <sup>e</sup>	47.15 (3.96) <sup>a</sup>	42.74 (1.57) <sup>a</sup>
<b>S-2</b>	47.88 (3.46)	51.23 (3.05)	46.53 (1.64)
<b>S-3</b>	34.11 (4.28) <sup>e</sup>	39.29 (2.36) <sup>a</sup>	43.58 (0.87) <sup>a</sup>
<b>S-4</b>	37.72 (2.99)	36.05 (1.87)	41.20 (4.11)
<b>S-5</b>	29.24 (3.42)	32.64 (4.19)	27.41 (4.28)
<b>S-6</b>	20.10 (3.99) <sup>e</sup>	25.33 (1.11) <sup>d</sup>	29.85 (0.37) <sup>c</sup>
<b>S-7</b>	17.40 (4.28) <sup>e</sup>	24.15 (1.37) <sup>a</sup>	27.24 (1.54) <sup>a</sup>
<b>S-8</b>	17.13 (4.11) <sup>e</sup>	23.12 (1.31) <sup>a</sup>	26.02 (0.52) <sup>a</sup>

NR, No Relief tray; one-part relief tray; R2, two-part relief tray.

Means (SD), Values with different letters are significantly different for each sensor ; P < 0.05

<sup>a</sup>P < 0.05 when compared to NR, <sup>b</sup>P < 0.05 when compared to R2,

<sup>c</sup>P < 0.05 when compared to NR and R1, <sup>d</sup>P < 0.05 when compared to NR and R2, <sup>e</sup>P < 0.05 when compared to R1 and R2

**Table 11** 20 秒後における各種個人トレーを用いた際の AF の印象圧 (kPa)

Sensor	NR	R1	R2
<b>S-1</b>	<b>80.04 (8.75)</b> <sup>e</sup>	<b>40.37 (7.26)</b> <sup>a</sup>	<b>40.28 (4.34)</b> <sup>a</sup>
<b>S-2</b>	<b>49.73 (4.77)</b> <sup>b</sup>	<b>45.79 (3.95)</b> <sup>b</sup>	<b>37.45 (2.47)</b> <sup>c</sup>
<b>S-3</b>	<b>32.67 (3.32)</b> <sup>e</sup>	<b>39.24 (2.62)</b> <sup>a</sup>	<b>38.06 (1.31)</b> <sup>a</sup>
<b>S-4</b>	<b>32.51 (5.83)</b> <sup>b</sup>	<b>37.69 (3.52)</b> <sup>b</sup>	<b>47.10 (3.29)</b> <sup>c</sup>
<b>S-5</b>	<b>30.84 (3.00)</b>	<b>29.24 (3.00)</b>	<b>30.62 (1.46)</b>
<b>S-6</b>	<b>18.98 (1.39)</b> <sup>e</sup>	<b>27.52 (1.21)</b> <sup>a</sup>	<b>29.79 (2.69)</b> <sup>a</sup>
<b>S-7</b>	<b>18.48 (1.80)</b> <sup>e</sup>	<b>25.91 (1.54)</b> <sup>a</sup>	<b>26.98 (2.23)</b> <sup>a</sup>
<b>S-8</b>	<b>17.95 (0.96)</b> <sup>e</sup>	<b>24.57 (0.87)</b> <sup>a</sup>	<b>25.86 (2.19)</b> <sup>a</sup>

NR, No Relief tray; one-part relief tray; R2, two-part relief tray.

Means (SD), Values with different letters are significantly different for each sensor ; P < 0.05

<sup>a</sup>P < 0.05 when compared to NR, <sup>b</sup>P < 0.05 when compared to R2,

<sup>c</sup>P < 0.05 when compared to NR and R1, <sup>d</sup>P < 0.05 when compared to NR and R2, <sup>e</sup>P < 0.05 when compared to R1 and R2

**Table 12** 20 秒後における各種個人トレーを用いた際の IG の印象圧 (kPa)

Sensor	NR	R1	R2
<b>S-1</b>	<b>56.63 (2.47)</b> <sup>b</sup>	<b>59.89 (2.47)</b> <sup>b</sup>	<b>46.81 (5.98)</b> <sup>c</sup>
<b>S-2</b>	<b>45.28 (2.71)</b>	<b>45.24 (1.65)</b>	<b>44.58 (3.87)</b>
<b>S-3</b>	<b>40.25 (0.70)</b>	<b>40.88 (0.44)</b>	<b>42.46 (2.27)</b>
<b>S-4</b>	<b>37.93 (1.65)</b>	<b>42.24 (1.87)</b>	<b>39.22 (6.66)</b>
<b>S-5</b>	<b>25.84 (1.20)</b>	<b>25.37 (1.71)</b>	<b>26.55 (2.31)</b>
<b>S-6</b>	<b>23.30 (1.67)</b> <sup>e</sup>	<b>26.11 (0.46)</b> <sup>d</sup>	<b>30.58 (1.58)</b> <sup>c</sup>
<b>S-7</b>	<b>23.56 (0.68)</b> <sup>e</sup>	<b>26.27 (0.34)</b> <sup>a</sup>	<b>28.59 (1.11)</b> <sup>a</sup>
<b>S-8</b>	<b>23.87 (0.87)</b> <sup>b</sup>	<b>24.49 (0.44)</b> <sup>b</sup>	<b>26.43 (1.22)</b> <sup>c</sup>

NR, No Relief tray; one-part relief tray; R2, two-part relief tray.

Means (SD), Values with different letters are significantly different for each sensor ; P < 0.05

<sup>a</sup>P < 0.05 when compared to NR, <sup>b</sup>P < 0.05 when compared to R2,

<sup>c</sup>P < 0.05 when compared to NR and R1, <sup>d</sup>P < 0.05 when compared to NR and R2, <sup>e</sup>P < 0.05 when compared to R1 and R2

**Table 13** 20 秒後における各種個人トレーを用いた際の AR の印象圧 (kPa)

Sensor	NR	R1	R2
<b>S-1</b>	<b>74.90 (10.10)</b> <sup>e</sup>	<b>49.14 (3.44)</b> <sup>a</sup>	<b>53.05 (2.17)</b> <sup>a</sup>
<b>S-2</b>	<b>45.81 (3.05)</b> <sup>b</sup>	<b>47.89 (1.89)</b> <sup>b</sup>	<b>51.93 (1.48)</b> <sup>c</sup>
<b>S-3</b>	<b>29.47 (2.45)</b> <sup>e</sup>	<b>39.82 (1.14)</b> <sup>d</sup>	<b>44.42 (1.31)</b> <sup>c</sup>
<b>S-4</b>	<b>38.42 (1.94)</b>	<b>36.72 (2.47)</b>	<b>37.54 (1.50)</b>
<b>S-5</b>	<b>32.98 (2.82)</b> <sup>b</sup>	<b>28.52 (3.17)</b>	<b>27.24 (2.65)</b> <sup>a</sup>
<b>S-6</b>	<b>18.27 (1.67)</b> <sup>e</sup>	<b>25.96 (0.92)</b> <sup>d</sup>	<b>29.23 (1.21)</b> <sup>c</sup>
<b>S-7</b>	<b>17.24 (1.97)</b> <sup>e</sup>	<b>26.64 (0.77)</b> <sup>d</sup>	<b>29.55 (1.54)</b> <sup>c</sup>
<b>S-8</b>	<b>16.75 (1.75)</b> <sup>e</sup>	<b>24.04 (0.70)</b> <sup>d</sup>	<b>26.63 (1.22)</b> <sup>c</sup>

NR, No Relief tray; one-part relief tray; R2, two-part relief tray.

Means (SD), Values with different letters are significantly different for each sensor ; P < 0.05

<sup>a</sup>P < 0.05 when compared to NR, <sup>b</sup>P < 0.05 when compared to R2,

<sup>c</sup>P < 0.05 when compared to NR and R1, <sup>d</sup>P < 0.05 when compared to NR and R2, <sup>e</sup>P < 0.05 when compared to R1 and R2