

下顎無歯顎顎堤における歯槽頂部骨密度および印象圧の検討

日本大学大学院松戸歯学研究科 顎口腔機能治療学専攻
井上 紗由美

(指導：川良 美佐雄 教授)

I 【Abstract】

II 【緒言】

III 【方法および材料】

実験 1：CT 画像による無歯顎下顎骨における顎骨高さと歯槽頂部骨密度との関連

1. 検討された画像
2. 画像解析
3. 統計解析

実験 2：トレーデザインおよび印象材の違いが下顎無歯顎顎堤の印象圧へ及ぼす影響

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

IV 【結果】

実験 1：CT 画像による無歯顎下顎骨における顎骨高さと歯槽頂部骨密度との関連

実験 2：トレーデザインおよび印象材の違いが下顎無歯顎顎堤の印象圧へ及ぼす影響

1. Exadenture
2. Affinis precious light body
3. Impregum soft medium body
4. Aroma fine plus normal set

V 【考察】

VI 【結論】

VII 【参考文献】

VIII 【図と表】

I 【Abstract】

< Objective >

In edentulous patients, progression of bone resorption in the mandible is markedly than in the maxilla, and there are diverse changes in the ridges of an edentulous mandible. The present study applied CT values obtained from MDCT images of participants with an edentulous mandible, and investigated cortical bone density in the residual ridge crest corresponding to the molar region. In addition, the influences of differences in tray design and impression material on impression pressure in a clinical edentulous mandible simulation model was investigated.

< Material and methods >

Research 1 :

A total of 194 bilateral MDCT images from 97 individuals with an edentulous mandible were selected for analysis. The residual ridge ratio (RRR), the CT values at the residual ridge crest, and the CT values at the lowest point of the mandible were measured from MDCT images at molar region. RRR was classified into the three groups (Group 1: >2.0, Group 2: 1.5–2.0, Group 3: <1.5). Bone density at the residual ridge crest was evaluated by calculating the ratio of the CT value at the lowest point of the mandible and the CT value of the residual ridge crest (“ratio of CT values”). The relationship between the height of the residual ridge and the bone density of the residual ridge crest was evaluated by ratio of CT values.

Research 2 :

Two types of polyvinylsiloxane elastomer, one type of polyether elastomer, and one type of alginate were used. Three types of tray under different relief set as no relief, 0.36 mm of relief, and 1.4 mm of relief with or without escape hole conditions. Impression pressure measured from the median alveolar crest, the bilateral alveolar crests corresponding to molars, and the bilateral buccal shelves.

< Result and discussion >

Research 1 :

Median ratio of CT values was 0.62 in Group 1, 0.70 in Group 2, and 0.84 in Group 3, indicating significant differences between all 3 groups ($p < 0.05$). The correlation coefficient for RRR and residual ridge crest bone density was -0.54 in males and -0.55 in females, implying a moderate correlation for both males and females.

Research 2 :

Significant effects on the factors of tray design and position of sensors were seen in impression pressure. In the trays without escape holes, the impression pressure at median alveolar crest was highest and at buccal shelves was lowest in all impression materials.

However, no significant effects on the factors of impression material were seen.

< Conclusion >

The present results suggest a negative correlation between residual bone height and the bone density of the edentulous mandibular ridge crest. Therefore, it is necessary to devise a tray design when making impressions of the edentulous mandible.

II 【緒言】

全部床義歯において、義歯に加わる機能圧は顎堤が負担する。下顎は上顎と比較して機能圧負担域が小さく、単位面積当たりの負担が大きい。下顎は歯の喪失後、様々な要因により顎堤形態が変化することが報告されている^{1,2)}。Atwood は、上顎の顎堤吸収は歯の喪失後約 3 年にわたり進行し 3 年目以降は骨吸収をほとんど認めないが、下顎は歯の喪失から 3 年目以降も顎堤の吸収が起こることを報告している²⁾。また、義歯の装着が下顎の顎堤吸収の一因となることが報告されている²⁻⁴⁾。顎堤の損失を抑制するうえで、義歯装着時に機能圧を負担する下顎骨歯槽頂部の骨質を検討することは有用であると考えられる。骨質を表す尺度のひとつとして骨密度がある。顎骨骨密度については、computed tomography (以下 CT) 画像を用いた研究が過去に複数報告されている⁵⁻⁷⁾。また CT 値を用いて骨密度を評価した報告がいくつか存在する^{8,9)}。しかしながら、下顎骨臼歯相当部における歯槽頂部の皮質骨における骨密度を、multidetector computed tomography (以下 MDCT) を用いて検討した報告は認めない。無歯顎下顎骨臼歯相当部における歯槽頂部の皮質骨を検討することは義歯装着者における顎堤保全の一助になると考えられる。

無歯顎顎堤の印象採得は無圧印象、加圧印象、選択的加圧印象に分類される¹⁰⁻¹³⁾。Hyde らは選択的加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患者満足度が高かったと報告している¹¹⁾。また選択的加圧印象法は無歯顎顎堤の印象採得の方法として最良の方法であるとされている¹⁰⁾。これらの報告は、選択的加圧印象における印象時のトレー内にかかる圧力を部位別に検討することは有用であることを示唆している。これまでに無歯顎における印象圧を検討した論文はいくつか存在する¹⁴⁻¹⁹⁾。Frank らは上顎無歯顎における印象圧を検討し、トレーのデザインによって印象圧が変化することを報告している¹⁴⁾。Iwasaki らは被圧変位性を有する上顎無歯顎シミュレーションモデルを用いて印象圧を検討し、リリースによってトレー内部印象圧が均等化することを示唆している¹⁹⁾。一方、印象時のトレーデザインはトレー内部印象圧に有意な影響を及ぼさないという報告も見られる^{16,18)}。これらの報告は術者が加圧もしくは無圧とする部位を選択できる可能性を示唆している。しかしながら全部床義歯製作における印象採得時のトレーデザインおよび選択的加圧印象の具体的な術式は確立されていない。とくに、下顎無歯顎において歯槽頂部と頬棚にかかる印象圧を検討した報告は少ない¹⁸⁾。

本研究では、まず CT 画像を用いて無歯顎下顎骨臼歯部における歯槽頂部皮質骨の性状を調査した。そして、選択的加圧印象法の確立を目的として下顎無歯顎シミュレーションモデルを用いて印象圧の検討を行った。これらの研究結果は、下顎無歯顎の顎堤における選択的加圧印象法の術式の指針となり、顎堤吸収の抑制に貢献すると思われる。

Ⅲ【材料と方法】

実験 1：CT 画像による無歯顎下顎骨における顎骨高さと歯槽頂部骨密度との関連

1. 検討された画像

日本大学松戸歯学部附属病院において 2006 年 4 月から 2013 年 4 月の期間に検査として CT 撮像を行った下顎が無歯顎の 103 名（男性 49 名，女性 54 名，65 歳～93 歳，平均 76.2 歳）における左右 206 側の CT 画像を対象とした後向き研究を行った。エックス線 CT 画像は MDCT 装置である Aquilion 64（東芝メディカルシステムズ社，大田原，Japan）を用いて管電圧 120kV，管電流 100mA，スライス厚 0.3 mm の撮像条件にて撮像された。除外基準は，顎口腔領域において顎骨に外傷の既往を有する者，顎変形症等により著しく形態的左右差を有する者，骨吸収が著しく，下顎管が下顎骨上縁に達している画像とした。また，CT 撮像時の位置づけが明らかにずれていると思われる画像は計測対象から除外した。最終的に男性 47 名（ 75.2 ± 6.2 歳），女性 50 名（ 76.7 ± 7.1 歳）の 97 名における左右 194 側の CT 画像を解析対象とした。本研究は日本大学松戸歯学部倫理委員会の承認を得ている（承認番号 13-017）。

2. 画像解析

画像の解析には画像解析ソフト（ZIO station, ZIOSOFT 社，東京，Japan）を用いた。断面は歯列直行断面を用い，測定する画像は機能圧が最もかかるとされる第一大臼歯相当部とした。オトガイ孔は第二小臼歯直下に位置し，第二小臼歯の歯冠近遠心幅径が約 7mm であることから，オトガイ孔から 10mm 遠心を第一大臼歯相当部とし画像を解析した（Fig. 1）。第一大臼歯相当部における画像の歯槽頂部と下顎骨最下点部の CT 値を測定部位とした（Fig. 2）。歯槽頂部と下顎骨最下点部は計測誤差を避けるため 5 名の補綴専門医が CT 画像にて決定した。CT 画像上に決定された歯槽頂部と下顎骨最下点部に 1mm^2 の関心領域 (ROI) を設定し，各 ROI における CT 値を CT 画像から求め，平均値を算出した。オトガイ孔と下顎骨下縁との距離は下顎骨の骨吸収による影響が少ないことから²⁰⁾，顎骨高さの指標は Sofat ら²¹⁾の報告を参考に各 CT 画像よりオトガイ孔下縁－下顎骨下縁間距離，下顎骨下縁－下顎骨上縁間距離を測定し，この距離の比率を残遺歯槽堤残存率（Residual ridge ratio:RRR）として算出した。

算出した RRR から，測定部位における顎骨吸収の程度によって CT 画像を 3 群 (Group1: >2.0 ，Group2: $1.5 \sim 2.0$ ，Group3: <1.5) に分類した (Fig. 3)。顎堤の歯槽頂部における骨密度の評価は，下顎骨最下点部 CT 値に対する歯槽頂部 CT 値の相対比率を算出し，歯槽頂部 CT 値相対比率 (ratio of CT values) とした。

3. 統計解析

RRR，下顎骨最下点部 CT 値，歯槽頂部 CT 値相対比率について男女それぞれで比較検討した。RRR と歯槽頂部 CT 値相対比率との相関を男女ごとに検討した。さらに，年齢と RRR および歯槽頂部 CT 値相対比率との相関関係を男女ごとに検討した。

3群間における RRR, 歯槽頂部 CT 値相対比率, 下顎骨最下点部 CT 値の比較は, Bonferroni の多重比較を用いた。RRR, 歯槽頂部 CT 値相対比率, 下顎骨最下点部 CT 値における男女差は, Mann-Whitney の U 検定を用いた。また, RRR と歯槽頂部 CT 値相対比率との相関, 年齢と RRR および歯槽頂部 CT 値相対比率との相関は Spearman の順位相関係数を用いた。全ての検討において, 有意水準は 5%とした。

実験 2: トレーデザインおよび印象材の違いが下顎無歯顎顎堤の印象圧へ及ぼす影響

1. シミュレーション模型

下顎無歯顎石膏模型は, 既製品の石膏模型 (MAP-34, NISSIN, Kyoto) を用いた。石膏模型の表面を歯槽頂部は 2mm, それ以外の部位は 1.5mm を粘膜の厚径分として削合後²²⁾, 直径 3.5mm, 厚さ 0.65mm の小型圧力センサ (PSM-2KAB, Kyowa Electronic Instruments Co, Tokyo) を正中歯槽頂部 (S1), 両側大白歯相当部の歯槽頂部 (右側 S2, 左側 S3), 両側頬棚 (右側 S4, 左側 S5) の 5 か所に設置した (Fig. 4)。擬似粘膜には義歯床用長期弾性裏装材 (Sofreliner tough supersoft, Tokuyama Dental, Tokyo) を用いた。

2. 印象材

使用した印象材を Table 1 に示す。2 種類の Polyvinylsiloxane (PVS) elastomers, 1 種類の Polyether elastomer, 1 種類の Alginate を用いた。2 種類の PVS は, Kawara らの報告を参考に中等度の貯蔵弾性率を有する Exadenture (ED), 低い貯蔵弾性率を有する Affinis precious light body (AF) を選択した²³⁾。Polyether elastomer には Impregum soft medium body (IG) を選択した。Alginate には Aroma fine plus normal set (AR) を用いた。練和方法は製造会社の指示に従った。

3. トレー

リリース, 通路の条件が異なる 6 種類のトレーを, 常温重合レジン (Ostron II, GC, Tokyo) を用いて製作した。リリースは歯槽頂部において前歯部を幅 4mm, 臼歯部を幅 6mm にわたって覆うように設定した。リリース条件はリリースなし (R0), シートワックスを用いてリリースした 0.36mm (R0.36), パラフィンワックスを用いてリリースした 1.4mm (R1.4) とした。3 種類のリリース条件にて製作したトレーにラウンドバーを用いて直径 2.3mm の通路を設定した。通路は S1, S2, S3 相当部 3 か所に付与したもの (V), 付与しないものの 2 種類を設定した。3 種類のリリース条件, 2 種類の通路条件による合計 6 種類のトレー条件を用いて測定した (Fig. 5)。

4. 測定方法

荷重負荷装置は, Iwasaki らの方法を参考にデンタルサバイヤー (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圧子を用いた²⁹⁾。シミュレーション模型は, 仮想咬合平面が水平になるように模型台に固定した。

練和は, 室温 $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$, 湿度 $50 \pm 5\%$ の条件下で行った。4 種類の印象材, 6 種類のトレ

一条件による、合計 24 種類の条件下においてそれぞれ 5 回ずつ測定した。各印象材の練和時間と操作時間は合計 60 秒とし、練和直後に圧接を開始した。印象材は、可及的に均等になるようにトレーに注入した。Komiyama らの報告を参考に、圧接開始から 120 秒後における各測定部位の圧力値を印象圧として測定した²⁷⁾。

5. データ解析

各圧力センサの測定値は、サンプリングスピード 10Hz にてセンサインタフェース (PCD-300A, Kyowa Electronic Instruments Co, Tokyo) を介し PC 上に保存した。各センサにおける圧力値 (kPa) は、換算式を用い求めた。各印象材で 6 種類のトレーごとに 5 回ずつ測定し平均値を求めた。印象材ごとの各圧力センサの測定開始 120 秒後の測定値を比較した。統計解析には 3 元配置分散分析を用い、その後の多重比較は Scheffe 検定を行った。有意水準は 5% とした。全ての統計分析は統計解析ソフト (Dr. SPSS II for Windows, IBM, Tokyo) を用いた。

IV 【結果】

実験 1 : CT 画像による無歯顎下顎骨における顎骨高さ と 歯槽頂部骨密度 と の 関 連

RRR により分類した各グループにおける男女別構成を Table 2 に示す。Fig. 6 はグループ 1 とグループ 3 における無歯顎下顎骨の 3D 再構築画像の一例を示す。

Fig. 7 は 3 群間における RRR, 下顎骨最下点部 CT 値, 歯槽頂部 CT 値相対比率の測定値および性差を示す。RRR は, Group1 では男性は 2.19 (n = 9), 女性は 2.09 (n = 15), Group2 では男性は 1.71 (n = 46), 女性は 1.69 (n = 30), Group3 では男性は 1.35 (n = 39), 女性は 1.24 (n = 55) であった。Group1 および Group3 の男性における RRR は, 女性と比較して有意に高い値を示した ($p < 0.05$)。下顎骨最下点部 CT 値の中央値は, Group1 では男性は 1634.2 (n = 9), 女性は 1854.5 (n = 15), Group2 では男性は 1673.4 (n = 46), 女性は 1759.6 (n = 30), Group3 では男性は 1716.2 (n = 39), 女性は 1731.0 (n = 55) であった。男性における下顎骨最下点部 CT 値は 3 群間で有意差を認めなかった。Group1 および Group2 における女性の下顎骨最下点部 CT 値は, 男性と比較して有意に高かった ($p < 0.05$)。歯槽頂部 CT 値相対比率の中央値は, Group1 では男性は 0.51 (n = 9), 女性は 0.63 (n = 15), Group2 では男性は 0.64 (n = 46), 女性は 0.75 (n = 30), Group3 では男性は 0.78 (n = 39), 女性は 0.90 (n = 55) であった。男女ともに全群間において有意差が認められた ($p < 0.05$)。Group3 における女性の歯槽頂部 CT 値相対比率は, 男性と比較して有意に高かった ($p < 0.05$)。

Fig. 8 は RRR と 歯槽頂部 CT 値相対比率 と の 相 関 関 係 を 示 す。RRR と 歯槽頂部 CT 値相対比率 と の 相 関 係 数 は 男 性 が - 0.54, 女 性 が - 0.55 で あ っ た。男 女 と も に RRR と 歯槽頂部 CT 値相対比率 に 有 意 な 負 の 相 関 関 係 を 認 め た ($p < 0.05$)。

Fig. 9 は年齢と RRR および歯槽頂部 CT 値相対比率 と の 相 関 関 係 を 示 す。男 性 で は 年 齢

と RRR および歯槽頂部 CT 値相対比率との間に有意な相関関係を認めなかった。一方女性は年齢と RRR との相関係数が -0.28 、年齢と歯槽頂部 CT 値相対比率との相関係数が 0.24 となり有意な相関関係を認めた ($p < 0.05$)。

実験 2：トレーデザインおよび印象材の違いが下顎無歯顎顎堤の印象圧へ及ぼす影響

Table 3 は 3 元配置分散分析の結果を示す。印象材の種類、トレーデザイン、センサー位置の 3 因子間における圧力値の影響を検討した結果、トレーデザインとセンサー位置の 2 因子が有意な影響因子であった ($p < 0.05$) (Table 3)。印象材の種類は影響因子ではなかった。印象材の違い、トレーデザインおよびセンサーの位置の間に交互作用を認めたため、これらのデータについて Scheffe 検定を用いて多重比較を行った。

1. ED

Fig. 10A は ED における各センサーの圧力値の比較を示す。R0, R0.36 のトレーにおける圧力値は S1 が最も高く S4, S5 が最も低かった。R1.4 のトレーにおける圧力値はすべてのセンサー間において有意差を認めなかった。R0V, R0.36V, R1.4V のトレーにおける圧力値は S1, S2, S3 と比較して S4, S5 で有意に高かった ($P < 0.05$)。R1.4 のトレーにおける圧力値はすべてのセンサー間において有意差を認めなかった。

2. AF

Fig. 10B は AF における各センサーの圧力値の比較を示す。R0, R0.36 のトレーにおける圧力値は他のセンサーと比較して S1 が最も高かった。R1.4 のトレーにおける圧力値は S1 が最も高く、他のセンサー間では有意差を認めなかった。R0V, R0.36V のトレーにおける S1 の圧力値は他のセンサーと比較して有意に高かった ($P < 0.05$)。R1.4V のトレーにおける圧力値は S1, S2, S3 と比較して S4, S5 で有意に高かった ($P < 0.05$)。

3. IG

Fig. 10C は IG における各センサーの圧力値の比較を示す。R0, R0.36 のトレーにおける圧力値は S1 が最も高く S4, S5 が最も低かった。R1.4 のトレーにおける圧力値は S1, S2, S3 と比較して S4, S5 で有意に高かった ($P < 0.05$)。R0V, R0.36V, R1.4V のトレーにおける圧力値は S1, S2, S3 と比較して S4, S5 で有意に高かった ($P < 0.05$)。

4. AR

Fig. 10D は AR における各センサーの圧力値の比較を示す。R0, R0.36 のトレーにおける S1 の圧力値は他のセンサーと比較して有意に高かった ($P < 0.05$)。R1.4 のトレーにおける圧力値は S1, S2, S3 と比較して S4, S5 で有意に高かった ($P < 0.05$)。R0V のトレーではすべてのセンサー間で圧力値に有意差を認めなかった。R0.36V, R1.4V のトレーにおける圧力値は S1, S2, S3 と比較して S4, S5 で有意に高かった ($P < 0.05$)。

V【考察】

実験 1：CT 画像による無歯顎下顎骨における顎骨高さと歯槽頂部骨密度との関連

下顎骨最下点部 CT 値は 3 群間で有意差は認めなかった。歯槽頂部 CT 値相対比率の中央値は 3 群間において有意差が認められ、顎骨高さが高いほど CT 値は低下した。また残遺歯槽堤残存率と歯槽頂部 CT 値相対比率に有意な負の相関関係を認めた。CT 値は骨密度に相当していることから^{8,9)}、下顎大臼歯相当部において顎骨高さが高いほど歯槽頂部骨密度は低下することが示唆された。歯槽部は歯が植立していた部分であり、歯牙喪失後は吸収が著しい。一方、基底部は骨吸収の影響をあまり受けないとされており²⁴⁾、本研究においても同様に下顎下縁部の皮質骨の CT 値は RRR による有意差を認めなかった。

また Group1 および Group3 の男性における RRR は、女性と比較して有意に高い値を示した。下顎骨最下点部 CT 値では、Group1 および Group2 において女性が男性と比較して有意に高い CT 値を示した。歯槽頂部 CT 値相対比率では、Group3 においてのみ有意差が認められ、女性が有意に高かった。この結果から、男性は女性と比較して顎堤の残存率が高く、歯槽頂部の骨密度が低い傾向を認めた。Fanghänel らは、下顎骨歯槽部の吸収は上顎と比較して大きく、特に女性において変化が著しいと報告している²⁵⁾。Atwood らは、女性の歯槽骨吸収は男性と比較して大きいと報告している²⁶⁾。これらの報告は、女性の歯槽骨の残存率は男性と比較して少なかったという本研究の結果とも一致している。Goldsmith らは、橈骨及び椎骨における骨密度を測定し、男性の方が女性より高いことを報告している²⁷⁾。本研究では下顎無歯顎者を対象としたこと、男性の顎骨の高さが女性と比較して高い傾向にあったことから、男性における歯槽頂部の骨密度は女性と比較して低い結果となったと考えられる。以上より、男性は顎骨の骨吸収の進行が遅く顎骨の高さが高い傾向にあるため、歯槽頂部の骨密度は女性と比較して低くなることが示唆された。

下顎無歯顎者において、臼歯部歯槽頂部は機能圧がかかりやすい。Atwood は、下顎の顎堤吸収は上顎と比較して著しく、年間 0.4mm ずつ顎堤吸収が継続して進行していたことを報告している²⁾。また Tallgren らは 25 年間の調査で下顎の顎堤吸収は継続して進行していることを報告している³⁾。下顎の顎堤が吸収するメカニズムはまだ明らかになっていないが、本研究の顎骨高さが高いほど歯槽頂部骨密度は低いという結果から、顎堤の状態が高く良好と思われる症例ほど、歯槽頂部の骨は骨密度が低いことが明らかとなった。したがって、歯の喪失後の骨吸収の進行を抑制するために、義歯の製作時に歯槽頂部をリリースするなど²⁸⁾、歯槽頂部に強い機能圧負担がかからないよう配慮することが望ましいと考える。しかしながら、上顎の残存歯数や義歯装着の有無については考慮していないため、それらによる影響の検討が今後必要である。

実験 2：トレーデザインおよび印象材の違いが下顎無歯顎顎堤の印象圧へ及ぼす影響

各センサーにおける印象圧は印象材による影響を認めなかった。リリースおよび通路を付与されていないトレー (R0) では、すべての印象材で、正中歯槽頂にかかると印象圧が最

も高く、頬棚にかかる印象圧は最も低かった。R0 と比較して、通路を付与した R0V では印象圧は均等化する傾向が認められたが、頬棚にかかる印象圧には変化を認めなかった。

0.36mm のリリーフ (R0.36) はトレー内の印象圧にあまり影響を及ぼさないが、通路を併用することで (R0.36V), ED, IG, AR において歯槽頂と比較して頬棚にかかる印象圧が高くなった。1.4mm のリリーフを付与したトレー (R1.4) では、IG と AR において歯槽頂と比較して頬棚にかかる印象圧が高くなった。また 1.4mm のリリーフと通路を併用することで (R1.4V), すべての印象材で、歯槽頂よりも頬棚にかかる印象圧が顕著に高くなった。印象圧への影響は、リリーフ厚さ 0.36mm よりも 1.4mm の方が大きく、さらに通路を付与しないトレーと比較して通路を付与したトレーにおいて顕著であった。

上顎無歯顎では、印象時に最も圧力がかかるのは中央であると報告されている^{15,19)}。これは、トレーの中央は印象材の流れ出る範囲が少なく圧力が集中したためと考えられ、下顎においても正中歯槽頂には同様に圧力が集中すると考えられる。Ahmad らは無歯顎下顎模型を用いて異なるトレーデザインおよび印象材による印象圧の違いを頬棚と正中歯槽頂について検討した結果、頬棚と比較して正中歯槽頂の方が印象圧が高くなったと報告している¹⁸⁾。本研究の結果も R0 のトレーではすべての印象材で正中歯槽頂部は最も印象圧が高く、頬棚が最も印象圧が低いことを示している。これは、歯槽頂の幅が狭く、面積が少ないことから単位面積当たりの圧力が高くなることが考えられる。

Iwasaki らは、上顎無歯顎シミュレーション模型を用い、リリーフの厚みの違いによるトレー内の圧力動態を検討した報告で、リリーフを付与することで印象圧は均等化することを述べた¹⁹⁾。また Komiyama らは、上顎無歯顎印象時の通路とリリーフの影響を調査した結果、通路とリリーフのないトレーでは、印象圧は口蓋の方が歯槽頂と比較して高かったが、口蓋正中に通路やリリーフを付与することで印象圧の高さが逆転し、歯槽頂の印象圧が口蓋と比較して高くなったとしている¹⁷⁾。本研究においても、すべての印象材において 1.4mm のリリーフと通路を歯槽頂に付与することで歯槽頂よりも頬棚にかかる印象圧が顕著に高くなった。本検討から、リリーフの厚さが増加することで下顎歯槽頂付近に印象材が流れるスペースが大きくなり、下顎歯槽頂における印象圧が減少することが示唆された。また、さらに通路を付与することにより、歯槽頂の圧力がさらに減少し頬棚への印象圧が増加することが明らかとなった。下顎においてはリリーフおよび通路を付与することで頬棚への加圧も同時にできることが示唆された。

一方、印象材の種類によって印象圧は変化するという報告もある¹⁸⁾。Ahmad らは粘度の低い印象材が下顎無歯顎の印象採得に適しているとしている¹⁸⁾。しかしながら、Ahmad らはリリーフを、頬小帯、レトロモラーパッドを除いた下顎全体に施しており、また圧力トランスデューサーと通路の位置関係も本研究とは異なる¹⁸⁾。本研究では統計解析の結果、Table 3 に示すようにトレーデザインとセンサー位置の 2 因子において有意差を認めたが印象材の違いについては有意差を認めなかった。Iwasaki らは上顎無歯顎における印象圧を検討し、貯蔵弾性率の高い印象材と比較して貯蔵弾性率の低い印象材でリリーフによる緩圧

効果が得られたことを報告している¹⁹⁾。本研究は下顎無歯顎における印象圧を対象としており、上顎と比較してトレー面積が狭いことから印象材よりもトレー形態による影響が大きくなったと考えられる。しかしながら、本研究ではセンサーの位置、印象材の種類、トレーデザインの間には相互作用を認めたことから、下顎無歯顎における選択的加圧印象法の確立のためには、さらなる臨床的な検討が今後必要である。

本研究は下顎無歯顎のシミュレーションモデルを用いたが、臨床において下顎の顎堤形態は一様ではない。また、通路の直径の相違による印象圧について検討をすることでより良い選択的加圧印象法につながると思われる。

以上より、下顎無歯顎における選択的加圧印象においては印象材の種類にかかわらず厚さ 1.4mm のリリーフおよび通路を併用したトレーを用いることで歯槽頂部の印象圧を減じ、頬棚により機能圧を負担させる圧力分布が得られることが示唆された。

VI 【結論】

実験 1 の結果から、無歯顎下顎骨の臼歯部において、顎堤の状態が良好な症例ほど歯槽頂部の骨密度が低いことが明らかとなった。歯の喪失後の骨吸収の進行を抑制するために、義歯製作時に歯槽頂部に強い機能圧負担がかからないよう配慮することが望ましいと考えられる。実験 2 の結果から、厚さ 1.4mm のリリーフと通路を併用することで、歯槽頂は減圧され頬棚は加圧される選択的加圧印象法が確実となることが明らかとなった。これにより歯槽頂部にかかる機能圧負担を軽減することが可能となる。

これらの結果は下顎無歯顎の義歯装着による顎堤高さの損失の抑制に貢献すると思われる。

VII 【参考文献】

- 1) Atwood DA. Postextraction changes in the adult mandible as illustrated by microradiographs of midsagittal sections and serial cephalometric roentgenograms. *J Prosthet Dent.* 1963; 13: 810-24.
- 2) Atwood DA. Reduction of residual ridges: A major oral disease entity. *J Prosthet Dent.* 1971; 26(3): 266-79.
- 3) Tallgren A. The continuing reduction of the residual alveolar ridges in complete denture wearers: a mixed-longitudinal study covering 25 years. *J Prosthet Dent.* 1972; 27: 120-32.
- 4) Ozan O, Orhan K, Aksoy S, Icen M, Bilecenoglu B, Sakul BU. The effect of removable partial dentures on alveolar bone resorption: a retrospective study with Cone-Beam computed tomography. *J Prosthodont.* 2013; 22: 42-8.
- 5) Bassi F, Procchio M, Fava C, Schierano G, Preti G. Bone density in human dentate and edentulous mandibles using computed tomography. *Clin Oral Implants Res.* 1999; 10: 356-61.
- 6) Matsuura T, Mizumachi E, Katafuchi M, Tokutomi K, Kido H, Matsuura M, Sato H. Sex related Differences in Cortical and Trabecular Bone Quantities at the Mandibular Molar. *Journal of Hard Tissue Biology.* 2014; 23(2): 267-74.
- 7) Naitoh M, Takada S, Kurosu Y, Inagaki K, Mitani A, Arijji E. Relationship between findings of mandibular cortical bone in inferior border and bone mineral densities of lumbar vertebrae in postmenopausal women. *Okajimas Folia Anatomica Japonica.* 2014; 91(3): 49-55.
- 8) Stoppie N, Pattijn V, Van Cleynenbreugel T, Wevers M, Vander Sloten J, Ignace N. Structural and radiological parameters for the characterization of jawbone. *Clin Oral Implants Res.* 2006; 17(2): 124-33.
- 9) Shapurian T, Damoulis PD, Reiser GM, Griffin TJ, Rand WM. Quantitative evaluation of bone density using the Hounsfield index. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2006; 21: 290-7.
- 10) Weng BX, Khlevnoy V. Pressure control for complete denture impressions. *Oral Health* 1995; 85: 21-7.
- 11) 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.
- 12) Gupta A, Singhal P, Negi P. Selective Pressure Impression Technique: An Overview. *J of Evolution of Med and Dent Sci.* 2014; 29: 8110-4.
- 13) 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.

- 14) Frank RP. Analysis of pressures produced during maxillary edentulous impression procedures. *J Pros Dent*. 1969; 22: 400-13.
- 15) Rihani A. Pressure involved in making upper impressions. *J Prosthet Dent*. 1981; 46: 610-4.
- 16) Masri R, Driscoll CF, Burkhardt J, von Fraunhofer J, Romberg E. Pressure generated on a simulated oral analog by impression materials in custom trays of different designs. *J Prosthodont*. 2002; 11: 155-60.
- 17) 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.
- 18) Al-Ahmad, 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.
- 19) Iwasaki M, Kawara M, Inoue S, Komiyama O, Iida T, Asano T. Pressure dynamics in the trays caused by differences of the various impression materials and thickness of the relief in the maxillary edentulous model. *J Prosthodont Res*. 2016; 60: 123-30.
- 20) GABRIEL AC. Some anatomical features of the mandible. *J. Anat*. 1985; 92: 580-6.
- 21) Sofat A, Galhotra V, Gambhir RS, Garg SK. An Analysis of the Vertical Bone Loss in Edentulous Mandibles by Using the Mental Foramen as a Reference: A Radiographic Study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 2013; 7(7): 1508-10.
- 22) Jian D, Fei-Yu Z, Guang-Hui W, Wei Z, Jian Y. Measurement of Mucosal Thickness in Denture-bearing Area of Edentulous Mandible. *Chinese Medical Journal*. 2016; 128: 342-7.
- 23) Kawara M, Iwasaki M, Iwata Y, Komoda Y, Inoue S, Komiyama O, Suzuki H, Kuroki T, Hashizaki K. Rheological properties of elastomeric impression materials for selective pressure impression technique. *J Prosthodont Res*. 2015; 59: 254-61.
- 24) Taguchi A, Tsuda M, Ohtsuka M, Kodama I, Sanada M, Nakamoto T. Use of dental panoramic radiographs in identifying younger postmenopausal women with osteoporosis. *Osteoporos Int*. 2006; 17: 387-94.
- 25) Fanghänel J, Proff P, Dietze S, Bayerlein T, Mack F, Gedrange T. The morphological and clinical relevance of mandibular and maxillary bone structures for implantation. *Folia Morphol*. 2006; 65: 49-53.
- 26) Atwood DA, Coy WA. Clinical, cephalometric, and densitometric study of reduction of residual ridges. *J Prosthet Dent*. 1971; 26(3): 280-95.

- 27) Goldsmith NF, Johnston JO, Picetti G, Galcia C. Bone Mineral in the Radius and Vertebral Osteoporosis in an Insured Population. J Bone and Joint Surg. 1973; 55(6): 1276-93.
- 28) Boucher C. Complete denture impression based on the anatomy of the mouth. J Am Dent Assoc. 1944; 31: 1174-81.

VIII 【図と表】

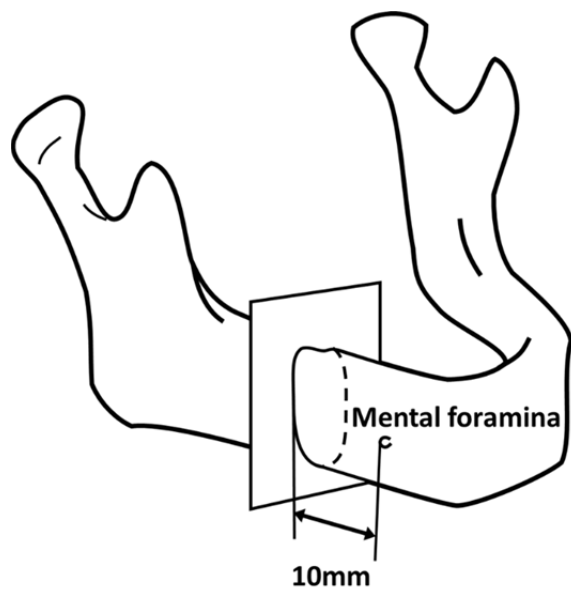


Fig. 1 CT value measurement sites 10 mm distal to the mental foramen.
(residual ridge crest and lowest point of the mandible)

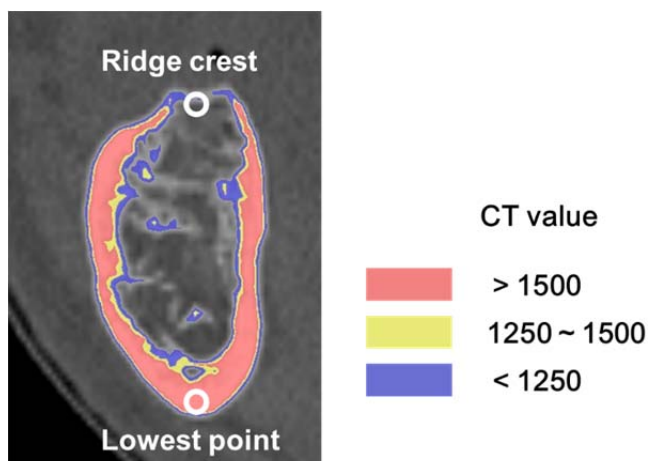


Fig. 2 Residual ridge crest and lowest point of the mandible

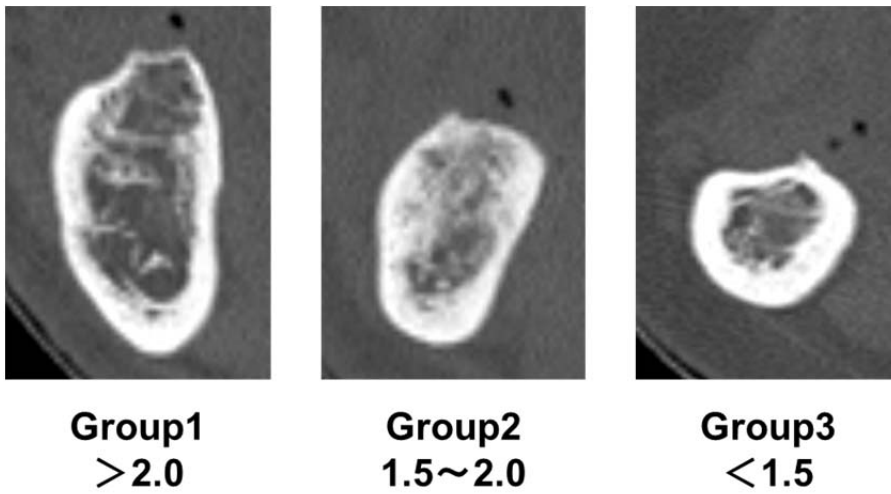


Fig. 3 Representative participant CT images in each group classified according to residual ridge ratio.

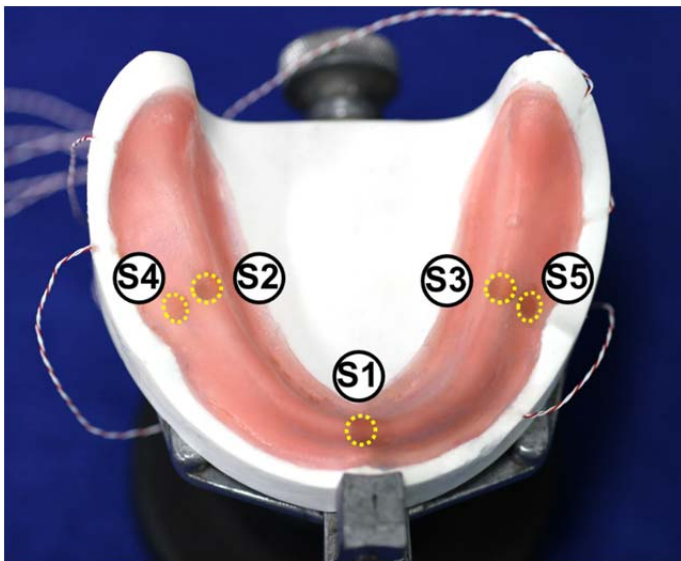


Fig. 4 Overview of sensor installation sites in a clinical edentulous mandible simulation model.

Abbreviations: S1, median alveolar crest; S2, right alveolar crest; S3, left alveolar crest; S4, right buccal shelf; S5, left buccal shelf.

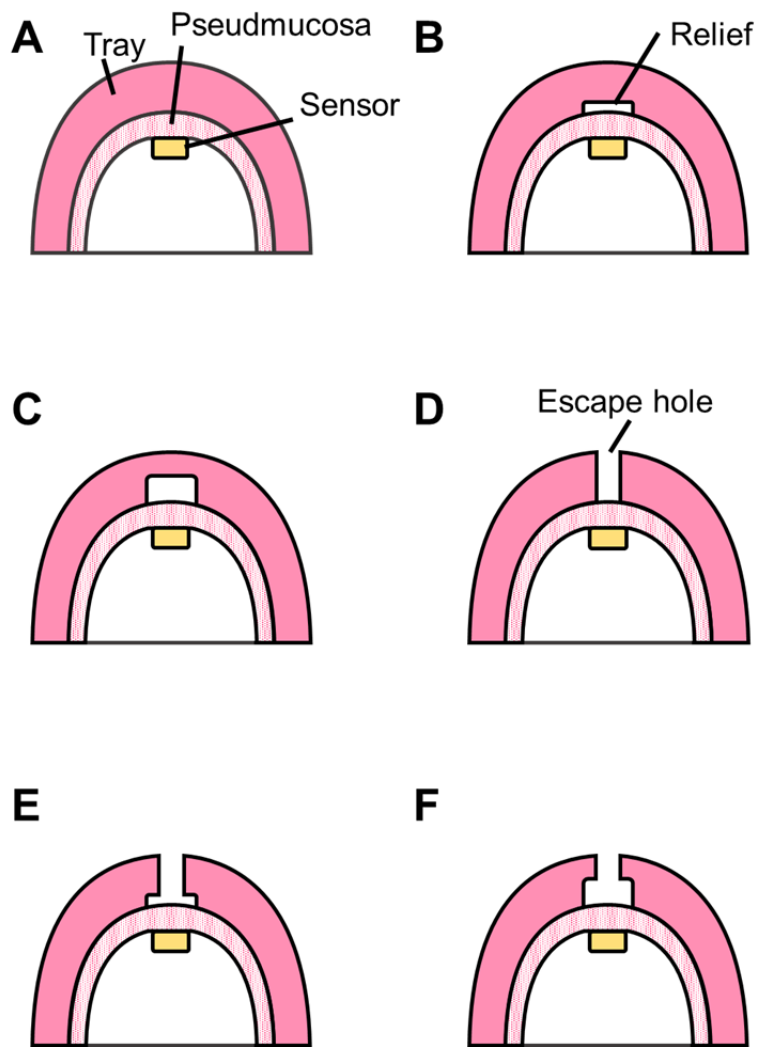
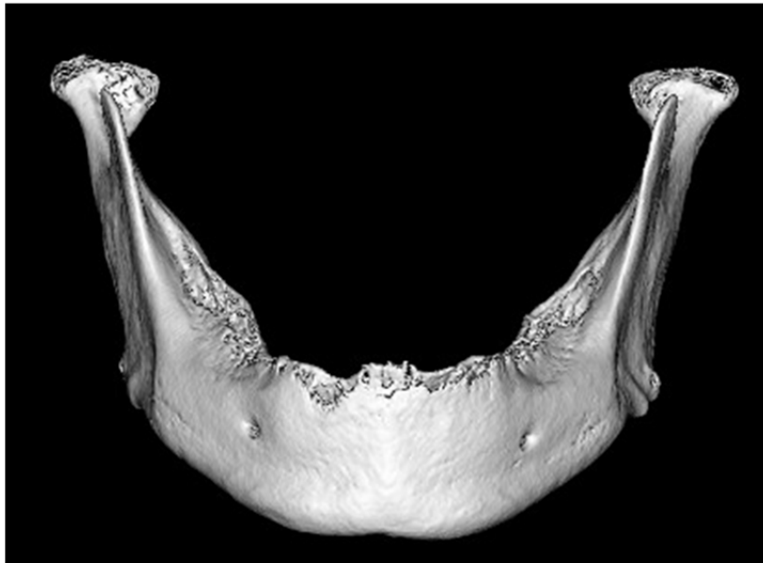


Fig. 5 Sectional view of the tray designs about R0 (A), R0.36 (B), R1.4 (C), R0V (D), R0.36V (E), and R1.4V (F).

A



B



Fig. 6 Typical 3D CT images of participants with edentulous mandible in Groups 1 (A) and 3 (B).

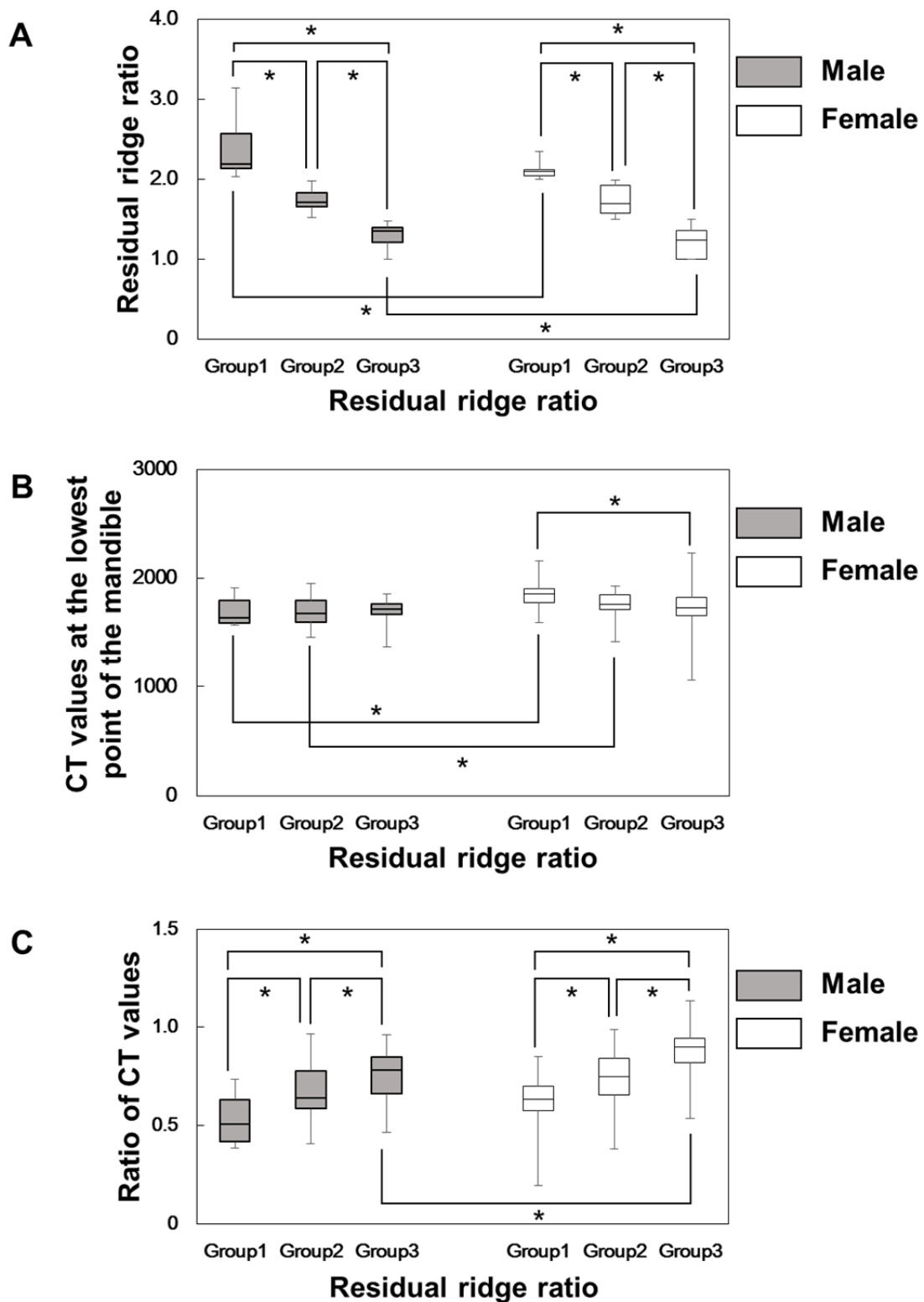


Fig. 7 Comparison of Residual ridge ratio (A), CT values at the lowest point of the mandible (B), Ratio of the CT values (C) between groups and between genders

* P < 0.05

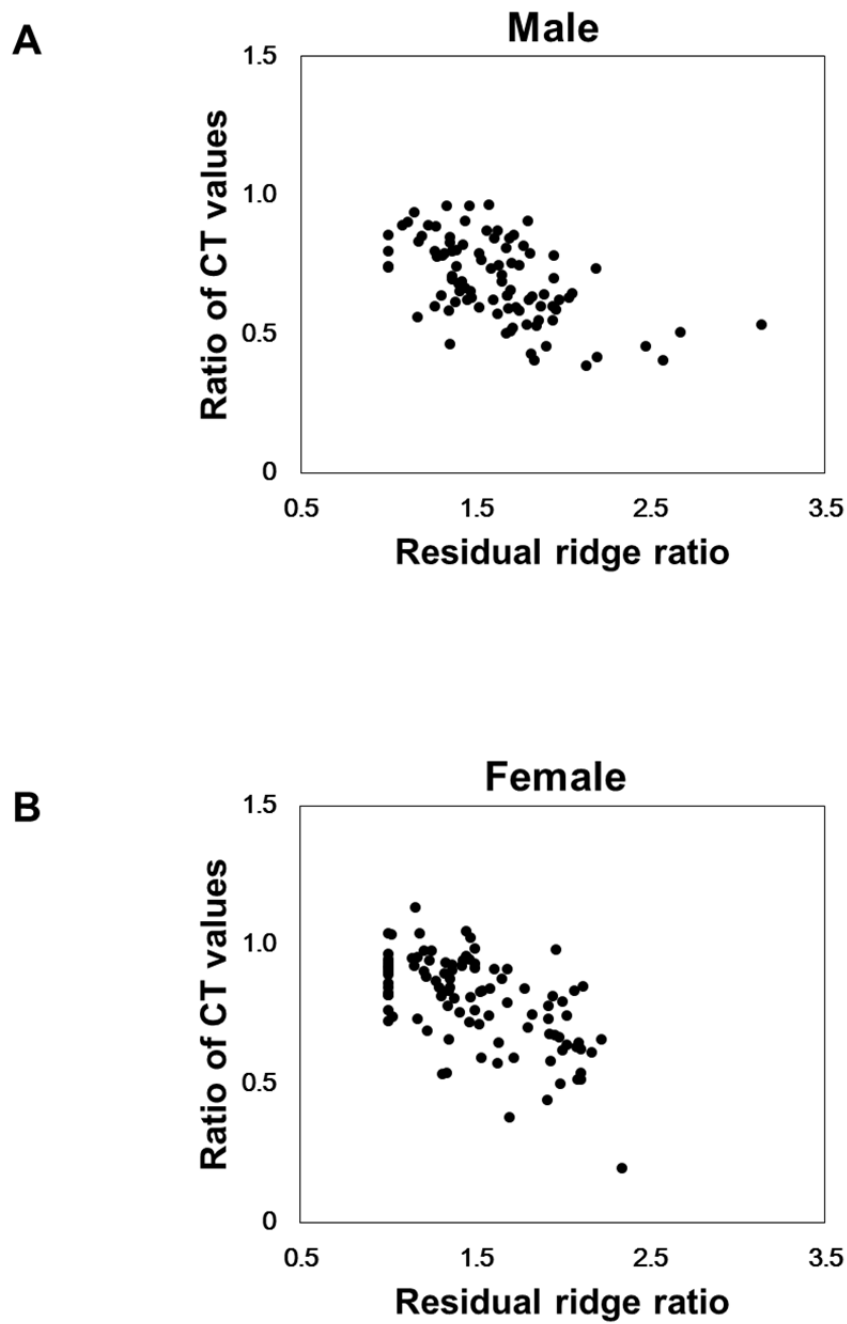


Fig. 8 Correlation between residual ridge ratio and ratio of CT values in male (A) and female (B).

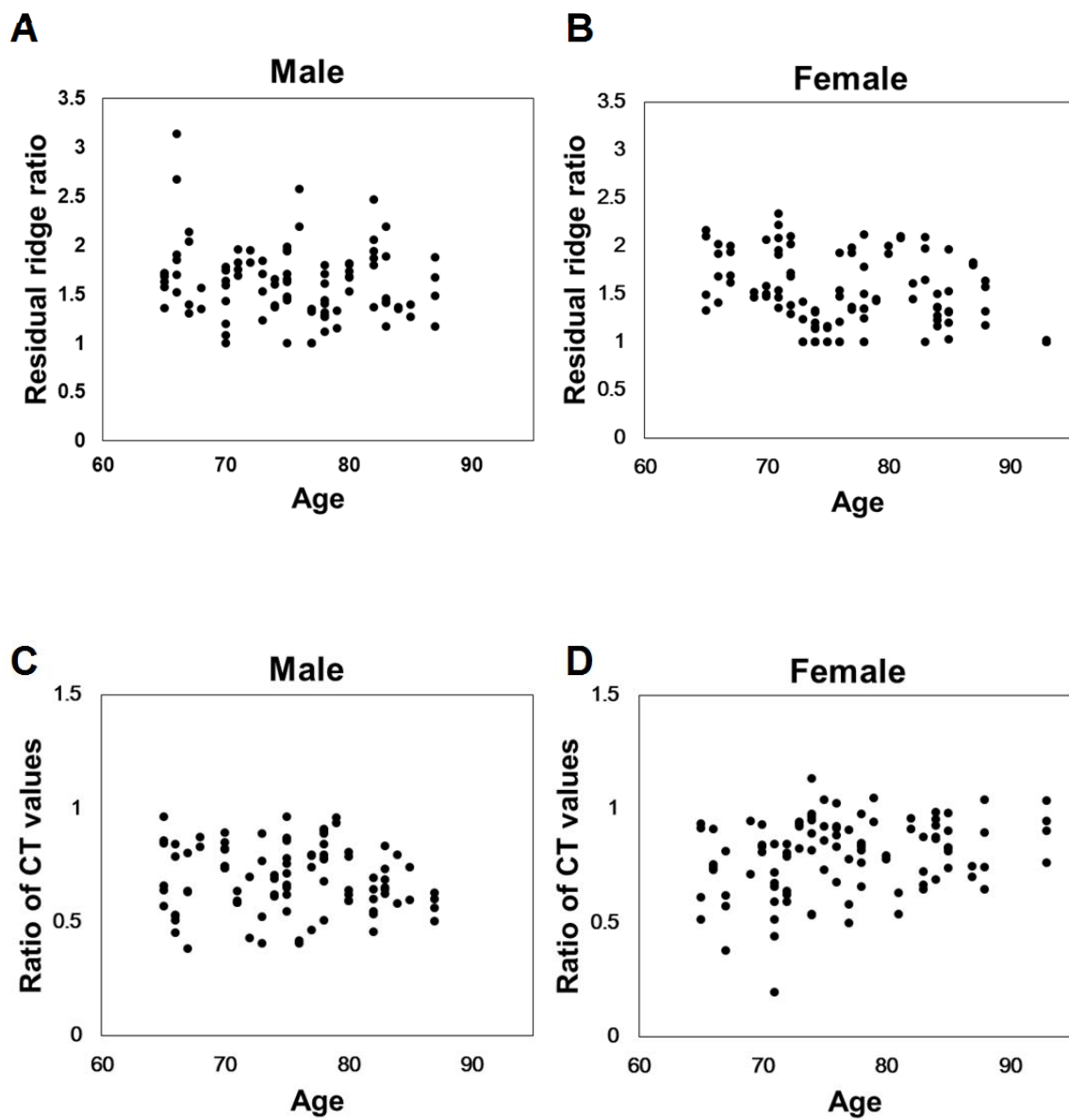
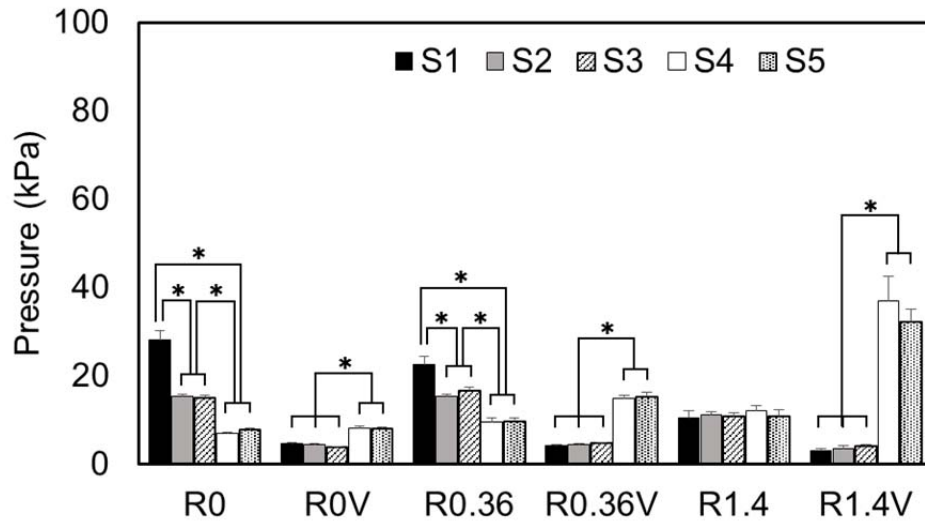
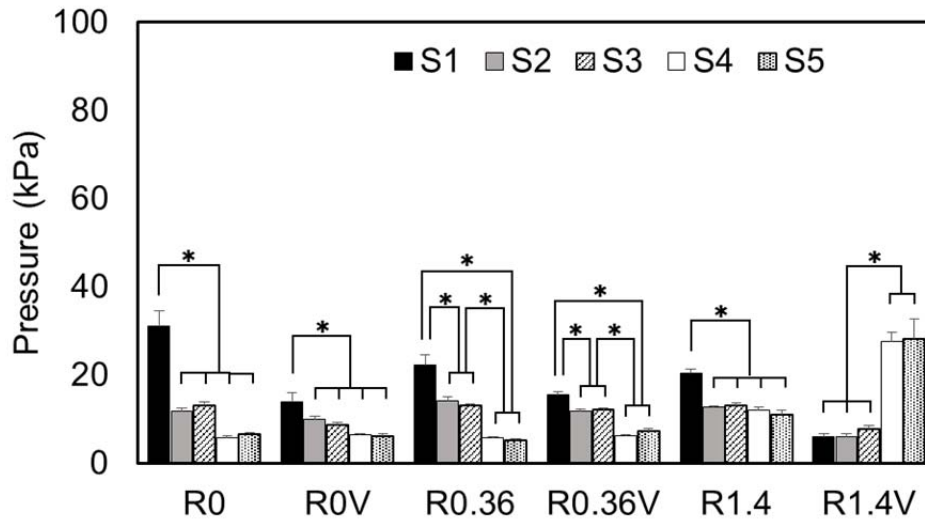


Fig. 9 Correlation between aging and RRR in male (A) and female (B), and aging and ratio of CT values in male (C) and female (D)

A**B**

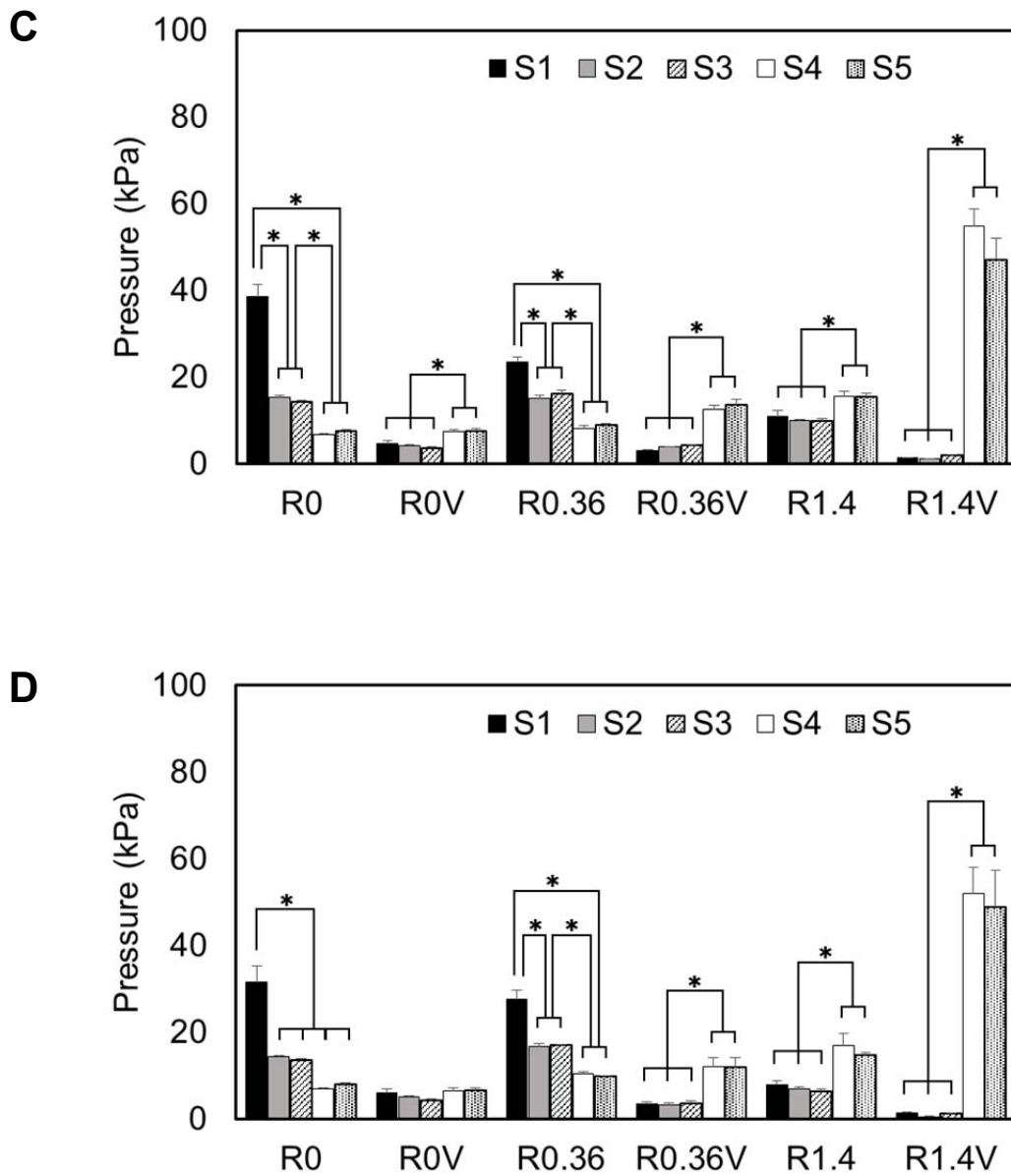


Fig. 10 Comparison of pressure at the each sensor in EXADENTURE (A), AFFINIS PRECIOUS light body (B), Impregum Soft Medium Body (C), and AROMA FINE PLUS NORMAL SET (D).

Abbreviations: S1, median alveolar crest; S2, right alveolar crest; S3, left alveolar crest; S4, right buccal shelf; S5, left buccal shelf; R, relief; V, escape hole.

* $p < 0.05$

Table 1 Summary of impression materials

Constituent	Material	Manufacturer
Polyvinylsiloxane	Exadenture (ED)	GC, Tokyo, Japan
Polyvinylsiloxane	Affinis precious Light body (AF)	YOSHIDA, Tokyo, Japan
Polyether	Impregum soft medium body (IG)	3M ESPE, Neuss, Germany
Alginate	Aroma fine plus normal set (AR)	GC, Tokyo, Japan

Table 2 Number of CT images obtained for each group classified according to residual ridge ratio.

	Group 1	Group 2	Group 3	Total
Male	9	46	39	94
Female	15	30	55	100
Total	24	76	94	194

Table 3 ANOVA table of impression pressure

Source	Type III sum of square	Degree of freedom	Mean square	F value	P value
Sensor	4448.975	4	1112.244	80.712	0.000
Impression Material	94.330	3	31.443	2.282	0.078
Tray	9577.571	5	1915.514	139.003	0.000
Sensor*Impression Material	2613.942	12	217.829	15.807	0.000
Sensor*Tray	42886.056	20	2144.303	155.605	0.000
Impression Material*Tray	1600.260	15	106.684	7.742	0.000
Sensor*Impression Material*Tray	3506.049	60	58.434	4.240	0.000
Model	64727.183 ^a	119	543.926	39.471	0.000
Error	6614.593	480	13.780		

^a $R^2 = 0.907$

