

口腔インプラント治療を目的とした無歯下顎臼歯部における下顎骨断面の形態的解析

大石 洋平

明海大学歯学部病態診断治療学講座高齢者歯科学分野

要旨：下顎臼歯部の口腔インプラント治療では，術前の下顎骨頬舌的断面形態の把握は重要で，ドリリング時の舌側への穿孔による動脈損傷などの重大な事故の報告もあり，特に歯槽骨が高度に吸収した症例では危険性が増すことが考えられる．

そこで本研究は，下顎骨臼歯部に対し埋入手術時の舌側穿孔による損傷を可及的に回避するための臨床的指標の確立を目的として骨断面形態を分析・比較し，検討を行った．被験対象は，Computed Tomography (CT) 撮影を行った 35 歳から 74 歳までの日本人患者 55 名（男性 20 名，女性 35 名，平均年齢 59.3 歳）とした．撮影された CT データをオトガイ孔部より後方へ 8 mm 間隔の計 3 断面（前方より 0 mm，8 mm，16 mm）を設定し，下顎骨の水平・垂直的位置について画像解析ソフトを用いて評価した．

本研究により，インプラント埋入窩形成において下顎骨舌側への穿孔を防止するためには，舌側面形態を把握することが重要で，とくに大白歯部の場合では，顎下腺窩が存在するため，より一層の配慮が必要である．これらのことから，CT データを用いた画像解析ソフトによる術前の三次元的な下顎骨形態の評価の有用性が示唆された．

索引用語：CT，画像解析ソフト，下顎骨断面形態，口腔インプラント

欄外表題：口腔インプラント目的の下顎骨断面形態解析

Cross-sectional Morphological Analysis of the Mandibular Edentulous Molar Region for the Dental Implant Treatment

Yohei OISHI

Division of Geriatric Dentistry, Department of Diagnostic & Therapeutic Sciences,
Meikai University School of Dentistry

Abstract: In oral implant treatment of the mandibular molar, understanding the buccolingual cross-sectional morphology is particularly important since serious accidents such as arterial damage due to perforations on the lingual side during surgery are occasionally observed, with the risk believed to increase particularly in cases in which the alveolar ridge crest is highly absorbed. To this end, this study analyzes, compares, and examines the cross-sectional morphology of the bone for the purpose of establishing a clinical index in order to avoid as much damage caused by lingual-side perforations on the mandibular molar during surgery as possible. The subjects consisted of 55 Japanese patients aged 35 to 74 (20 males, 35 females, average age of 59.3) who underwent the Computed Tomography (CT). For the captured data, three cross sections at intervals of 8 mm (0 mm, 8 mm, and 16 mm from the front) were set behind the mental foramen and the horizontal and vertical positions of the mandible were evaluated using an image analysis software program. In order to prevent perforations on the mandibular lingual side when creating a hole for the implant, it was found in this study that it is important to grasp the morphology of the lingual surface. In the case of implanting a molar tooth, extra attention is required since there is a submandibular fossa. These results suggest the usefulness of a three-dimensional evaluation of the mandible morphology prior to surgery through image analysis software programs using CT data.

Key words: CT, image analysis software program, cross-sectional morphology of the mandible, oral implants

緒 言

口腔インプラント治療が 1965 年に Brånemark によって歯科臨床に応用されて以来、現在ではその長期維持・安定性が高く評価され、歯牙欠損修復の重要な手段の一つとして確立されている。しかしながらその一方では、手術に関連した医療トラブルも報告されていることから、患者の医療安全に対する関心も高まっている。なかでも重篤な手術関連医療トラブルの 6 割強は、神経損傷か上顎洞に関係しているといわれており、とくに神経損傷を生じたインプラント埋入部位は、下顎大白歯部が最も多く、次いで下顎小白歯部の順である。またその原因はドリリングによるものが最多で、骨外穿孔の原因としてはすべてドリリングが原因である。こうした手術トラブルを回避してインプラント治療を安全に行うためには、顎骨の解剖学的形態を熟知したうえで診査・診断がなされなければならない¹⁻⁴⁾。インプラント治療におけるインプラント体埋入窩形成中にドリルが下顎骨舌側の皮質骨を穿孔し、脈管損傷による重篤な合併症が生じることがある。埋入手術に関連した口腔底出血の好発部位は下顎骨臼歯部であり、とくに無歯顎に多い傾向にある。その理由に下顎骨臼歯部では、歯槽骨固有の形態や舌側に顎下腺窩が存在するためと考えられている。また、無歯顎では歯槽部の垂直高径の低下により、舌側の豊隆形態が失われ、ドリル穿孔のリスクが高まるため、インプラント治療を行うにあたっては、適切な歯槽骨高径・幅径、解剖学的構造物との位置関係を把握し、そのリスク回避のため、術前の Computed Tomography (CT) で治療予定部位の骨形態を 3 次元的に診査・診断することは重要である⁵⁾。

今回、下顎骨臼歯部に対しインプラント埋入手術時の舌側歯槽骨の穿孔による損傷を可及的に回避するための臨床的指標の確立を目的として、2013 年 9 月から 2019 年 9 月までに明海大学歯学部附属明海大学病院インプラントセンターにおいて口腔インプラント治療目的で、CT 撮影を行った 35 歳から 74 歳までの日本人患者 55 名（男性 20 名、女性 35 名、平均年齢 59.3 歳）の CT データをもとに下顎臼歯部の下顎骨断面形態を定量評価し、分析比較および解析を行うこととした。

対象と方法

1. 対象

2013年9月から2019年9月までに明海大学歯学部附属明海大学病院インプラントセンターにおいて口腔インプラント治療目的で、CT撮影を行った35歳から74歳までの重篤な代謝性疾患や顎骨内病変および放射線療法の既往のある患者などは除外した日本人患者55名（男性20名，女性35名，平均年齢59.3歳）を対象とした。

本研究は，明海大学歯学部倫理委員会において承認を得たうえで行われた（A1907）。

2. 方法

CT（SOMATOM Emotion 6, Siemens Healthcare, Erlangen, Germany, Aquilion Lightnin, Canon, 東京）撮影を行い，CT画像は，SOMATOM Emotion 6は，スライス幅：1.25 mm，管電圧：130 kV 管電流：60 mAs，Aquilion Lightninは，スライス幅：0.5 mm，管電圧：120 kV 管電流：90 mAs の条件で撮影された(**Fig. 1** 挿入

1). 下顎骨臼歯部断面形態の計測は，撮影されたデータを歯列直交断 (cross-section)とし，オトガイ孔部より後方へ8 mm 間隔の計3断面（前方より0 mm, 8 mm, 16 mm）を設定し，下顎骨の水平的・垂直的位置について画像解析ソフト SIM/Plant Master™ version 14.0（デンツプライシロナ，東京，以下 SIM Plant）を用いて，計測した。対象となる患者の左右いずれか無歯下顎骨を抽出し，55 症例・165 断面での計測を行った。各計測項目は，a：下顎骨の垂直高径，b：歯槽骨頂より顎舌骨筋線上部までの高径，c：顎下腺窩の最深部，d：歯槽部の幅，e：歯槽頂より10 mm の深さの骨幅とした(**Fig. 2** 挿入

a: 下顎骨の垂直高径

歯槽骨頂から下顎骨皮質骨下縁までの距離。

b: 歯槽骨頂より顎舌骨筋線上部までの高径

歯槽骨頂から顎舌骨筋線上部までの距離。

c: 顎下腺窩の最深部

下顎骨舌側皮質骨頂から顎下腺窩までの距離。

d: 歯槽部の幅

歯槽頂部皮質骨と海綿骨の境界の高さで頬側～舌側間の皮質骨の距離。

e: 歯槽骨頂より10 mm の深さの骨幅

歯槽骨頂から下顎骨下縁方向へ10 mm 深さでの頬側～舌側間の皮質骨の距離。

統計処理は平均値，標準偏差を求め，統計学的検定は男女差および埋入部位の違い各々についてANOVAにより分散分析を行い，有意の場合はPost hocテストとしてScheffe検定を行い，有意水準は5%とした。

結 果

下顎骨の各断面における男女合計の平均値

(a) 下顎骨の垂直高径 28.0 ± 3.0 mm, (b) 歯槽骨頂より顎舌骨筋線上までの高径 15.8 ± 3.4 mm, (c) 顎下腺窩の最深部 2.2 ± 1.9 mm, (d) 歯槽部の幅 7.2 ± 1.6 mm, (e) 歯槽骨頂より 10 mm の深さの骨幅 12.2 ± 2.4 mm であった(**Fig. 3**).

Fig. 3 挿入

下顎骨の各断面における男女全体としての平均値(0 mm、8 mm、16 mm)

0 mm 面で, (a) 下顎骨の垂直高径 28.2 ± 3.3 mm, (b) 歯槽骨頂より顎舌骨筋線上までの高径 15.3 ± 3.4 mm, (c) 顎下腺窩の最深部 1.2 ± 1.6 mm, (d) 歯槽部の幅 7.0 ± 1.4 mm, (e) 歯槽骨頂より 10 mm の深さの骨幅 11.1 ± 2.0 mm であった(**Fig. 4**).

Fig. 4 挿入

8 mm 面で, (a) 下顎骨の垂直高径 28.0 ± 2.6 mm, (b) 歯槽骨頂より顎舌骨筋線上までの高径 16.2 ± 3.3 mm, (c) 顎下腺窩の最深部 3.0 ± 1.8 mm, (d) 歯槽部の幅 7.4 ± 1.7 mm, (e) 歯槽骨頂より 10 mm の深さの骨幅 13.2 ± 2.3 mm であった(**Fig. 5**).

Fig. 5 挿入

16 mm 面で, (a) 下顎骨の垂直高径 26.9 ± 1.3 mm, (b) 歯槽骨頂より顎舌骨筋線上までの高径 16.6 ± 1.2 mm, (c) 顎下腺窩の最深部 4.9 ± 1.1 mm, (d) 歯槽部の幅 8.5 ± 1.6 mm, (e) 歯槽骨頂より 10 mm の深さの骨幅 15.4 ± 1.4 mm であった(**Fig. 6**).

Fig. 6 挿入

下顎骨の垂直高径の平均値と男女差

0 mm 面 28.2 ± 3.3 mm, 8 mm 面 27.8 ± 2.6 mm, 16 mm 面 26.8 ± 1.3 mm であった. 男性においては, 0 mm 面では, 28.9 ± 2.1 mm, 8 mm 面では, 28.2 ± 2.3 mm で 16 mm 面では, 26.3 ± 1.4 mm で, 女性においては, 0 mm 面では, 27.9 ± 3.8 mm, 8 mm 面では, 27.5 ± 2.8 mm で 16 mm 面では, 27.4 ± 0.9 mm であった. この事より, 0 mm 面と 8 mm 面では男性が大きく, 16 mm 面では女性が大きかった(**Fig. 7**).

Fig. 7 挿入

歯槽骨頂より顎舌骨筋線上部までの高径の男女差

男女の合計の平均値では, 0 mm 面では, 15.3 ± 3.4 mm, 8 mm 面では, 16.2 ± 3.3 mm で, 16 mm 面では, 16.6 ± 1.2 mm であった. 男性においては, 0 mm 面では, 15.9 ± 3.3 mm, 8 mm 面では, 17.5 ± 2.9 mm で, 16 mm 面では, 15.7 ± 0.7 mm であった. 女性においては, 0 mm 面では, 15.0 ± 3.4 mm, 8 mm 面では, 15.5 ± 3.2 mm で, 16 mm 面では, 17.5 ± 0.7 mm であった. この事より, 0 mm 面, 8 mm 面では男性が大きく, 16 mm 面では女性が大きかった(**Fig. 8**).

Fig. 8 挿入

下顎骨顎下腺窩の最深部の男女差

男女の合計の平均値では、0 mm 面では、 1.2 ± 1.6 mm、8 mm 面では、 3.0 ± 1.8 mm で、16 mm 面では、 4.9 ± 1.1 mm であった。男性においては、0 mm 面では、 1.4 ± 1.3 mm、8 mm 面では、 3.8 ± 0.9 mm で、16 mm 面では、 4.9 ± 0.3 mm であった。女性においては、0 mm 面では、 1.1 ± 1.7 mm、8 mm 面では、 2.6 ± 2.0 mm で、16 mm 面では、 4.9 ± 1.4 mm であった。この事より、0 mm 面と 8 mm 面では男性が大きく、16 mm 面では男女ともほとんど変わらなかった(**Fig. 9**)。 Fig. 9 挿入

歯槽部の幅の男女差

男女の合計の平均値では、0 mm 面では、 7.0 ± 1.4 mm、8 mm 面では、 7.4 ± 1.7 mm で、16 mm 面では、 8.5 ± 1.6 mm でした。男性においては、0 mm 面では、 7.3 ± 1.2 mm、8 mm 面では、 8.0 ± 1.2 mm で、16 mm 面では、 7.7 ± 0.6 mm であった。女性においては、0 mm 面では、 6.8 ± 1.5 mm、8 mm 面では、 7.0 ± 1.8 mm で、16 mm 面では、 9.3 ± 1.8 mm であった。この事より、0 mm 面と 8 mm 面では男性が大きく、16 mm 面では女性が大きかった(**Fig. 10**)。 Fig. 10 挿入

歯槽骨頂より 10 mm の深さの骨幅の男女差

男女の合計の平均値では、0 mm 面では、 11.1 ± 2.0 mm、8 mm 面では、 13.2 ± 2.3 mm で、16 mm 面では、 15.4 ± 1.6 mm であった。男性においては、0 mm 面では、 11.7 ± 1.7 mm、8 mm 面では、 13.4 ± 1.9 mm で、16 mm 面では、 15.0 ± 1.3 mm であった。女性においては、0 mm 面では、 10.8 ± 2.1 mm、8 mm 面では、 13.0 ± 2.5 mm で、16 mm 面では、 15.8 ± 1.6 mm であった。この事より、10 mm 深さの骨幅は、0 mm 面と 8 mm 面では男性が大きく、16 mm 面では女性が大きかった(**Fig. 11**)。 Fig. 11 挿入

下顎骨の高径と幅径の平均

男女別および男女全体での下顎骨の測定結果を表に示す(**Table 1**)。 Table 1 挿入

歯槽骨頂より顎舌骨筋線上部までの高径と顎下腺窩の最深部の関連性

統計処理結果より、今回の検定においてはインプラント埋入時における穿孔との関連性が指摘されている (b)「歯槽骨頂より顎舌骨筋線上部までの高径」と (c)「顎下腺窩の最深部」について検討を行った。

男女間での有意差検定結果は (b)「歯槽骨頂より顎舌骨筋線上部までの高径」と (c)「顎下腺窩の最深部」の領域において、男女間での全体と 0 mm 面における有意差はなかった。(b)「歯槽骨頂より顎舌骨筋線上部までの高径」の 16 mm 面において女性のほうが有意に長かった。また、(c)「顎下腺窩の最深部」では、男性の方が 8 mm 面において、有意に深い結果となった。男性と女性の 0 mm 面

と 8 mm 面, 0 mm 面と 16 mm 面および 8 mm 面と 16 mm 面の比較では, (b)「歯槽骨頂より顎舌骨筋線上部までの高径」に有意差はなく, (c)「顎下腺窩の最深部」に有意差が認められた. このことにより, (b)「歯槽骨頂より顎舌骨筋線上部までの高径」では, 長さに相違はないが, (c)「顎下腺窩の最深部」では, 深さに差があった(**Table 2**).

Table 2 挿入

考 察

欠損補綴のうちインプラント補綴は確立された術式であり、広く用いられているが、歯槽骨の高径や頬（唇）舌径、咬合高径、臨在歯の咬合関係等の問題から、インプラント体埋入に対して制約が生じることも知られている。また近年、インプラント治療の急速な普及に伴い事故事例の報告もみられるため、顎顔面領域の解剖学的知識は不可欠である。とくにインプラント手術に伴う重篤な医療事故の調査報告のなかには、動脈損傷による重大な医療事故も報告されていることから、術前の CT 撮影により下顎骨の舌側形態や解剖学的要素を熟知して施術する必要がある^{6,7)}。

下顎骨において、歯の喪失により歯槽部が次第に吸収され、頬側では外斜線に沿ってオトガイ孔まで、舌側臼歯部では顎舌骨筋線まで吸収されるといわれている。また高径は、歯の喪失後に吸収が進行すると、有歯顎の約 1/3 の高さになるといわれている。この吸収は、臼歯部では上方から水平的な吸収が起こることが多い⁸⁻¹²⁾。過去の臨床的な研究において下顎骨の骨高径は小白歯部で 14.2 mm、大白歯部で 13.4 mm（第一大臼歯部 13.9 mm、第二大臼歯部 12.8 mm）、骨幅径は小白歯部で 5.9 mm、大白歯部で 6.9 mm であったと報告されており、また第一大臼歯部の歯槽骨高径についても 8 mm 以下の比率は 6 %以下とされている^{13,14)}。

本研究結果では、下顎骨の垂直高径は 0 mm 面で、平均 28.2 mm（男性 28.87 mm、女性 27.9 mm）、8 mm 面で、平均 27.8 mm（男性 28.28 mm、女性 27.49 mm）、16 mm 面で平均 26.84 mm（男性 26.25 mm、女性 27.42 mm）であった。0 mm 面は第 2 小白歯部、8 mm 面は第 1 大白歯部、16 mm 面は第 2 大白歯部を想定したとき、これまでの報告と比較して歯槽骨高径に減少はみられず、高い値を示した。また「歯槽骨頂より顎舌骨筋線上部までの高径」の男女差は 16 mm 面において女性のほうが有意に長い結果であった。女性において大白歯部での歯槽頂の吸収が少なかったといえる。骨幅径（歯槽部の幅）については 0 mm 面で、平均 6.95 mm（男性 7.32 mm、女性 6.78 mm）、8 mm 面で、平均 7.4 mm（男性 7.99 mm、女性 7.03 mm）、16 mm 面で平均 8.48 mm（男性 7.67 mm、女性 9.28 mm）であり、これまでの報告と比較すると若干大きな傾向を示した。インプラント体直径を決定づける下顎骨歯槽部幅径の解剖学的形態は重要な要素の一つである¹¹⁻¹⁵⁾。インプラント体の頬舌側に 1~2 mm 以上の骨の厚みを確保することが望ましいことから、本研究結果では男女の平均において「歯槽部の骨幅」は約 7 mm 以上であり、直径 4 mm のインプラント体埋入の適応条件を満たしていた。また歯槽骨頂から 10 mm 深さの骨幅径については 0, 8, 16 mm 面すべてで 10 mm 以上であったことから Misch ら¹⁶⁾の利用可能な骨の分類 Division A（豊富な骨：骨の幅が 5 mm 以上で、高さは 12 mm 以上、近

遠心的長さは7 mm 以上) を満たしており、インプラントによる欠損修復に理想的であることが分かった。抜歯に至る原因や抜歯後の経過期間、義歯使用の有無や使用期間など歯槽骨の形態変化に関わる因子について今回は検討していないが、何らかの因子が関与している可能性があるかと推察された。

また下顎臼歯部インプラント治療の計画において、インプラントの埋入位置やインプラント体のサイズを決定するにあたり留意すべき解剖学的な要素として骨高径・幅径だけではなく、下顎骨舌側形態もあげられる。下顎体内面は、顎舌骨筋線によって区別される前上部を舌下腺窩、後下部を顎下腺窩といい、特徴的な陥凹形態を有しており¹²⁾、さらに口腔底には血管が豊富であるため下顎骨臼歯部のインプラント埋入に際しては、注意が必要である¹⁷⁾(Fig. 12)。Uchidaら¹⁸⁾の研究では、舌下腺窩の深さと位置には一定の傾向があるが、深さに関しては1.0 mm から5.8 mm とばらつきが大きいと報告している。

Fig. 12 挿入

また歯の喪失に伴う歯槽部の消失として、頬側では外斜線まで、舌側臼歯部では顎舌骨筋線、オトガイ棘まで吸収され、有歯顎の高径の約1/3になり、この吸収は、臼歯部では上方から水平的に生じることが多い¹²⁾ため、歯の喪失に伴う歯槽骨吸収では舌下腺窩が失われ、高度に吸収が生じた臼歯部では顎舌骨筋付着部にまで吸収が及ぶため舌側骨形態が複雑化する。俵木ら¹⁹⁾の下顎骨断面形態の研究では、インプラント治療前CT画像診断で舌側に大きな陥凹を認めるひょうたん型が30.5%存在すると報告しており、特に歯槽骨頂が高度に吸収した症例では危険性が増すことが考えられる。

これまでの顎下腺窩の深さに関しては、Fereidounら²⁰⁾はインプラント埋入前のCT画像100例での顎下腺窩の凹部の深さにより3つのタイプに分け、タイプI(2 mm未満);20%、タイプII(2~3 mm);52%、タイプIII(3 mm以上);28%で存在し、患者の年齢や性別には依存しなかったと報告している。Sevalら²¹⁾は歯の有無に関わらず異なる疾患で撮影された500例のCBCT上での顎下腺窩の深さを調査し、タイプI;55.5%、タイプII;37%、タイプIII;7.5%であり、とくに陥凹の最深部は第二大臼歯で、次いで第三大臼歯、第一大臼歯であったとしている。Juditらはインプラント診断のための研究として151例のCT画像を評価し、顎下腺窩の深さは男性4.5 ± 2.3 mm、女性3.1 ± 1.7 mmであったとしている。

本研究結果において、第二小臼歯部の下顎骨顎下腺窩の最深部の男女合わせた全体の平均計測値は約1 mmと小さく(タイプI)、第一・第二大臼歯部においては約3~5 mm(タイプII~III)と有意に大きい結果であった。顎下腺窩の深さに関してはこれまでの報告と同様の傾向を示していたが、とくに男女間での比較では第二小臼歯部(8 mm面)で男性が有意に深かった。口腔インプラント埋入手術を想定した時、下顎小臼歯部舌側においては、陥凹は小さいが、大

臼歯部舌側では、陥凹が大きいいため、その解剖学的形態から、陥凹部に向かってドリリングされた場合、下顎骨舌側部皮質骨の穿孔により動脈を損傷する危険性が高くなる。津野ら²²⁾は下顎骨舌側に強いアンダーカットを有する確率は遠心方向に行くほど高くなり、顎舌骨筋線の後方ではその傾向が顕著になると報告している。Mischら¹⁶⁾は下顎第二小臼歯部では 10° 、第一大臼歯部では 15° 、第二大臼歯部では $20\sim 25^\circ$ 頬舌的に傾斜埋入する必要があるとしている。下顎骨の舌側傾斜角度は小臼歯部から大臼歯部に移行するにしたがって値が大きくなるため舌側部の骨高径が相対的に減少し、埋入計画時に問題となることが少なくない。本研究結果では骨高径に変化はほとんどみられなかったが、傾斜角度の参考となる「顎下腺窩の最深部」が小臼歯部から大臼歯部へ移行するにしたがって大きくなっていったことから、舌側部の骨高径に対し口腔インプラント埋入手術時に制限を受けやすいことが示唆された。下顎臼歯部のインプラント治療においてパノラマエックス線だけでなく、CT撮影で得られたデータを診査・診断・治療計画に用いることは下顎管との位置関係把握のみならず、下顎骨骨形態とくに舌側骨形態の把握にも有用であることが分かった。

近年では、下顎骨形態の分析により、歯軸方向へのインプラント体埋入では舌側への穿孔が考えられる症例では、ショートインプラントやガイドドサージェリーを用いた傾斜埋入なども視野に入れた安全な治療が可能となっているので、下顎臼歯部においては常にCTによる厳密な評価を行う必要がある^{23, 24)}。

結 論

1. 齒槽骨頂より顎舌骨筋線上部までの高径と顎下腺窩の最深部において、男女間での全体と 0 mm 面における有意差はなかった。
2. 16 mm 面では、齒槽骨頂より顎舌骨筋線上部までの高径が、男性より女性の方が有意に長かった。
3. 8 mm 面では、顎下腺窩の最深部が、女性より男性の方が有意に深かった。
4. 男性と女性の 0 mm 面と 8 mm 面、0 mm 面と 16 mm 面および 8 mm 面と 16 mm 面の比較では、齒槽骨頂より顎舌骨筋線上部までの高径に有意差はなく、顎下腺窩の最深部に有意差が認められた。このことにより、齒槽骨頂より顎舌骨筋線上部までの高径の長さには差はないが、顎下腺窩の最深部の深さに差があった。

本研究により、下顎臼歯部のインプラント治療においてパノラマエックス線写真だけでなく、CT で得られたデータを診査・診断・治療計画に用いることは、下顎骨形態とくに舌側骨形態の把握に必要である。

利益相反

本研究に関する開示すべき利益相反はない。

謝 辞

本論文を執筆するにあたり、御指導賜りました明海大学大学院歯学研究科高度口腔臨床科学コース再生再建医療系歯周病学 申 基喆教授，口腔生命科学コース形態系組織学 天野 修教授，高度口腔臨床科学コース再生再建医療系歯科放射線学 鬼頭慎司教授に深く感謝申し上げます。

また，本研究に対して多くのご協力をいただいた明海大学歯学部病態診断治療学講座高齢者歯科学分野の教室員の皆様に厚く御礼申し上げます。

本論文は，大石洋平の学位論文である。

引用文献

- 1) 佐々木妥啓, 下島孝裕, 嶋田 淳. 歯科用 CBCT 読像・診断に基づいた歯科臨床 インプラント治療における術前診断としての歯科用 CBCT の活用. 日本歯科評論. 2011;71(11):113-26.
- 2) 春日井昇平. インプラント治療における問題とその対応-何をすればよいのか?してはならないのか?.インプラント治療における問題を考える. 日本歯科評論. 2011;71(10):27-34.
- 3) 佐々木匡理. インプラント治療における問題とその対応-何をすればよいのか?してはならないのか?.外科処置(埋入)に関わる問題とその対応. 日本歯科評論. 2011;71(10):35-42.
- 4) 矢島安朝, 中川洋一. インプラントのトラブルシューティング : 困ったときに即解決: 永末書店; 2009.
- 5) 金田 隆. 基本から学ぶインプラントの画像診断: 砂書房; 82-91,2008.
- 6) 佐藤慶太, 中村美穂子, 勝村聖子, 中島 信, 吉田謙一. インプラント術中の死亡事例から考察された歯科診療関連死に関する諸問題. Forensic Dental Science. 2009;2(1):60-2.
- 7) 竹島明道. 下顎臼歯部インプラント治療における問題考察. 日本歯科先端技術研究所学会誌. 2013;19(1):15-8.
- 8) 井出吉信, 上松博子. 歯の喪失に伴う顎骨の形態変化. 歯科基礎医学会雑誌. 1997;39(2):79-90.
- 9) 田松裕一, 井出吉信. 加齢による顎骨の変化 歯の喪失による下顎骨の形態変化. 歯科学報. 1999;99(5):357-62.
- 10) 阿部伸一, 松永 智, 山本将仁, 福田真之, 山根茂樹, 梅澤貴志. 口腔インプラント治療時に考慮すべき局所解剖 注意すべき日本人と欧米人との顎骨形態の差異. 日本口腔インプラント学会誌. 2015;28(2):137-43.
- 11) 赤川安正, 松浦正朗, 矢谷博文, 渡辺文彦. よくわかる口腔インプラント学. 第3版 ed: 医歯薬出版; 115-119,2017.
- 12) 井出吉信, 松永 智, 阿部伸一. インプラント 知っておきたい顎骨の基礎知識. 日本口腔インプラント学会誌. 2019;32(1):34-42.
- 13) 関谷浩太郎, 金田 隆, 関谷恵子, 森 進太郎, 阪柳雅志. 64 列 MDCT を用いたインプラント術前検査における埋入予定部位の歯槽骨高径および幅径の検討. 日本口腔インプラント学会誌. 2011;24(1):3-9.
- 14) 関谷恵子, 森 進太郎, 関谷浩太郎, 加藤正隆, 阪柳雅志, 加藤美弥. インプラント術前 CT 検査における埋入部位の歯槽骨高径の検討. 日大口腔科学. 2008;34(2):73-8.

- 15) 公益社団法人 日本口腔インプラント学会 編. 口腔インプラント治療指針 2020.医歯薬出版, 東京, 46-47, 2020
- 16) Misch CE, 前田芳信, 懸田利孝, 櫻井 薫, 宮崎 隆. インプラント補綴: 永末書店; 118-132,2007.
- 17) 山下佳雄. 医療事故から学ぶインプラント治療に必要な解剖学. 日本口腔インプラント学会誌. 2021;34(1):10-7.
- 18) Uchida Y, Goto M, Danjo A, Yamashita Y, Kuraoka A. Anatomic measurement of the depth and location of the sublingual fossa. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2012;41(12):1571-6.
- 19) 俵木 勉, 重田浩貴, 新居智恵, 町野 守. CT を用いた下顎オトガイ孔部の骨断面形態および下顎管の走行形態の観察. 日本顎咬合学会誌: 咬み合わせの科学. 2011;31(1-2):12-20.
- 20) Parnia F, Fard EM, Mahboub F, Hafezeqoran A, Gavvani FE. Tomographic volume evaluation of submandibular fossa in patients requiring dental implants. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010;109(1):e32-6.
- 21) Bayrak S, Demirturk-Kocasarac H, Yaprak E, Ustaoglu G, Noujeim M. Correlation between the visibility of submandibular fossa and mandibular canal cortication on panoramic radiographs and submandibular fossa depth on CBCT. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2018;23(1):e105-e11.
- 22) 津野宏彰, 野口 誠, 野口 映, 吉田敬子, 立浪康晴. ヘリカル CT 再構築画像による下顎臼歯部骨体の形態学的研究. 日本口腔インプラント学会誌. 2010;23(2):254-60.
- 23) 藤澤健司, 大江 剛, 内田大亮, 玉谷哲也, 永井宏和, 宮本洋二. ショートインプラントの有用性に関する臨床的検討. 日本口腔インプラント学会誌. 2013;26(4):676-83.
- 24) 谷口真一, 林 宏紀, 前多雅仁, 阿知波基信, 古田浩史, 伊東 優. 下顎臼歯部垂直的骨量不足部に歯科ショートインプラント(6mm)を使用した4例. 愛知学院大学歯学会誌. 2021;59(1):43-9.

§ 著者連絡先：大石洋平，〒350-0283 埼玉県坂戸市けやき台 1-1 明海大学歯学部病態診断治療学講座高齢者歯科学分野

			a:	b:	c:	d:	e:
Total	0mm	Mean	28.20	15.27	1.21	6.95	11.08
		S.D.	3.38	3.43	1.56	1.45	2.01
	8mm	Mean	27.80	16.23	3.04	7.40	13.16
		S.D.	2.62	3.26	1.79	1.70	2.30
	16mm	Mean	26.84	16.61	4.88	8.48	15.39
		S.D.	1.34	1.17	1.05	1.55	1.56
Male	0mm	Mean	28.87	15.86	1.39	7.32	11.77
		S.D.	2.13	3.33	1.31	1.19	1.66
	8mm	Mean	28.28	17.45	3.79	7.99	13.39
		S.D.	2.29	2.88	0.88	1.23	1.91
	16mm	Mean	26.25	15.66	4.86	7.67	14.96
		S.D.	1.42	0.74	0.33	0.62	1.34
Female	0mm	Mean	27.90	15.00	1.13	6.78	10.77
		S.D.	3.77	3.43	1.65	1.51	2.06
	8mm	Mean	27.49	15.46	2.56	7.03	13.01
		S.D.	2.76	3.24	2.03	1.84	2.45
	16mm	Mean	27.42	17.54	4.90	9.28	15.82
		S.D.	0.93	0.66	1.44	1.77	1.63

拡大率 等倍

Table 1 Mean value and standard deviation of each cross-section measurement of the mandible

	All Male – All Female	0mm Male – Female	8mm Male – Female	16mm Male – Female
b	N.S.	N.S.	N.S.	P < 0.05
c	N.S.	N.S.	P < 0.05	N.S.

	Male and Female 0mm – 8mm	Male and Female 0mm – 16mm	Male and Female 8mm – 16mm
b	N.S.	N.S.	N.S.
c	P < 0.05	P < 0.05	P < 0.05

拡大率 等倍

Table 2 b: Dimension from the alveolar ridge crest to the upper part of the mylohyoid line
and c: Deepest part of the submandibular fossa

b: Dimension from the alveolar ridge crest to the upper part of the mylohyoid line

c: Deepest part of the submandibular fossa

図の説明

Fig. 1 CT scanning condition (SOMATOM Emotion 6 and Aquilion Lightning)

Fig. 2 Area and parts of the cross-section of the mandible being measured

- a: Vertical dimension of the entire mandibular bone
- b: Dimension from the alveolar ridge crest to the upper part of the mylohyoid line
- c: Deepest part of the submandibular fossa
- d: Width of the alveolar ridge
- e: Width of the bone located 10 mm from the alveolar ridge

Fig. 3 Mean value of the combined group of both male and female subjects regarding the parts of the cross-section of the mandible being measured

- a: Vertical dimension of the entire mandibular bone
- b: Dimension from the alveolar ridge crest to the upper part of the mylohyoid line
- c: Deepest part of the submandibular fossa
- d: Width of the alveolar ridge
- e: Width of the bone located 10 mm from the alveolar ridge

Fig. 4 Mean value of the combined group of both male and female subjects regarding the parts of the cross-section of the mandible being measured (0 mm cross-section)

- a: Vertical dimension of the entire mandibular bone
- b: Dimension from the alveolar ridge crest to the upper part of the mylohyoid line
- c: Deepest part of the submandibular fossa
- d: Width of the alveolar ridge

e: Width of the bone located 10 mm from the alveolar ridge

Fig. 5 Mean value of the combined group of both male and female subjects regarding the parts of the cross-section of the mandible being measured (8 mm cross-section)

a: Vertical dimension of the entire mandibular bone

b: Dimension from the alveolar ridge crest to the upper part of the mylohyoid line

c: Deepest part of the submandibular fossa

d: Width of the alveolar ridge

e: Width of the bone located 10 mm from the alveolar ridge

Fig. 6 Mean value of the combined group of both male and female subjects regarding the parts of the cross-section of the mandible being measured (16 mm cross-section)

a: Vertical dimension of the entire mandibular bone

b: Dimension from the alveolar ridge crest to the upper part of the mylohyoid line

c: Deepest part of the submandibular fossa

d: Width of the alveolar ridge

e: Width of the bone located 10 mm from the alveolar ridge

Fig. 7 a: Gender differences in the vertical dimension of the entire mandible

Fig. 8 b: Gender differences in the dimension from the alveolar ridge crest to the upper part of the mylohyoid line

Fig. 9 c: Gender differences in the deepest part of the submandibular fossa

Fig. 10 d: Gender differences in the width of the alveolar ridge

Fig. 11 e: Gender differences in the width of the bone located 10 mm from the alveolar ridge

Fig. 12 Clinical example of oral implants: comparison of panorama X-ray images and SIM plant TM images

Table 1 Table 1 Mean value and standard deviation of each cross-section measurement of the mandible

Table 2 b: Dimension from the alveolar ridge crest to the upper part of the mylohyoid line and c: Deepest part of the submandibular fossa

b: Dimension from the alveolar ridge crest to the upper part of the mylohyoid line

c: Deepest part of the submandibular fossa

	SOMATOM Emotion 6	Aquilion Lightning
Tube voltage	130 kV	120 kV
Tube current	60 mAs	90 mAs
Slice width	1.25 mm	0.5 mm

縮小率50%

Fig.1 CT scanning condition (SOMATOM Emotion 6 and Aquilion Lightning)

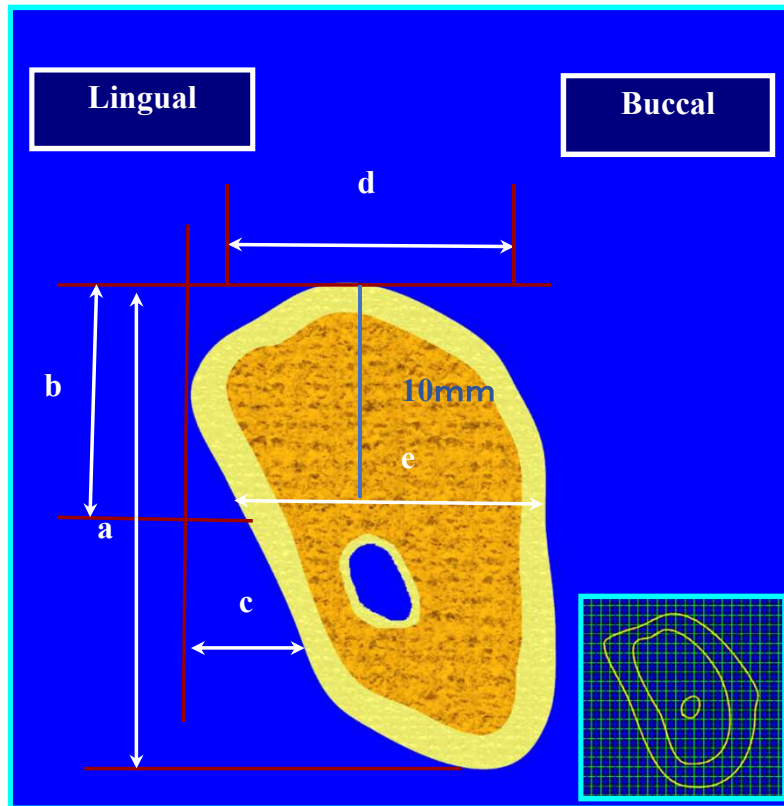


Fig. 2 Area and parts of the cross-section of the mandible being measured

a: Vertical dimension of the entire mandibular bone

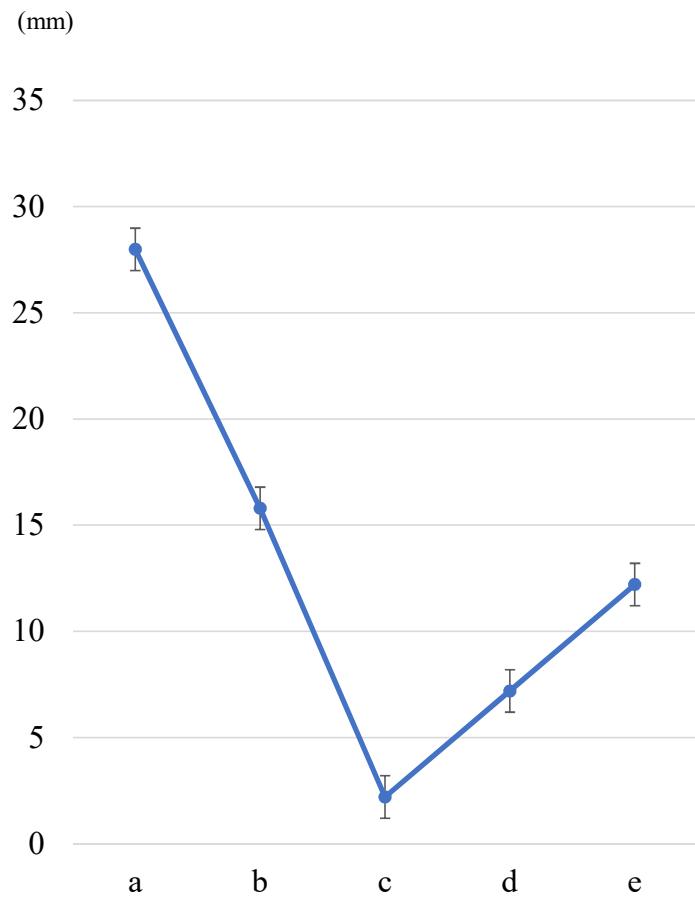
b: Dimension from the alveolar ridge crest to the upper part of the mylohyoid line

c: Deepest part of the submandibular fossa

d: Width of the alveolar ridge

e: Width of the bone located 10 mm from the alveolar ridge

縮小率66.7%



縮小率66.7%

Fig. 3 Mean value of the combined group of both male and female subjects regarding the parts of the cross-section of the mandible being measured

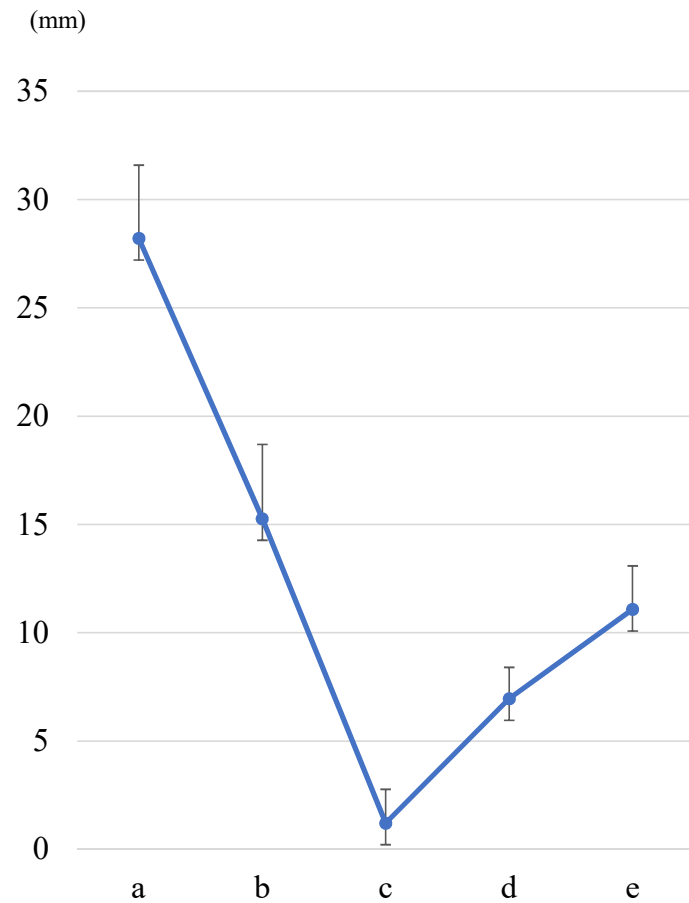
a: Vertical dimension of the entire mandibular bone

b: Dimension from the alveolar ridge crest to the upper part of the mylohyoid line

c: Deepest part of the submandibular fossa

d: Width of the alveolar ridge

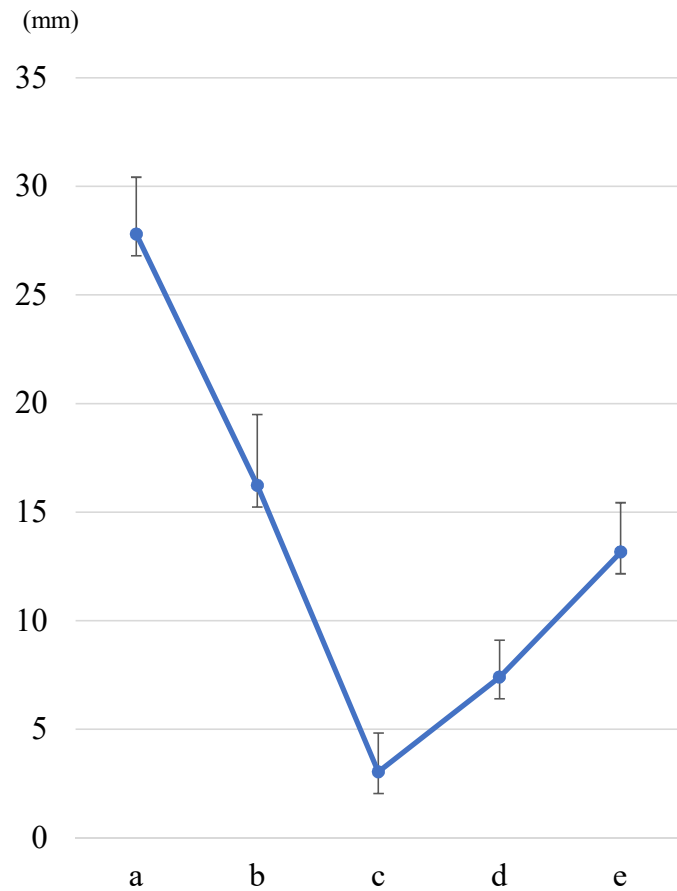
e: Width of the bone located 10 mm from the alveolar ridge



縮小率66.7%

Fig. 4 Mean value of the combined group of both male and female subjects regarding the parts of the cross-section of the mandible being measured (0 mm cross-section)

- a: Vertical dimension of the entire mandibular bone
- b: Dimension from the alveolar ridge crest to the upper part of the mylohyoid line
- c: Deepest part of the submandibular fossa
- d: Width of the alveolar ridge
- e: Width of the bone located 10 mm from the alveolar ridge



縮小率66.7%

Fig. 5 Mean value of the combined group of both male and female subjects regarding the parts of the cross-section of the mandible being measured (8 mm cross-section)

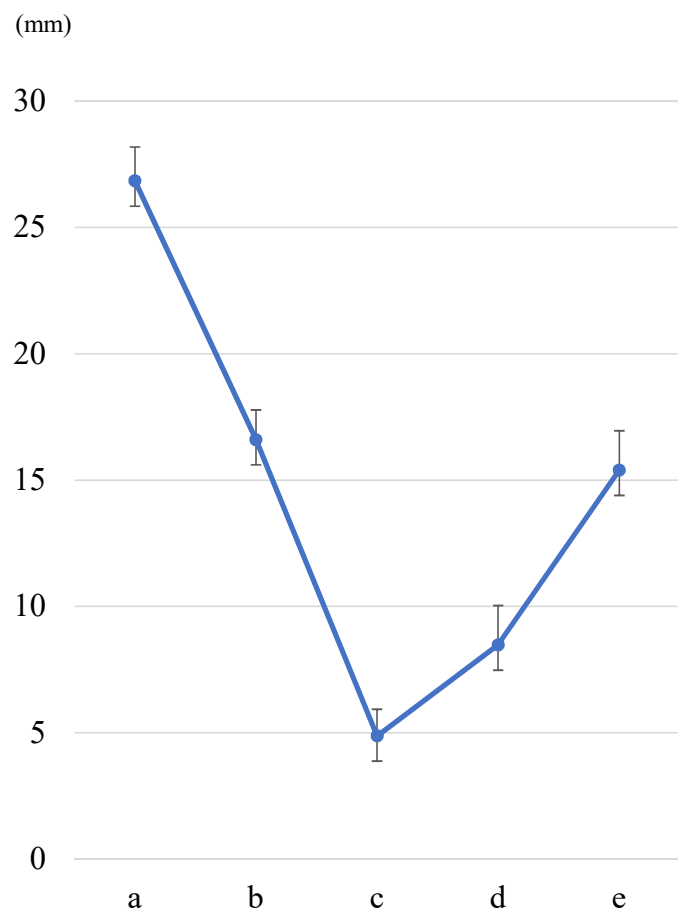
a: Vertical dimension of the entire mandibular bone

b: Dimension from the alveolar ridge crest to the upper part of the mylohyoid line

c: Deepest part of the submandibular fossa

d: Width of the alveolar ridge

e: Width of the bone located 10 mm from the alveolar ridge



縮小率66.7%

Fig. 6 Mean value of the combined group of both male and female subjects regarding the parts of the cross-section of the mandible being measured (16 mm cross-section)

- a: Vertical dimension of the entire mandibular bone
- b: Dimension from the alveolar ridge crest to the upper part of the mylohyoid line
- c: Deepest part of the submandibular fossa
- d: Width of the alveolar ridge
- e: Width of the bone located 10 mm from the alveolar ridge

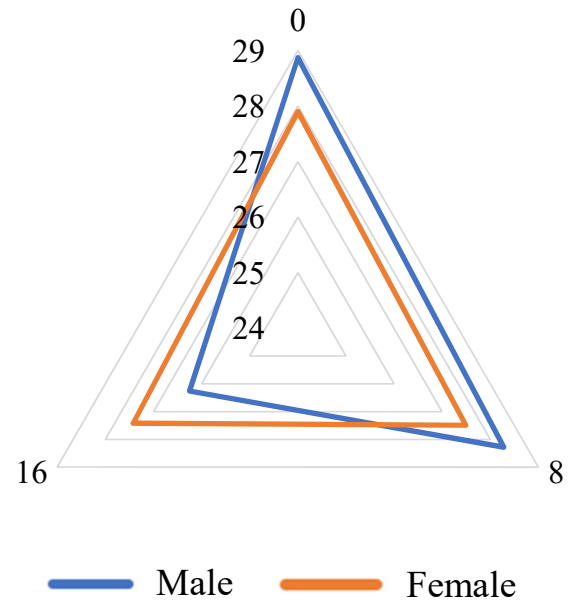
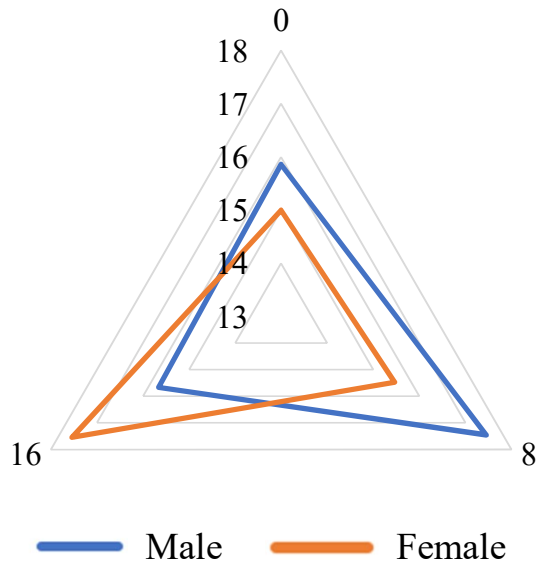


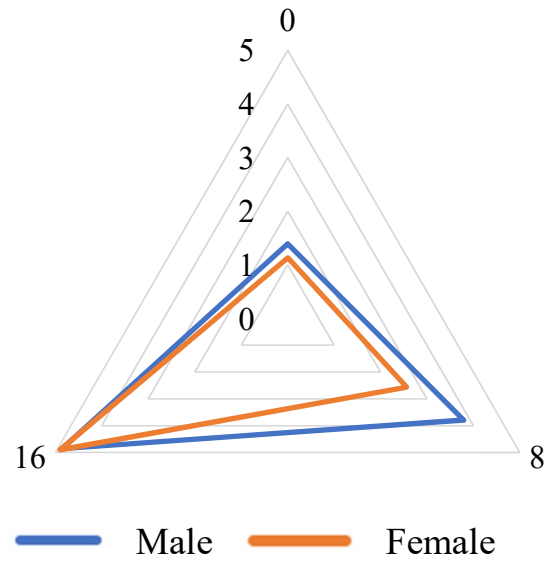
Fig. 7 a: Gender differences in the vertical dimension of the entire mandible

縮小率66.7%



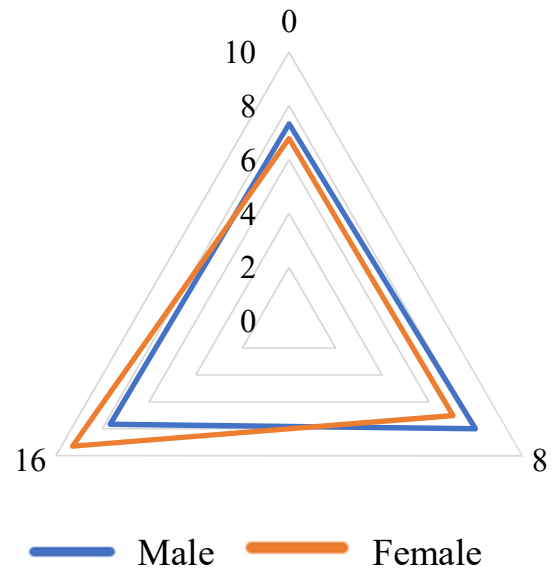
縮小率66.7%

Fig. 8 b: Gender differences in the dimension from the alveolar ridge crest to the upper part of the mylohyoid line



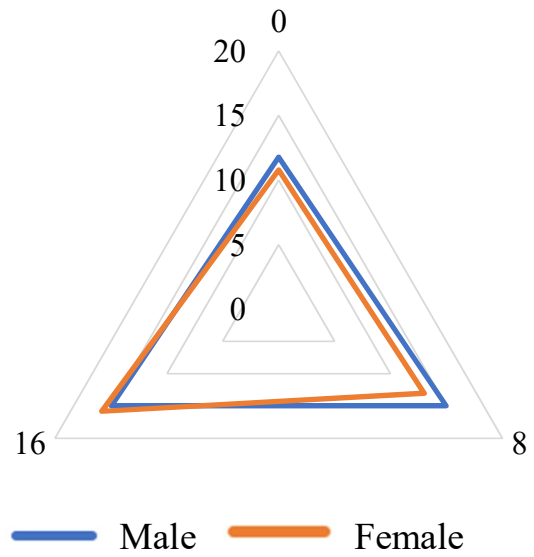
縮小率66.7%

Fig. 9 c: Gender differences in the deepest part of the submandibular fossa



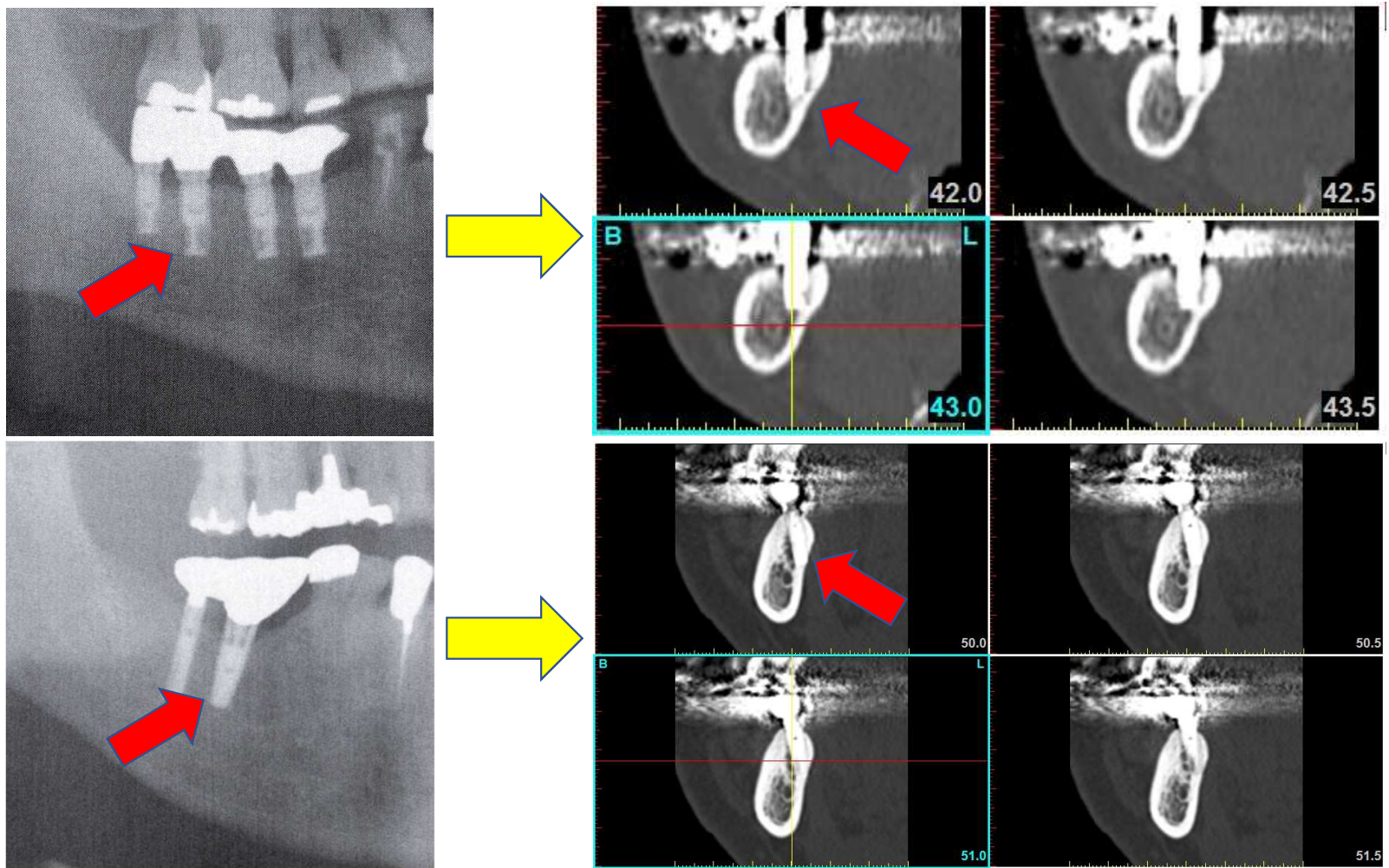
縮小率66.7%

Fig. 10 d: Gender differences in the width of the alveolar ridge



縮小率66.7%

Fig. 11 e: Gender differences in the width of the bone located 10 mm from the alveolar ridge



縮小率66.7%

Fig. 12 Clinical example of oral implants: comparison of panorama X-ray images and SIM plant TM images

	SOMATOM Emotion 6	Aquilion Lightning
Tube voltage	130 kV	120 kV
Tube current	60 mAs	90 mAs
Slice width	1.25 mm	0.5 mm

Fig.1 CT scanning condition (SOMATOM Emotion 6 and Aquilion Lightning)

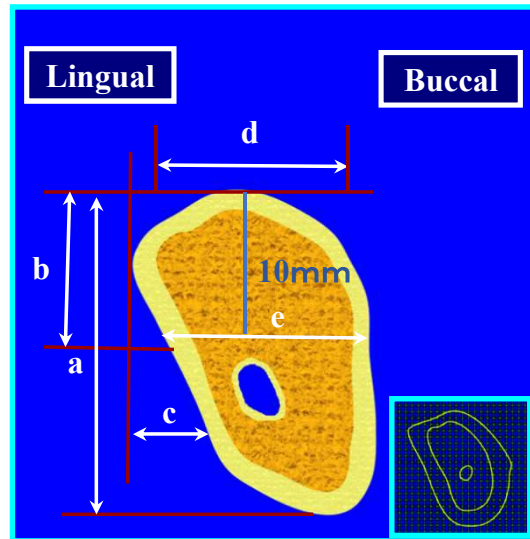


Fig. 2 Area and parts of the cross-section of the mandible being measured

a: Vertical dimension of the entire mandibular bone

b: Dimension from the alveolar ridge crest to the upper part of the mylohyoid line

c: Deepest part of the submandibular fossa

d: Width of the alveolar ridge

e: Width of the bone located 10 mm from the alveolar ridge

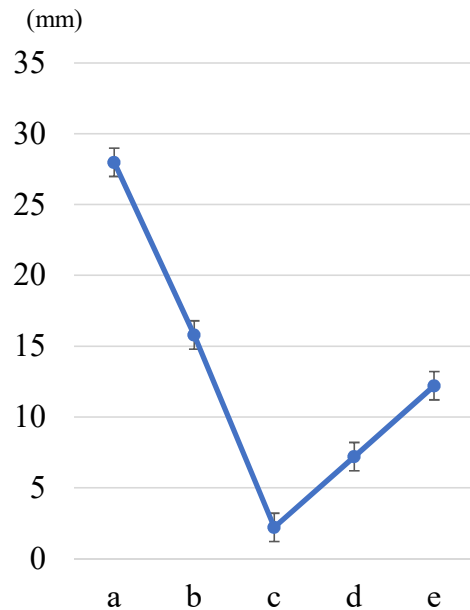


Fig. 3 Mean value of the combined group of both male and female subjects regarding the parts of the cross-section of the mandible being measured

a: Vertical dimension of the entire mandibular bone

b: Dimension from the alveolar ridge crest to the upper part of the mylohyoid line

c: Deepest part of the submandibular fossa

d: Width of the alveolar ridge

e: Width of the bone located 10 mm from the alveolar ridge

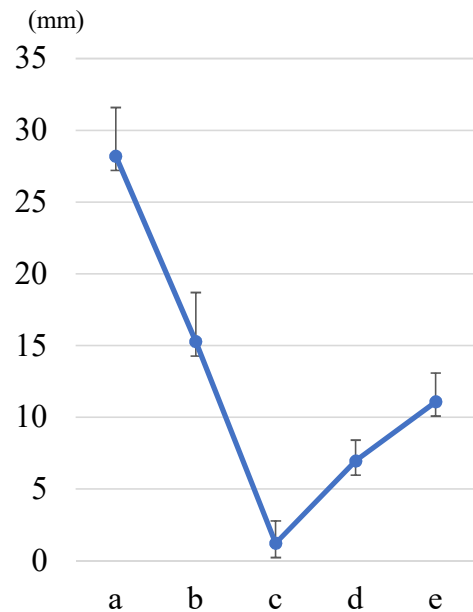


Fig. 4 Mean value of the combined group of both male and female subjects regarding the parts of the cross-section of the mandible being measured (0 mm cross-section)
a: Vertical dimension of the entire mandibular bone
b: Dimension from the alveolar ridge crest to the upper part of the mylohyoid line
c: Deepest part of the submandibular fossa
d: Width of the alveolar ridge
e: Width of the bone located 10 mm from the alveolar ridge

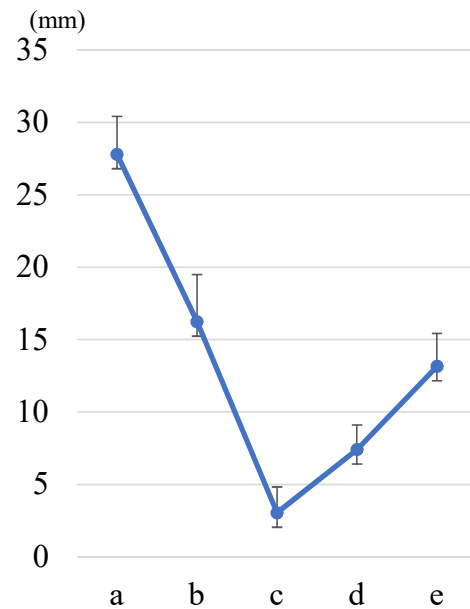


Fig. 5 Mean value of the combined group of both male and female subjects regarding the parts of the cross-section of the mandible being measured (8 mm cross-section)

a: Vertical dimension of the entire mandibular bone

b: Dimension from the alveolar ridge crest to the upper part of the mylohyoid line

c: Deepest part of the submandibular fossa

d: Width of the alveolar ridge

e: Width of the bone located 10 mm from the alveolar ridge

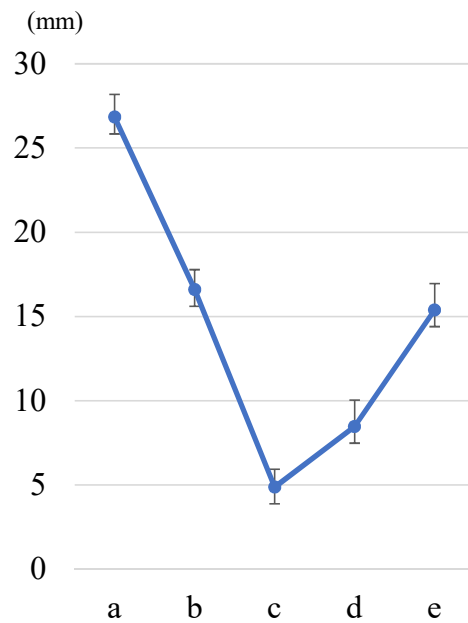


Fig. 6 Mean value of the combined group of both male and female subjects regarding the parts of the cross-section of the mandible being measured (16 mm cross-section)

a: Vertical dimension of the entire mandibular bone

b: Dimension from the alveolar ridge crest to the upper part of the mylohyoid line

c: Deepest part of the submandibular fossa

d: Width of the alveolar ridge

e: Width of the bone located 10 mm from the alveolar ridge

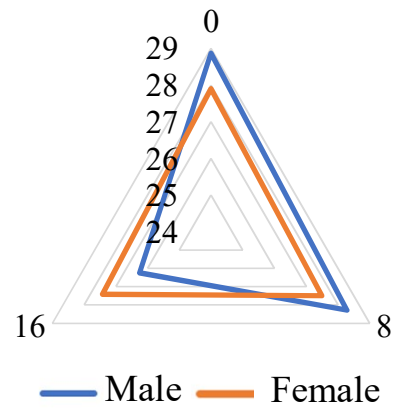


Fig. 7 a: Gender differences in the vertical dimension of the entire mandible

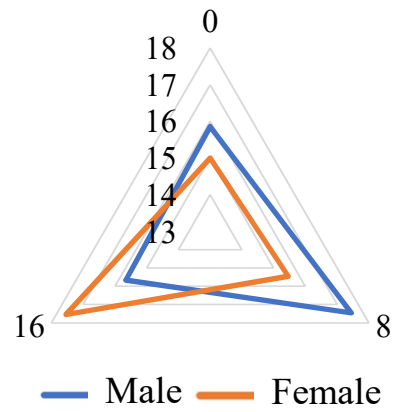


Fig. 8 b: Gender differences in the dimension from the alveolar ridge crest to the upper part of the mylohyoid line

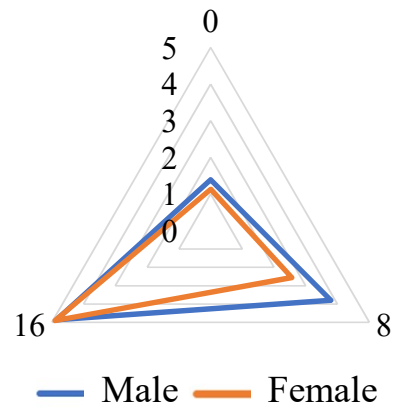


Fig. 9 c: Gender differences in the deepest part of the submandibular fossa

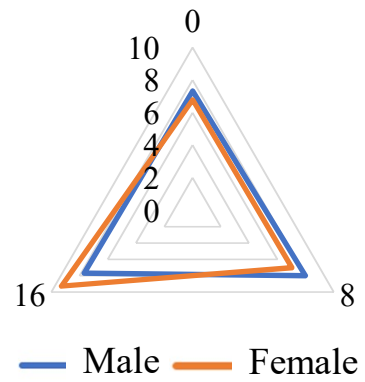


Fig. 10 d: Gender differences in the width of the alveolar ridge

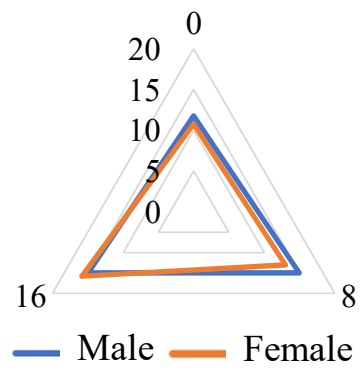


Fig. 11 e: Gender differences in the width of the bone located 10 mm from the alveolar ridge

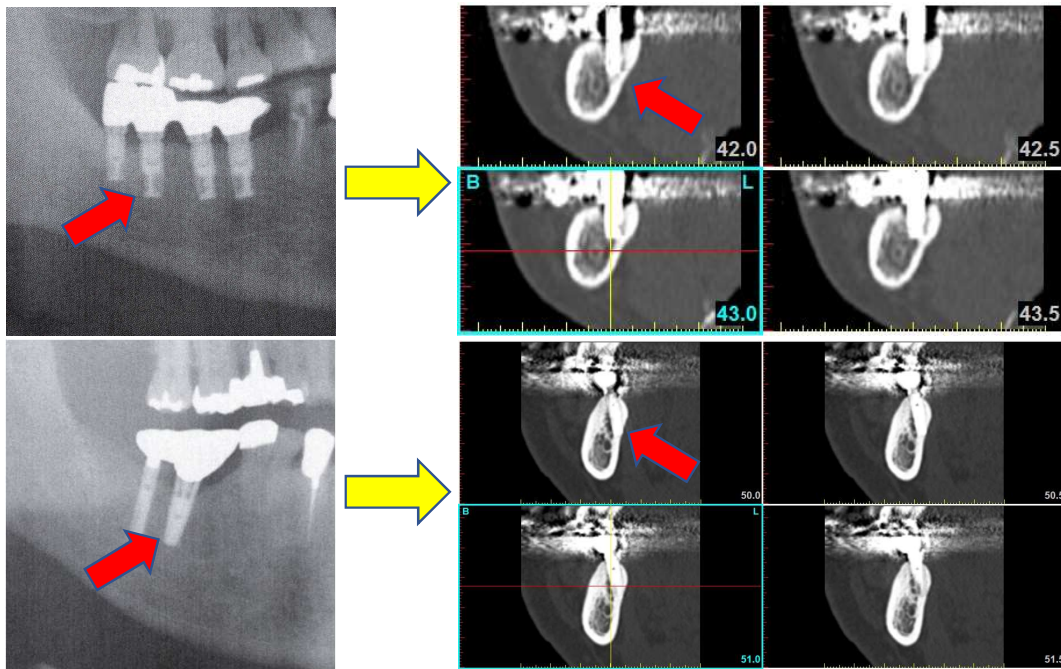


Fig. 12 Clinical example of oral implants: comparison of panorama X-ray images and SIM plant TM images