The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	パノラマエックス線写真上の下顎角の信頼性ならびに咬合力，顎堤吸収との関係性
Author(s)	三輪，俊太
Citation	大阪大学，2016，博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/56131
rights	© 2016, The Author(s). This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

パノラマエックス線写真上の下顎角の信頼性
ならびに咬合力，顎堤吸収との関係性

大阪大学大学院歯学研究科

顎口腔機能再建学講座

三輪　俊太

指導教員

大阪大学大学院歯学研究科

顎口腔機能再建学講座

前田　芳信　教授

緒言

欠損補綴治療の主な目的は，歯や歯列の欠損を補うことによって失われた機能を回復し，また審美的な回復・改善に寄与することにある[1]．欠損補綴治療の難易度には様々な要素が関与しているが，有床義歯補綴において，欠損部顎堤形態はその難易度を決定する重要な要素の一つとなる[2]．全部床義歯において，顎堤形態は義歯の安定に関与し[3]，咀嚼能率[4,5]，快適性[6]，患者満足度[7]に影響すると報告されている．また，部分床義歯において，顎堤形態の違いは支台歯の変位の方向と大きさに影響することが報告されている[8,9]．義歯装着時の顎堤吸収はその補綴治療の代償ではあるものの，顎堤の形態が様々な要素と関連していることを考慮すると，適切な治療計画[10,11]やメンテナンス計画の立案により，顎堤吸収の程度は軽減されるべきである[12-15]．顎堤吸収を促進する原因の一つには義歯の動揺による義歯床下粘膜への強い圧負担が影響している[16]．義歯の安定には人工歯排列[17]や咬合様式[18]，維持装置[19]などが関与しているが，強い咬合力も義歯床下顎堤へ過度な力をかけ，顎堤吸収を促進する可能性が考えられる．

咬合力の強さは咬耗，骨隆起などの口腔内の状態から予測したり[20-22]，咬合力を測定するための機器を用いて計測する[23-25]．しかしながら，身体的特徴は現在の咬合力を正確に反映しているとは限らず，測定機器は補綴終了後に測定することとなるため治療計画の段階で正確な咬合力の値を知ることはできない．治療計画立案時に咬合力を予測するための指標として，岩崎ら[26]は側方頭部エックス線規格写真上の下顎角が小さい患者は強い咬合力を有することを，また，Sondargら[27]は側方頭部エックス線規格写真上の下顎角は最大咬合力の有意な説明変数であることを報告しているが，側方頭部エックス線規格写真は臨床上撮影される機会は多くない．一方で，パノラマエックス線写真はその情報量の多

さから撮影される機会が多く[28-30], そこから咬合力や顎堤吸収との関連を見いだすことができれば，測定機器を用いずに，なおかつ治療計画立案時に咬合力を予測することができ，その臨床的意義は大きい．しかしながら，過去にそのような関係性を検討した報告は認められない．その理由として，側方頭部エックス線規格写真と異なりパノラマエックス線撮影は統一した頭部の設置条件や撮影条件がなく，Laster ら[31]の報告のように，撮影時の頭部の位置づけの変化によって画像に歪みが生じることが原因として考えられる．一方で，パノラマエックス線写真上の下顎角(GAO: Gonial Angle on Orthopantomogram)に関しては頭部の位置づけによって変化しないとの報告がいくつか認められる[32-34]．ただし，これらの検討の問題点として，GAO の計測値の比較のみが行われており，統計学的に分析が行われていないことが挙げられる．

そのため，本研究では治療計画立案時に咬合力，顎堤吸収の程度を予測する方法の確立を目的として，パノラマエックス線撮影時の GAO の信頼性の分析，そして GAO と咬合力との関係ならびに顎堤吸収との関係の検討を行った．

研究方法

研究 1. GAO の信頼性に関する検討

パノラマエックス線撮影時に頭部の位置づけが変化した場合のGAOの値の信頼性を明らかにするため，乾燥下顎骨を用いて以下の検討を行った.

1. 研究方法

1）対象ならびに設置条件

5体の乾燥下顎骨の設置条件を変化させ,パノラマエックス線撮影を行いGAOの精度を検証した．臨床上，患者の頭部の位置づけはフランクフルト平面が地面と水平となるよう撮影を行うが，本研究では下顎骨のみを使用するため同様の設置方法を行うことができなかった．そのため乾燥下顎骨の咬合平面が透明のアクリルプレートと平行となるようワックスにて固定し，パノラマエックス線撮影を行った(図 1)．アクリルプレートは日本人のフランクフルト平面と咬合平面の平均角度を報告した Ahsan ら [35] の文献を基に，咬合平面が地面と水平な位置から矢状面にてオトガイ部を 10 度下方に回転させた位置で固定し，これを基準面とした．基準面からオトガイ部を 15 度上方に回転させた条件(上方回転)ならびに基準面からさらに 15 度下方に回転させた条件(下方回転)にて撮影を行い，3 条件間の検討を行った(図 2)．いずれの条件でもオトガイ部が同一部位に位置づけられるよう設置した．水平面は両側下顎頭を結んだ線が矢状面と垂直になるように設置し，前頭面は両側下顎頭を結んだ線が水平面と平行になるよう設置した.

2）パノラマエックス線撮影

パノラマエックス線撮影には Auto-1000 (朝日レントゲン工業株式会社，京都，日本)を用い，管電圧 74 kVp，管電流 12 mA とした．

3）GAO の測定

現像されたパノラマエックス線写真は JPEG ファイルとしてパーソナルコンピューターに取り込み，image-processing software (Image J; National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA)を用いて GAO を測定した．過去の報告を基に，GAO は下顎骨の後縁と下縁のなす角度と定義した [32,34](図 3)．GAO の測定は 1 名の計測者が 4 回ずつ測定し，さらに 3 名が 1 回ずつ計測を行った．

4）統計解析

画像から GAO の値を計測する際の計測者内信頼性の検討に級内相関係数 case1(ICC case1: Intraclass Correlation Coefficient case1)を，計測者間信頼性の検討に級内相関係数 case2(ICC case2: Intraclass Correlation Coefficient case2)を用いた．乾燥下顎骨の設置条件間の信頼性の検討に ICC case2 を用いた．統計解析には SPSS (Ver.20，SPSS.Inc., Chicago, IL, USA)を用い，いずれも有意水準は 5%とした．

2. 研究結果

1）GAO 測定の計測者内・計測者間信頼性

1 名の術者が 4 回計測した値を用いて計測者内信頼性を分析した結果，4 回の平均値を使用した場合の信頼性は ICC(1,4)=0.999，単一測定値を使用した場合の信頼性は ICC(1,1)=0.995 であった．いずれも有意確率は 5%未満であった．

4 回測定した計測者の初回の計測値，ならびにその他 3 名の測定値を用いて計測者間信頼性を分析した結果，4 名の平均値を使用した場合の信頼性は ICC(2,4)=0.999，1 名の値を使用した場合の信頼性は ICC(2,1)=0.996 であった．

いずれも有意確率は 5%未満であった.

このことから，現像されたパノラマエックス線写真から GAO を測定する場合は 1 名の計測者が計測した 1 回の値で十分な信頼性を有することが示された.

2）乾燥下顎骨設置条件による GAO の信頼性

4 回測定した計測者の初回の計測値を表 1 に示す．基準面，上方回転，下方回転の間の信頼性は ICC(2,1)=0.992 であり，有意確率は 5%未満であった．このことから，矢状面にて条件が変化した場合でも GAO は高い信頼性を有することが示された.

3. 小括

パノラマエックス線撮影時に頭部の位置づけが矢状面にて変化しても，現像された画像上の GAO の値は高い信頼性を有することが示唆された．また，画像から GAO を測定する場合には 1 名の術者が 1 度計測すれば十分な信頼性を有することが示された．このことから，臨床上撮影されたパノラマエックス線写真から GAO を計測した値は信頼性が高いため，1 つの指標として検討を行うことが可能となった.

研究 2. GAO と咬合力に関する検討

GAO と咬合力ならびにその他の咬合力関連因子との関係を明らかにすることを目的とし，以下の研究を行った.

1. 研究方法

1）研究対象

研究対象は大阪大学歯学部附属病院臨床実習生 64 名とし，顎関節症症状を有する者，臼歯部咬合接触を認めない者，暫間補綴装置を装着している者を除いた男性 27 名，女性 31 名(平均年齢 24.6±3.6 歳)に対して以下の調査を行った．対象者には研究の趣旨を口頭・文書にて説明し，参加の中断の自由があること，得られた情報は研究目的以外には使用しないこと，得られた情報は使用後破棄すること，個人が特定されないよう配慮することを説明し，同意を得た．なお、本研究は大阪大学大学院歯学研究科倫理審査委員会の承認を得て行った(H23-E23).

2）咬合力の測定

①使用機器

オクルーザルフォースメーターGM10(長野計器株式会社，東京，日本)を用いて最大咬合力の測定を行った [36](図 4,5).

②測定部位

両側第一小臼歯，第二小臼歯ならびに第一大臼歯にて最大咬合力を測定し，左右の平均値を各部位の最大咬合力とした．第二大臼歯の最大咬合力は，オクルーザルフォースメーターGM10 の計測範囲を超えることが多く認められたため除外した.

③測定方法

対象者にはフランクフルト平面が地面と水平となるよう座り，オクルーザルフォースメーターGM10 を可能な限り強く咬むように指示した．なお，筋疲労の影響を考慮し，岩崎ら[26]の報告に従い，測定は 30 秒以上の間隔を空けて行った．

3）咬合力関連因子の調査

①GAO の測定

臨床実習にて撮影したパノラマエックス線写真を用いてGAOの計測を行った．左右の平均値をその被験者の GAO とした．

②握力の測定

握力計 TOEI LIGHT(堤製作所，東京，日本)を用いて，両側の握力の計測を行った．左右の平均値をその被験者の握力とした．

③BMI の計算

その他の咬合力関連因子として，身長ならびに体重を測定し，BMI の計算を行った．

4）統計解析

最大咬合力，GAO，握力，BMI の二項間の関係性の検討に Pearson の相関係数を，最大咬合力，GAO，握力，BMI の性差の検討に t 検定を用いた．最大咬合力を目的変数とした多変量解析に重回帰分析を用いた．統計解析には SPSS (Ver.20，SPSS.Inc., Chicago, IL, USA)を用い，いずれも有意水準は 5%とした．

2．研究結果

1）各データの分布

本研究において，第一小臼歯の最大咬合力は平均 256.4±130.3N，第二小臼歯は 319.0±171.7N，第一大臼歯は 487.5±227.1N であった．GAO の平均は 123.3±7.5

度，握力の平均は 34.2±10.7kg，BMI の平均は 20.3±2.7 であった(表 2).

2）最大咬合力と咬合力関連因子との 2 項間の関係

Pearson の相関係数の結果，第二小臼歯ならびに第一大臼歯の最大咬合力と GAO との間に有意な負の相関を認めた．それぞれの相関係数(r)は r=-0.376(有意確率(p)=0.005)，r=-0.479(p<0.001)であった．また，全ての部位の最大咬合力は握力と有意な正の相関を認め，第一小臼歯で r=0.337(p=0.038)，第二小臼歯で r=0.417(p=0.005)，第一大臼歯で r=0.556(p<0.001)であった．BMI はいずれの部位の最大咬合力とも有意な相関を示さなかった(表 3).

t 検定の結果，いずれの部位でも最大咬合力は男女間で差を認め，有意に男性の方が高い値を示した(図 6).

3）咬合力関連因子同士の 2 項間の関係

Pearson の相関係数の結果，握力と BMI の間に有意な正の相関を認め，r=0.417(p=0.005)であった．GAO と握力，GAO と BMI の間には有意な相関を認めなかった(表 4)．また t 検定にて握力と BMI は男女間で差を認め，有意に男性の方が高い値を示した．GAO は男女間にて有意差を認めなかった(図 7).

4）最大咬合力に関与する因子の関係性

以上の結果より，GAO，握力，性別を説明変数とし，各部位の最大咬合力を目的変数としたステップワイズ法の重回帰分析を行った．その結果，第一小臼歯では性別(p=0.020)が最大咬合力の有意な説明変数となった．自由度調整済み決定係数(adjusted R^2)は 0.141 となり，標準偏回帰係数(β)は-0.375 であった．第二小臼歯では，GAO(p=0.020)ならびに握力(p=0.009)が有意な説明変数となり，adjusted R^2 は 0.247，β はそれぞれ-0.335 と 0.382 であった．第一大臼歯では，GAO(p=0.001)ならびに握力(p<0.001)が有意な説明変数となり，adjusted R^2 は 0.487，β はそれぞれ-0.424 と 0.510 であった(表 5).

3. 小括

GAO が小さい患者ほど咬合力が大きく，握力が大きい患者ほど咬合力が大きい傾向が示された．また，それらの影響の程度は GAO よりも握力がやや強いことが示された.

研究 3. GAO と顎堤吸収に関する検討

GAO と顎堤吸収ならびにその他顎堤吸収関連因子との関係を明らかとすることを目的とし，以下の研究を行った.

1. 研究方法

1）研究対象

研究対象は平成 17 年 1 月 1 日から平成 21 年 12 月 31 日の間に大阪大学歯学部附属病院咀嚼補綴科に来院した患者のうち，義歯装着もしくはリラインを行った患者とした．このうち治療の必要上パノラマエックス線写真を撮影している患者に限定し，本院データウェアハウスからソフトウェア PC-KAGRA(日本電気株式会社，東京，日本)を用いて抽出した．その結果，414 名が対象となった．なお、本研究は大阪大学大学院歯学研究科倫理審査委員会の承認を得て行った(H23-E23).

2）顎堤吸収の調査

本研究において，顎堤吸収の早さを表す因子として，平均リライン間隔の調査を行った．平均リライン間隔は「義歯装着からリラインまでの期間」もしくは「リラインからリラインまでの平均日数」とし，追跡期間の日数を間隔回数で割ることで計算した(図 8-a). 平成 17 年 1 月 1 日以降に初めて義歯装着もしくはリラインを行った日から追跡を開始した．平均リライン間隔が測定できない状態で，義歯に関与する歯の抜歯処置を行っている場合，新義歯の装着を行っている場合，義歯の設計変更を行っている場合，あるいは 6 か月以上通院歴が空いている場合は追跡を中断し，その後の義歯装着日もしくはリライン日から追跡を再開した(図 8-b). ただし，義歯に関与する歯の抜歯を行っている場合の

み，その半年後以降の処置から追跡を再開した(図 8-c)．平均リライン間隔が測定できた状態で上記の条件を満たした場合はその時点で追跡終了とした．

3）対象者の除外

対象となった 414 名のうち，以下の条件を満たす患者は除外した(図 9).

① 平均リライン間隔を測定できない患者

定期的な通院がない，抜歯処置を繰り返し安定したリコール期間がない，追跡期間中に義歯装着もしくはリラインが 1 回のみである，などの理由から平均リライン間隔を測定できない患者 226 名を除外した．

② その他の要因を有する患者

顎補綴患者，顎骨形成不全患者，インプラント埋入患者，骨折の既往のある患者，パノラマエックス線写真の不備により下顎角が測定できない患者 81 名を除外した．

③ 欠損様式による除外基準

対象顎欠損様式が無歯顎である患者は，義歯不適合の理由のみでなく，外形の問題によるリラインを行っていることが診療録に多く記載されていたため，その 37 名を除外した. 対象顎欠損様式が中間欠損である患者は 5 名のみであり，統計学的に分析を行うことができないことから除外した．

上記の除外基準を満たさなかった 65 名の遊離端義歯装着患者を対象に以下の分析を行った．

4）顎堤吸収関連因子の調査

①GAO

追跡期間内に撮影されたパノラマエックス線写真もしくは追跡期間内に撮影していない場合は最も近い日のパノラマエックス線写真から GAO を測定した．両側の平均値をその対象者の GAO の値とした．

② 対象顎

片顎のみが平均リライン間隔を測定できる場合，その顎を対象顎とした．上下顎ともに平均リライン間隔を測定できる場合，追跡期間が長い顎を対象顎とした．上下顎ともに平均リライン間隔が測定でき，なおかつ追跡期間も同日であった場合，下顎をその対象者の対象顎とした．

③その他の顎堤吸収関連因子

その他の顎堤吸収関連因子として，性別，対象顎残存歯数，対合残存歯数，対合欠損様式，咬合支持数の調査を行った．

5）統計解析

平均リライン間隔と顎堤吸収関連因子の二項間の関係性の検討には Spearman の順位相関係数, Mann-Whitney の U 検定ならびに Kruskal-Wallis 検定を行った．平均リライン間隔を目的変数とした多変量解析にはロジスティック回帰分析を用いた．統計解析には SPSS (Ver.20，SPSS.Inc., Chicago, IL, USA)を用い，いずれも有意水準は 5%とした．

2. 結果

1）各データの分布

本研究において，対象者は男性 32 名，女性 33 名であった．平均リライン間隔の中央値は 533.25(357.25-698.75)日, 年齢の中央値は 66.5(61.25-71.75)歳, GAO の中央値は 123(119-128)度であった．その他の顎堤吸収関連因子のデータの分布を表 6，表 7 に示す．

2）平均リライン間隔と顎堤吸収関連因子の二項間の関係

Spearman の順位相関係数の結果, 平均リライン間隔と GAO の間に有意な正の相関を認めた．相関係数(rs)は rs=0.335(p=0.006)であった．また，対合残存歯数

は rs=-0.187(p=0.137)，咬合支持数は rs=-0.214(p=0.087)であった．Mann-Whitney の U 検定の結果，性別にて有意差(p=0.038)を認めた．

その他顎堤吸収因子の二項間の関係の結果は表 8 に示す．

3)平均リライン間隔に関与する因子

二項間の関係にて有意確率が 0.15 以下であった GAO，性別，対合残存歯数，咬合支持数を説明変数とし，尤度比による変数増加法を用いたロジスティック回帰分析を行った．目的変数である平均リライン間隔は中央値に近似する 1 年半(547.5 日)にて 2 値化した．連続変数である GAO，対合残存歯数，咬合支持数は各中央値にて 2 値化した(表 9)．

その結果，平均リライン間隔に関与する因子として GAO ならびに性別が有意な説明変数となった．Hosmer-Lemeshow 検定にて p=0.830 を示し，モデルが適合していることが示された．GAO のオッズ比は 4.6，95%信頼区間は 1.5-14.1，p=0.007 であった．性別のオッズ比は 3.0，95%信頼区間は 1.0-9.0，p=0.048 であった．

3. 小括

GAO が 123 度以下の患者は 124 度以上の患者と比較して 1 年半以内にリラインを行う可能性が 4.6 倍高かった．また，男性は女性と比較して 1 年半以内にリラインを行う可能性が 3.0 倍高かった．

考察

1. GAO の信頼性に関する検討について

1）乾燥下顎骨の設置条件について

Ahsan ら[35]は側方頭部エックス線規格写真において水平面と咬合平面のなす角度の平均値は日本人の男性で 9.5 度，女性で 11.4 度であることを報告している．この報告を基に，本研究では乾燥下顎骨の咬合平面が地面と 10 度となるよう設定した．

また，本研究では乾燥下顎骨の設置条件は矢状面に限定し検討を行った．パノラマエックス線写真は側方頭部エックス線規格写真と比較して撮影方法が統一されてはいないものの，前頭部ならびオトガイは固定され，さらに正中線は機器の指示ビームに従うため，撮影者が「①正中矢状線が装置の中心を表す指示光線または指示棒にあっているか．②被検者の左右がバランスよく位置して，傾斜したり回転していないか．③フランクフルト平面が水平になっているか．④顎を突き出し，体が前倒した姿勢になっていないか．⑤被検者がゆったりした状態で，しっかり立っているか.」[37]に十分な配慮をすることで前頭面ならびに水平面での位置づけの失敗を避けることができる．しかしながら，咬合支持を喪失した患者の撮影では，患者の感覚によりその開口の程度が決定され，矢状面における下顎骨の設置の再現性には問題が生じることがあると考えられたため，この条件下での検討を行った．

2）GAO の信頼性について

パノラマエックス線撮影の条件に関わらずGAOは変化しないとの報告はいくつか認められる[32-34]．さらには Larheim TA ら[38]は，GAO は側方頭部エックス線規格写真よりも精度が高いと報告している．しかしながら，いずれの報告も統

計学的な検討は行われておらず，その信頼性が低いことが問題として挙げられた．本研究はこれらの報告を支持し，なおかつ統計学的に証明する結果となった．

本研究において，乾燥下顎骨の設置条件を変化させても GAO の値が高い級内相関を示した理由として，GAO が長さではなく角度によって決定される数値であるということと，下顎角への照射方向が関与していることが考えられる．パノラマエックス線写真上の水平方向の長さの計測は明らかに信頼性が低いとの報告はあるが [38]，GAO は角度で表されるため画像の歪みの影響を受けづらいことが考察される．また，現在のパノラマエックス線撮影は断層面が下顎骨の形態に合うように回転中心を連続させる回転軸移動法式や多軌道断層撮影である [37]．そのため，パノラマエックス線撮影時に下顎角に対して照射方向がほぼ垂直に当たるため，矢状面の回転に強くは影響されない可能性が考えられる．

2. GAO と咬合力に関する検討について

1）オクルーザルフォースメーターGM10 の使用について

咬合力の測定には，オクルーザルフォースメーターGM10[36,39,40] のみならずデンタルプレスケール [41-43] や T-scan[44-46] を用いた方法が報告されている．これらの咬合力測定方法の違いは，計測機器の厚さと部位特異性である．オクルーザルフォースメータ−GM10 がロードセルを使用する [40] ため約 1.5mm の厚みがあり部位特異的に咬合力を測定することができるのに対し，デンタルプレスケールや T-scan は感圧シートにて咬合力を測定するため厚さがほとんどなく [43,46]，全顎的な咬合力を測定することができる．本研究では，GAO と咬合力，さらには義歯装着時の顎堤吸収との関係を明らかにする目的から，全顎的な咬みしめ時の咬合力ではなく機能時の咬合力を測定すること，つまり食事時に顎堤にかかる負荷を想定する必要があった．中島ら [47] は義歯装着患者においてオクルーザルフ

ォースメーターGM10 の最大咬合力と摂取可能食品アンケートの間には有意な相関があることを報告しており，最大咬合力が強い患者はより硬い食品を摂取し、食事時にも顎堤に強い負荷を加えている可能性が考えられた．そのため，本研究ではオクルーザルフォースメーターGM10 にて測定した最大咬合力を説明変数として採用した．

2）咬合力関連因子同士の関係について

生物の形態形成は遺伝的要因と環境的要因によって決定され，下顎角の形態もそれらの因子によって決定される．本研究において，下顎角の形態の決定に環境的要因よりも遺伝的要因の影響が強い場合，GAO と筋力の代償因子である握力 [48-50] は独立した変数となり，その間に有意な相関関係を認めないことが予想された．反対に，遺伝的要因よりも環境的要因の影響が強く，筋力や嗜好品の影響により下顎角の形態が決定される場合，GAO と握力，すなわち筋力の間には有意な相関関係を認めることが予想された．本研究の結果では，GAO と握力は有意な相関を示さず，それぞれが第二小臼歯ならびに第一大臼歯最大咬合力の独立した有意な説明変数となった. このことから, 下顎角の形態を表す GAO は握力とは強い関係性を示さない独立した因子であると考えられ，下顎角の成長は環境的要因よりも遺伝的要因が強く影響している可能性が考えられる．Vicek ら [51] は家系の研究から, 中田 [52] は双生児を用いた研究から顔面頭蓋の決定には遺伝的要因が強いことを，成島ら [53] はマウスを用いて下顎角の大きさには複数の遺伝子が関与し遺伝的要因が強く関わっていることを報告しており，本研究はこれらを支持する結果となった．

また，握力は男女間で有意差を認め，なおかつ重回帰分析において握力と性別が同時に有意な説明変数となることはなかった．このことから，握力と性別は咬合力を決定する因子のうち同一の因子に関与していることが考えられる．

以上のことから，咬合力には二つの因子が関与していることが考えられ，その一つにはGAOが, もう一つには握力と性別が関わっていることが考察される.

3）最大咬合力と咬合力関連因子の関係について

前述の考察より最大咬合力には二つの因子が関与している可能性が示唆された．その一つは過去の報告と同様に筋力であり，握力や性別が関与していることが考えられる．Iinuma ら [48] は高齢者にて，岩崎ら [49] はスポーツマンにて，Guimaraes ら [50] は筋ジストロフィー患者にて咬合力と握力の間には関係性があることを報告しており，健常若年者でも同様の傾向を示す可能性が示された.

もう一つの因子として，解剖学的形態が考えられる．咀嚼時の筋力の発揮には主に咬筋と側頭筋前部が活動しており [54], 特に垂直クレンチング時は咬筋が咬合力の主体とされている [55]．GAO が小さい患者は咬筋の起始である頬骨弓と停止である下顎角部が平行に近くなり，より筋力を発揮しやすい解剖学的形態を有していることが考察される [56]. そのため, 咬筋の走行から外れる第一小臼歯部ではこの影響が弱く，有意な説明変数とならなかったと考えられる.

また，本研究では BMI は最大咬合力と有意な相関関係を示さなかった．BMI と握力の間には相関関係を認めたため，体格と筋肉量の間にはある程度の関係性があると考えられる．しかしながら，BMI は脂肪や水分量も含めた体重を用いた値であるため，咬合力には影響しなかったと考えられる.

3. GAO と顎堤吸収に関する検討について

1）顎堤吸収を示す因子について

過去に顎堤吸収を比較した論文は数多くあり, その手法も様々である. Suenaga ら [57] は CT を用いて顎骨の高さを計測し比較検討を行った．CT を用いた方法は最も信頼性が高いと考えられるが、インプラント治療を行わない患者で 2 度に渡って CT を撮影している患者は少なくサンプル数の問題が大きい．また，研究

のために CT を撮影することは倫理上の問題が大きいことから本研究の研究方法として採用しなかった．Imirzalioglu ら[58]はパノラマエックス線写真上にてオトガイ孔を基準とした高さの比率で顎堤吸収を計測し，Elsyad ら[59]はパノラマエックス線写真上の面積比率で顎堤吸収を計測した．しかし，いずれの方法も頭部の位置づけが変化した場合の信頼性は報告されておらず，その信頼性には疑問が残るため採用しなかった．

本研究で採用した平均リライン間隔に関して，リラインは術者の判断に依存する部分があるため，術者の判断のばらつきが大きい場合，顎堤吸収を表す因子としての信頼性が損なわれる可能性が考えられた．そのため，術者を一教室に限定し調査を行った．大阪大学歯学部附属病院咀嚼補綴科では，遊離端義歯のリラインの基準は「リラインとリベースのガイドライン」[60]に準じ，義歯床と顎堤粘膜の適合状態が適合試験材によって不適合であると診断され，下顎位，咬合高径，咬合関係が正しいか，問題があっても調整により改善できる場合のみリラインを行うとされている(図 10). そのため，術者間の判断基準の差は最小限度に抑えられており，平均リライン間隔の信頼性は有すると考えられる．

2）顎堤吸収関連因子について

Atwood[61]は顎堤吸収の要因には，大きく解剖学的要因，代謝要因，機能的要因，補綴要因を報告している．解剖学的要因として顎堤の大きさや形，粘膜の厚みや特徴，顎堤の対向関係，抜歯窩の数や深さを，代謝要因として栄養，ホルモン，骨芽細胞や破骨細胞に影響する因子，年齢，性別，全身状態を，機能的要因として力のかかる頻度や強さ，期間，方向を，補綴要因として技術，材料，治療コンセプトなどを挙げている．それら以外の要素として骨ミネラル濃度[62,63]の報告もある．さらに，宮地[64]は口腔内の残存歯の状態によっては，義歯の回転沈下を予防することが困難であり，補綴時の残存歯数や咬合支持数，

対合関係は顎堤吸収を引き起こす一因となると報告している．そのため，本研究では診療録に記載されている上記の要素に関して調査を行ったが，後ろ向きコホート研究であることから，今回顎堤吸収関連因子として調査することができた要素は性別，対象顎，対象顎残存歯数，対合残存歯数，対合欠損様式，咬合支持数となった．

3）平均リライン間隔と顎堤吸収関連因子の関係性について

本研究ではGAOが123度以下の患者は124度以上の患者と比較して早く顎堤が吸収する傾向が示された．これは研究2の結果から，小さいGAOを有する患者ほど強い咬合力を有し，その結果顎堤吸収が早く進んだと考えられる．

さらに，女性よりも男性の方が早く顎堤吸収が進む傾向が示された．過去の報告では，男性よりも女性の方が顎堤が吸収しやすいとの報告がされており[65,66]，反対の結果を示した．この理由として，顎堤吸収には力を受ける顎堤の要素と力を加える咬合力の要素の関与が考えられる．過去の報告で女性が顎堤吸収をしやすいとしている理由として，歯槽骨内の骨塩の減少量が男性よりも女性の方が大きいこと[65,66]や骨粗鬆症が女性に多いこと[67]など顎堤の要素が強く影響していることが挙げられる．一方，本研究で男性が顎堤吸収しやすかった理由として，咬合力の要素が考えられる．研究 2 では筋力の要素と解剖学的な要素により咬合力が発揮されることが，さらに筋力の要素には握力と性別が関与していることが考察されたが，本研究は後ろ向き研究であるため握力の測定を行うことができなかった．そのため，筋力の代償因子としての性別が有意となり，男性が早く顎堤吸収をする傾向がみられた可能性が考えられる．

また，対象顎残存歯数，対合残存歯数，対合欠損様式，咬合支持数は顎堤吸収の有意な説明変数とはならなかった．この理由として，本研究は小規模後ろ向きコホート研究であるため，母集団に対してバイアスの問題が生じているこ

とが考えられる．平均リライン間隔は義歯装着からリラインもしくはリラインからリラインまでの間隔を測定するため，その追跡期間中に残存歯は安定した経過をたどる必要がある．しかしながら先の宮地ら[64]の報告にあるように咬合支持数が少ない症例や対合条件の不利な症例，すれ違い咬合症例などの難症例は安定した経過をたどりにくいため，平均リライン間隔が測定できず除外されていた可能性が考えられる．そのため，対象顎残存歯数，対合残存歯数，対合欠損様式，咬合支持数が顎堤吸収と関連がないと結論づけることはできない．今後 Atwood ら[61]の報告にある顎堤吸収に関連する因子を含め，より詳細な前向き研究を行っていくことが今後の課題であると考えられる．

4. GAO を計測することの臨床的意義について

本研究の臨床的意義は，GAO が診査段階，つまり治療計画を立てる前の段階で咬合力や顎堤吸収を予測する指標の一つとなり得ることが明らかにされたことにある．本研究では，母集団の中央値である 123 度程度を基準に顎堤吸収の早さに差があることが示された．さらに，Abe ら[68]は 25 歳から 80 歳までの 121 名の患者を対象として，Modified Gonial Angle，つまりパノラマエックス線写真上の下顎頭後縁を除く下顎枝後縁と下顎下縁とのなす角度が 120 度未満である場合に，生活歯の破折のリスクが有意に増加すると報告している．これらの結果から，GAO が 120～123 度以下の患者では 124 度以上の患者と比較して有意に咬合力が高く，そのために顎堤吸収や歯冠破折の問題が起こったと考えられる．そのため，そのような GAO の小さい患者に対して補綴処置を行う際には，インプラントを使用して欠損の中間欠損化を行う[10]，ナイトガードを使用し歯牙破折を予防する[68]などの処置を事前に計画することができ，残存歯や顎堤の長期的な保存につながると考えられる．

結論

本研究は，日常的に撮影される機会の多いパノラマエックス線写真に描出される解剖学的指標の 1 つである GAO が咬合力ならびに遊離端義歯装着時の顎堤吸収に及ぼす影響を明らかにすることを目的として，若年者ならびに高齢者を対象とした調査を行い，以下のような知見を得た.

1. パノラマエックス線撮影時に下顎骨の位置づけが矢状面にて変化した場合でも，パノラマエックス線写真に描出される GAO の値はほぼ変化せず，信頼性の高い指標として使用できることが示された.

2. 健常若年者において, 性別, 握力を調整した上でも, GAO は咬合力に関与し, GAO が小さい患者ほど強い咬合力を有する傾向を認めた.

3. 遊離端義歯装着患者において，顎堤吸収関連因子を調査した上でも，GAO は顎堤吸収の早さに関与し，小さい患者ほど早く顎堤が吸収する傾向を認めた.

以上の結果より，GAO はパノラマエックス線写真にて診査すべき項目の 1 つであり，咬合力に関与することで結果的に遊離端義歯装着時の顎堤吸収にも影響している可能性が示唆された.

謝辞

稿を終えるにあたり，本研究を行う機会を与えて頂き，かつ終始変わらぬ御指導，御高閲を賜りました大阪大学大学院歯学研究科顎口腔機能再建学講座前田芳信教授に謹んで感謝の意を表します．また，本研究課題を遂行するにあたり，詳細，多岐にわたる御教示，御指導を賜った大阪大学大学院歯学研究科口腔分化発育情報学講座村上秀明准教授ならびに大阪大学歯学部附属病院和田誠大講師に心から感謝いたしますとともに，終始御理解と御協力を頂きました大阪大学大学院歯学研究科顎口腔機能再建学講座教室員各位に心から御礼申し上げます.

文献

1. 三谷春保. (2005)『歯学生のパーシャルデンチャー第 4 版』. 医歯薬出版株式会社.
2. (社)日本補綴歯科学会. (2008) -補綴歯科診療ガイドライン-歯の欠損の補綴歯科診療ガイドライン 2008.
3. 山本健. (1996) 顎堤形態が床下支持域の応力分布および義歯挙動に及ぼす影響. 日本補綴歯科学会誌；40：1090-1101.
4. 大友康資. (1996) 全部床義歯装着者の義歯支持基盤形態が咀嚼機能に及ぼす影響. 日本補綴歯科学会誌；40：1194-1204.
5. Koshino H, Hirai T, Ishijima T, Ohtomo K. (2002) Influence of mandibular residual ridge shape on masticatory efficiency in complete denture wearers. Int J Prosthodont ; 15: 295−298.
6. Wolff A, Gadre A, Begleiter A, Moskona D, Cardash H. (2003) Correlation between patient satisfaction with complete dentures and denture quality, oral condition, and flow rate of submandibular/sublingual salivary glands. Int J Prosthodont; 16: 45−48.
7. 平井豊, 椎名順朗. (2007) 全部床義歯の長期使用後における患者評価と術前検査との関連. 鶴見歯学；33：55-56.
8. 健石照雄. (1977) 顎堤形態と部分床義歯の設計に関する研究 ： 鉤歯 (維持歯) の固定効果について. 日本補綴歯科学会誌；20：601-632.
9. 池田祐一. (2003) 顎堤形態の違いが下顎遊離端義歯の支台歯挙動に及ぼす影響. 奥羽大学歯学誌；30：46-55.
10. Crum RJ, Rooney GE Jr. (1978) Alveolar bone loss in overdentures: a 5-year study.

J Prosthet Dent; 40: 610-613.

11. Kordatzis K, Wright PS, Meijer HJ. (2003) Posterior mandibular residual ridge resorption in patients with conventional dentures and implant overdentures. Int J Oral Maxillofac Implants; 18: 447-452.
12. Watt DM, Likeman PR. (1974) Morphological changes in the denture bearing area following the extraction of maxillary teeth. Br Dent; 136: 225-235.
13. Tallgren A. (1972) The continuing reduction of the residual alveolar ridges in complete denture wearers: a mixed-longitudinal study covering 25 years. J Prosthet Dent; 27: 120-132.
14. Bryant SR, Zarb GA. (2002) Outcomes of implant prosthodontic treatment in older adults. J Can Dent Assoc; 68: 97-102.
15. Wolfaardt J, Maeda Y. (2003) Relative cost-effectiveness of various prosthodontic treatments. Int J Prosthodont; 16: 20-22.
16. 野首孝祠. (1991) パーシャルデンチャーの設計. 大阪大学歯学雑誌 ; 36 : 351-358.
17. 水野健太郎，野谷健治，川崎貴生，中北芳伸，山本 悟，垣原賢輔．(2001) 臼歯部人工歯排列位置による下顎総義歯の動揺に関する研究. 日本補綴歯科学会雑誌；45：42-52.
18. 小出 馨．(2005) 全部床義歯に付与する咬合様式の選択・設定基準．日本補綴歯科学会雑誌；49：7-9.
19. 齋藤正恭，三浦美文，野谷健治，相澤隆，松井透，川崎貴生．(1998) クラスプ形態が支台歯と顎堤の荷重分散および義歯床の変位に与える影響. 日本補綴歯科学会雑誌；42：641-648.
20. Grippo JO. (1991) Abfractions: a new classification of hard tissue lesions of teeth. J

Esthet Dent; 3: 14-19.

21. Lee WC, Eakle WS. (1984) Possible role of tensile stress in the etiology of cervical erosive lesions of teeth. J Prosthet Dent; 52: 374-380.
22. McCoy G. (1983) On the longevity of teeth. J Oral Implantol; 11: 248-267.
23. Howell AH, Manly RS.(1948) An Electronic strain gauge for measuring oral forces. J Dent Res.; 27: 705-712.
24. Anderson DJ. (1953) A method of recording masticatory loads. J Dent Res; 32: 238-242.
25. Maness WL, Podoloff R. (1989) Distribution of occlusal contacts in maximum intercuspation. J Prosthet Dent; 62: 238-242.
26. 岩崎秀哉，藤田節也，吉田英世，井奈波良一，岩田弘敏．(1995) 咬合力と顎顔面形態との関係．日本衛生学雑誌；50：683-692.
27. Sondang P, Kumagai H, Tanaka E, Ozaki H, Nikawa H, Tanne K, Hamada T. (2003) Correlation between maximum bite force and craniofacial morphology of young adults in Indonesia. J Oral Rehabil; 30: 1109-1117.
28. Bruks A, Enberg K, Nordqvist I, Hansson AS, Jansson L, Svenson B. (1999) Radiographic examinations as an aid to orthodontic diagnosis and treatment planning. Swed Dent J; 23: 77-85.
29. Friedland B. (1998) Clinical radiological issues in orthodontic practice. Semin Orthod; 4: 64-78.
30. Akcam MO, Altiok T, Ozdiler E. (2003) Panoramic radiographs: a tool for investigating skeletal pattern. Am J Orthod Dentofacial Orthop; 123: 175-181.
31. Laster WS, Ludlow JB, Bailey LJ, Hershey HG. (2005) Accuracy of measurements of mandibular anatomy and prediction of asymmetry in panoramic radiographic

images. Dentomaxillofac Radiol; 34: 343-349.

32. Mattila K, Altonen M, Haavikko K. (1977) Determination of the gonial angle from the orthopantomogram. Angle Orthod; 47: 107-110.
33. Samawi SS, Burke PH. (1984) Angular distortion in the orthopantomogram. Br J Orthod; 11: 100-107.
34. Shahabi M, Ramazanzadeh BA, Mokhber N. (2009) Comparison between the external gonial angle in panoramic radiographs and lateral cephalograms of adult patients with Class I malocclusion. J Oral Sci; 51: 425-429.
35. Ahsan A, Yamaki M, Hossain Z, Saito I. (2013) Craniofacial cephalometric analysis of Bangladeshi and Japanese adults with normal occlusion and balanced faces: A comparative study. J Orthod Sci; 2: 7-15.
36. Usui T, Uematsu S, Kanegae H, Morimoto T, Kurihara S. (2007) Change in maximum occlusal force in association with maxillofacial growth. Orthod Craniofac Res; 10: 226-234.
37. 古本啓一，岡野友宏，小林馨．(2008)『歯科放射線学第 4 版』．医歯薬出版株式会社.
38. Larheim TA, Svanaes DB. (1986) Reproducibility of rotational panoramic radiography: mandibular linear dimensions and angles. Am J Orthod Dentofacial Orthop; 90: 45-51.
39. Kurihara.S, Tanaka.M, Deguchi T. (1998) Application of an occlusal force meter for clinical orthodontics. J Orthod Practice; 6: 85-89.
40. 新川哲子，林田直美，森下路子，平良文亨，関谷悠以，入江寿美子，寺岡征太郎，釜崎敏彦，橋口香菜美，吉田浩二，高村昇．(2011) 一般高齢者の客観的咬合力と QOL との関連．保健学研究；23：29-34.

41. Okiyama S, Ikebe K, Nokubi T. (2003) Association between masticatory performance and maximal occlusal force in young men. J Oral Rehabil; 30: 278-282.
42. Kumagai H, Suzuki T, Hamada T, Sondang P, Fujitani M, Nikawa H. (1999) Occlusal force distribution on the dental arch during various levels of clenching. J Oral Rehabil; 26: 932-935.
43. 鈴木哲也，渡邊竜登美，吉富信幸，石鍋聡，熊谷宏，内田達郎，水口俊介，関田俊明，小林賢一，長尾正憲．(1994) 感圧シートを用いた新しい咬合圧測定システムの有用性．日本補綴歯科学会雑誌；38：966-973.
44. Mizui M, Nabeshima F, Tosa J, Tanaka M, Kawazoe T. (1994) Quantitative analysis of occlusal balance in intercuspal position using the T-Scan system. Int J Prosthodont. 1994; 7: 62-71.
45. Garcia Cartagena A, Gonzalez Sequeros O, Garrido Garcia VC. (1997) Analysis of two methods for occlusal contact registration with the T-Scan system. J Oral Rehabil. 1997; 24: 426-432.
46. 村上理恵，上原美智也，名方俊介，中島明彦．(2004) タッピングにおける正常咬合者と不正咬合者の咬合接触の動的解析．日本矯正歯科学会雑誌；63：176-185.
47. 中島美穂子，沖本公繪，松尾浩一，寺田善博．(2003) 高齢者における咀嚼能力についての研究－有歯顎者と義歯使用者との比較－．日本補綴歯科学会雑誌；47：779-786.
48. Iinuma T, Arai Y, Fukumoto M, Takayama M, Abe Y, Asakura K, Nishiwaki Y, Takebayashi T, Iwase T, Komiyama K, Gionhaku N, Hirose N. (2012) Maximum occlusal force and physical performance in the oldest old: the Tokyo oldest old

survey on total health. J Am Geriatr Soc; 60: 68-76.

49. 岩崎秀哉，井奈波良一，岩田弘．(1994) スポーツマンの咬合力と体力．日本衛生学雑誌；49：654-659.

50. Guimaraes AS, Carlsson GE, Marie SK. (2007) Bite force and handgrip force in patients with molecular diagnosis of myotonic dystrophy. J Oral Rehabil; 34: 195-200.

51. Vicek E, Smahel Z. (1997) Contribution to the origin of progeny in middle European Habsburgs: skeletal roentgencephalometric analysis of the Habsburgs buried in Prague. Acta Chir Plast; 39: 39-47.

52. 中田稔．(1967) 双生児法による幼児の顔面頭蓋形態に関する遺伝学的研究．口腔病理学会雑誌；34：376-392.

53. 成島順子，小川京．(2009) SMXA Recombinant 近交系マウスを用いた下顎角の大きさを規定する遺伝子の量的形質遺伝解析．小児歯科学雑誌；47：746-751.

54. 菊池雅彦，服部佳功，渡辺誠．(1989) 三次元咬合力と咀嚼筋 EMG の動態．下顎運動機能と EMG 論文集；8：111-118.

55. 飯沼利光，竹内康司，森谷良彦，伊藤智加，大森洋一，木村匡孝，椎原克寛，杉江弘，竹内英明，山本正浩，若林香奈恵．(1992) 顎顔面形態が咬合力と咀嚼筋筋放電活動に及ぼす影響について－Normal face 群におけるクレンチング方向の変化が咬合力値とその方向，筋放電活動に及ぼす影響について－．日本補綴歯科学会雑誌；36：1062-1071.

56. Throckmorton GS, Dean JS. (1994) The relationship between jaw-muscle mechanical advantage and activity levels during isometric bites in humans. Arch Oral Biol; 39: 429-437.

57. Suenaga H, Yokoyama M, Yamaguchi K, Sasaki K. (2012) Time course of bone metabolism at the residual ridge beneath dentures observed using ^{18}F-fluoride positron emission computerized-tomography/computed tomography (PET/CT). Ann Nucl Med; 26: 817-822.
58. Imirzalioglu P, Yuzugullu B, Gulsahi A. (2012) Correlation between residual ridge resorption and radiomorphometric indices. Gerodontology; 29: 536-542.
59. Elsyad MA, Habib AA. (2011) Implant-supported versus implant-retained distal extension mandibular partial over dentures and residual ridge resorption: a 5-year retrospective radiographic study in men. Int J Prosthodont; 24: 306-313.
60. (社)日本補綴歯科学会．(2007) リラインとリベースのガイドライン.
61. Atwood DA. (1962) Some clinical factors related to rate of resorption of residual ridges. J Prosthet Dent; 12: 441–450.
62. Klemetti E, Vainio P. (1993) Effect of bone mineral density in skeleton and mandible on extraction of teeth and clinical alveolar height. J Prosthet Dent; 70: 21-25.
63. Springe B, Slaidina A, Soboleva U, Lejnieks A. (2014) Bone mineral density and mandibular residual ridge resorption. Int J Prosthodont; 27: 270-276.
64. 宮地建夫. (2005) 欠損歯列への臨床的取り組み. 日本補綴歯科学会雑誌 ; 49 : 199-210.
65. Atwood DA, Coy WA. (1971) Clinical cephalometric, densitometric study of reduction of residual ridges. J Prosthet Dent; 26: 280-295.
66. Ortman LF, Hausmann E, Dunford RG. (1989) Skeletal osteopenia and residual ridge resorption. J Prosthet Dent; 61: 321-325.
67. Yoshimura N, Muraki S, Oka H, Mabuchi A, Kinoshita H, Yosihda M, Kawaguchi

H, Nakamura K, Akune T. (2009) Epidemiology of lumbar osteoporosis and osteoarthritis and their causal relationship--is osteoarthritis a predictor for osteoporosis or vice versa?: the Miyama study. Osteoporos Int; 20: 999-1008.

68. Abe S, Takayanagi A, Nakazawa A, Kobayashi A. (2010) Risk assessment of tooth fractures from the modified gonial angles. Int J Clin Dent; 3: 1-8.

図表の説明

表1　乾燥下顎骨の設置条件を変化させた場合の GAO の実測値の一例

表2　第一小臼歯，第二小臼歯，第一大臼歯の最大咬合力，GAO，握力，BMI のデータの分布

表3　各部位の最大咬合力と GAO，握力，BMI の関係

表4　GAO，握力，BMI の関係

表5　各部位の最大咬合力と性別，GAO，握力の関係

表6　顎堤吸収関連因子のデータ分布(度数分布)

表7　平均リライン間隔ならびに顎堤吸収関連因子のデータ分布(中央値ならびに第 1，3 四分位)

表8　平均リライン間隔と顎堤吸収関連因子との関係

表9　平均リライン間隔，GAO，対合残存歯数，咬合支持数，性別のカテゴリ

図1　乾燥下顎骨のパノラマエックス線撮影の様子

図2　設置条件を変化させて撮影したパノラマエックス線写真の一例

図3　GAO の計測部位

図4　咬合力の測定に用いたオクルーザルフォースメーターGM10

図5　オクルーザルフォースメーターGM10 を用いて上顎右側第一大臼歯の最大咬合力の測定を行っている様子

図6　各部位の最大咬合力の男女間の比較(t 検定)

図7　GAO，握力，BMI の男女間の比較(t 検定)

図8　平均リライン間隔の調査方法

図9　対象者の除外基準

図10　リラインとリベースの診察・検査・適応

表 1　乾燥下顎骨の設置条件を変化させた場合の GAO の実測値の一例

乾燥下顎骨番号		上方回転（度）	基準面（度）	下方回転（度）
1	右	116.7	115.5	116.7
	左	118.9	117.6	118.3
2	右	130.1	129.3	130.3
	左	129.7	130.5	130.3
3	右	126.1	126.3	126.9
	左	122.2	122.9	123.7
4	右	127.7	128.0	128.5
	左	131.9	132.9	133.0
5	右	136.0	137.3	137.4
	左	133.3	133.4	134.0

4 回測定した計測者のうち初回の計測値を提示している.

表 2　第一小臼歯，第二小臼歯，第一大臼歯の最大咬合力，GAO，握力，BMI のデータの分布

a）被験者全体の平均値ならびに標準偏差(n=58)

	最大咬合力(N)			GAO	握力	BMI
	第一小臼歯	第二小臼歯	第一大臼歯	(度)	(kg)	
平均値	256.4	319.0	487.5	123.3	34.2	20.3
標準偏差	130.3	171.7	227.1	7.5	10.7	2.7

b）男性の平均値ならびに標準偏差(n=27)

	最大咬合力(N)			GAO	握力	BMI
	第一小臼歯	第二小臼歯	第一大臼歯	(度)	(kg)	
平均値	300.6	385.3	571.8	122.0	42.0	21.4
標準偏差	118.9	157.5	195.4	6.8	7.6	3.3

c）女性の平均値ならびに標準偏差(n=31)

	最大咬合力(N)			GAO	握力	BMI
	第一小臼歯	第二小臼歯	第一大臼歯	(度)	(kg)	
平均値	203.7	261.3	414.1	124.3	25.5	19.2
標準偏差	125.8	164.8	230.1	7.9	5.9	1.4

表 3　各部位の最大咬合力と GAO，握力，BMI の関係

最大咬合力		GAO	握力	BMI
第一小臼歯	r	-.280	.337	.068
	p	.069	.038*	.663
第二小臼歯	r	-.376	.417	.012
	p	.005*	.005*	.932
第一大臼歯	r	-.479	.556	.187
	p	<.001*	<.001*	.168

r: Pearson の相関係数

*: p<0.05

表 4　GAO，握力，BMI の関係

		握力	BMI
GAO	r	-.107	-.018
	p	.504	.900
握力	r		.477
	p		.001*

r: Pearson の相関係数

*: $p<0.05$

表 5　各部位の最大咬合力と性別，GAO，握力の関係

目的変数	モデルの適合		採択された説明変数		
最大咬合力	adjusted R^2	F 検定 有意確率	説明変数	有意確率	β
第一小臼歯	.141	.020*	性別	.020*	-.375
第二小臼歯	.247	.002*	GAO	.020*	-.335
			握力	.009*	.382
第一大臼歯	.487	<.001*	GAO	.001*	-.424
			握力	<.001*	.510

ステップワイズ法を用いた重回帰分析

目的変数: 各部位の最大咬合力(連続変数)

説明変数: 性別(男性 0，女性 1)，GAO(連続変数)，握力(連続変数)

adjusted R^2: 自由度調整済み決定係数

β: 標準偏回帰係数

*: $p<0.05$

表 6　顎堤吸収関連因子のデータ分布(度数分布)

変数		人数
性別	男性	32 名
	女性	33 名
対象顎	上顎	26 名
	下顎	39 名
対合欠損様式	無歯顎	10 名
	遊離端欠損	22 名
	中間欠損	3 名
	有歯顎	30 名

表 7　平均リライン間隔ならびに顎堤吸収関連因子のデータ分布

(中央値ならびに第 1，3 四分位)

変数	中央値(第 1 四分位-第 3 四分位)
平均リライン間隔(日)	533.25(357.25-698.75)
年齢(歳)	66.5(61.25-71.75)
GAO(度)	123(119-128)
対象顎残存歯数(本)	9(5.5-10)
対合残存歯数(本)	12(5.5-14)
咬合支持数(か所)	7(2-10)

表 8　平均リライン間隔と顎堤吸収関連因子との関係

a）平均リライン間隔と年齢，GAO，対象顎残存歯数，対合残存歯数，咬合支持数の関係(Spearman の順位相関係数)

	年齢 (歳)	GAO (度)	対象顎残存歯数 (本)	対合残存歯数 (本)	咬合支持数 (か所)
rs	0.65	0.335	-0.74	-0.187	-0.214
p	0.612	0.006**	0.556	0.137*	0.087*

rs: Spearman の順位相関係数

**: p<0.05

*: p<0.15

b）平均リライン間隔と性別，対象顎の関係(Mann-Whitney の U 検定)

	性別	対象顎
p	0.038**	0.611

**: p<0.05

c）平均リライン間隔と対合欠損様式の関係(Kruskal-Wallis 検定)

	対合欠損様式
p	0.411

表 9　平均リライン間隔，GAO，対合残存歯数，咬合支持数，性別のカテゴリ

カテゴリ	平均リライン間隔	性別	GAO	対合残存歯数	咬合支持数
0	-547	男性	-123	0-12	0-7
1	548-	女性	124-	13,14	8-13

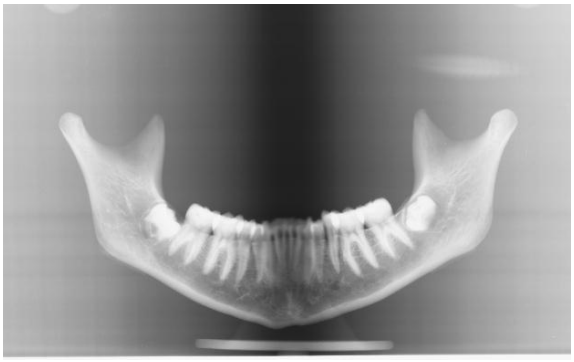
(a)

(b)

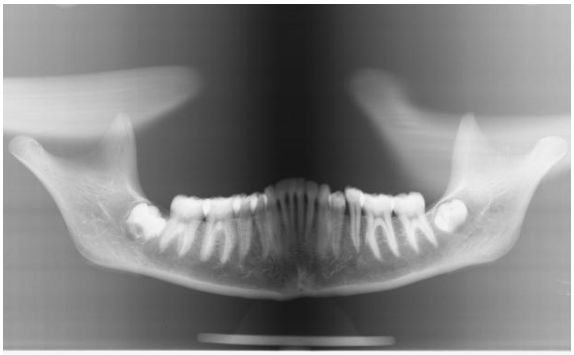
図 1　乾燥下顎骨のパノラマエックス線撮影の様子

(a) 乾燥下顎骨の咬合平面にアクリルプレートを設置した状態

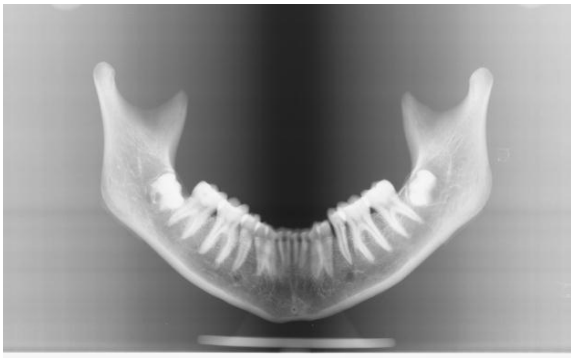
(b) 乾燥下顎骨のパノラマエックス線撮影の様子



（a）



（b）



（c）

図 2　設置条件を変化させて撮影したパノラマエックス線写真の一例

（a）基準面

（b）上方回転

（c）下方回転

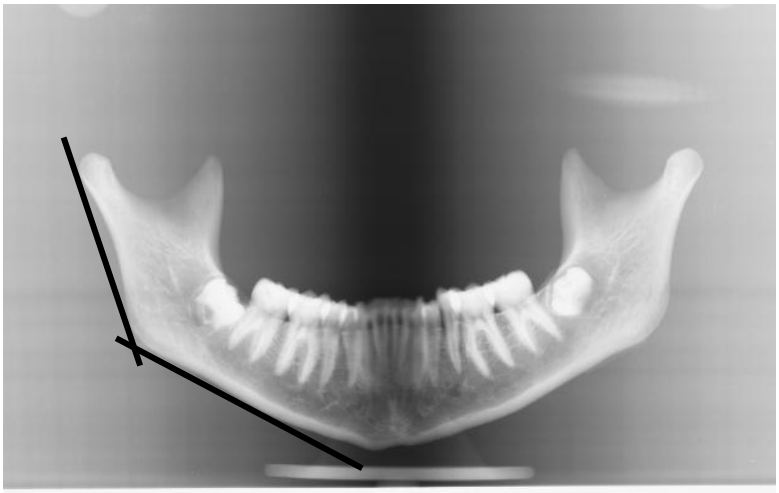


図 3　GAO の計測部位

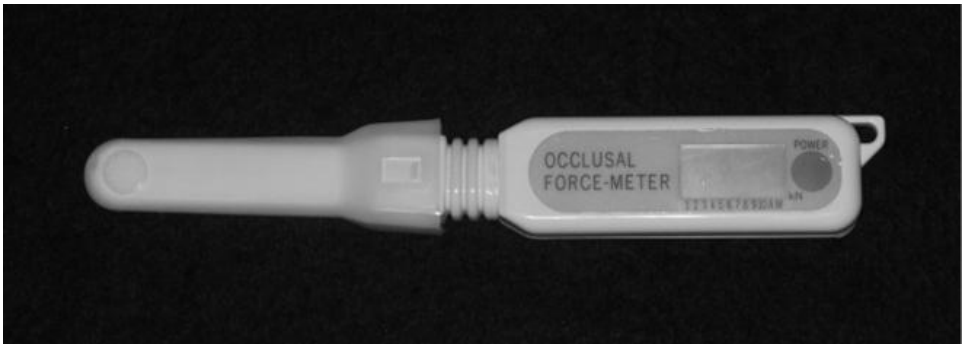


図 4　咬合力の測定に用いたオクルーザルフォースメーターGM10

図 5　オクルーザルフォースメーターGM10 を用いて

上顎右側第一大臼歯部の最大咬合力の測定を行っている様子

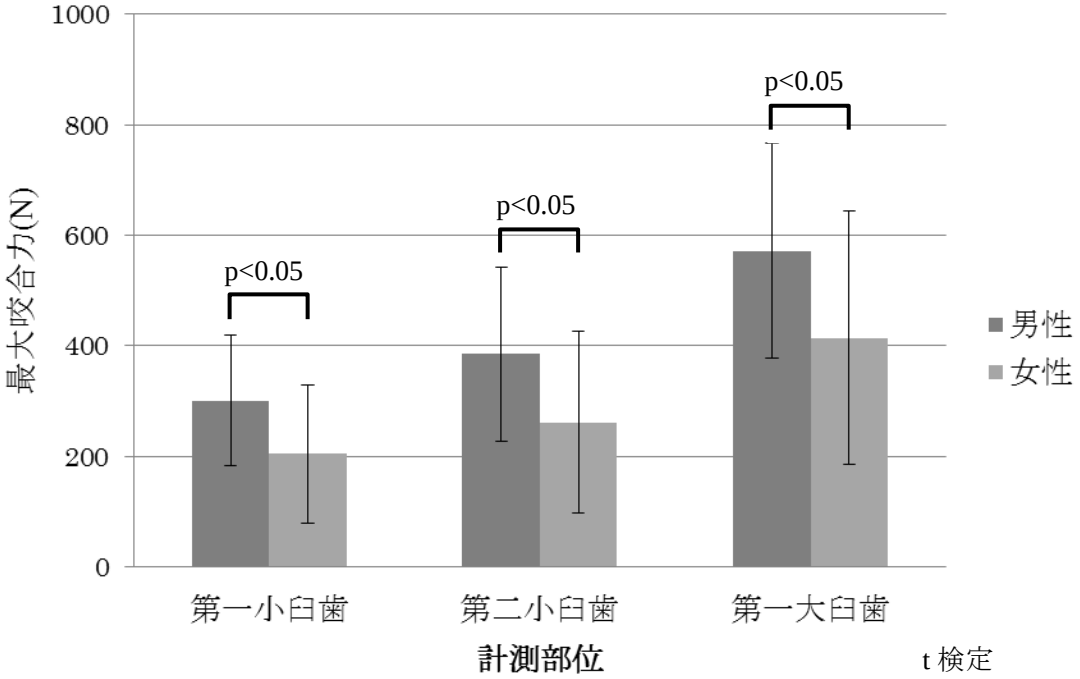
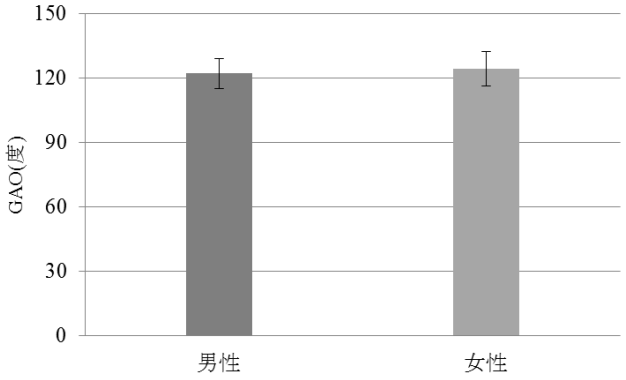
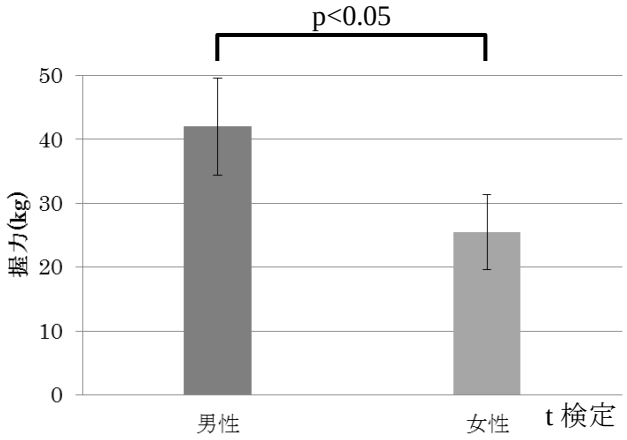


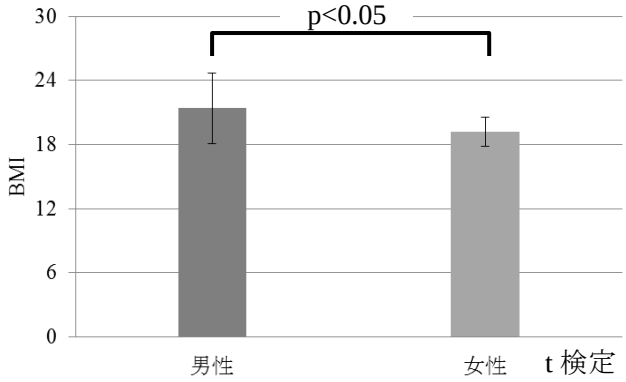
図 6　各部位の最大咬合力の男女間の比較(t 検定)



（a）



（b）



（c）

図 7　GAO，握力，BMI の男女間の比較(t 検定)

（a）GAO の男女間の比較

（b）握力の男女間の比較

（c）BMI の男女間の比較

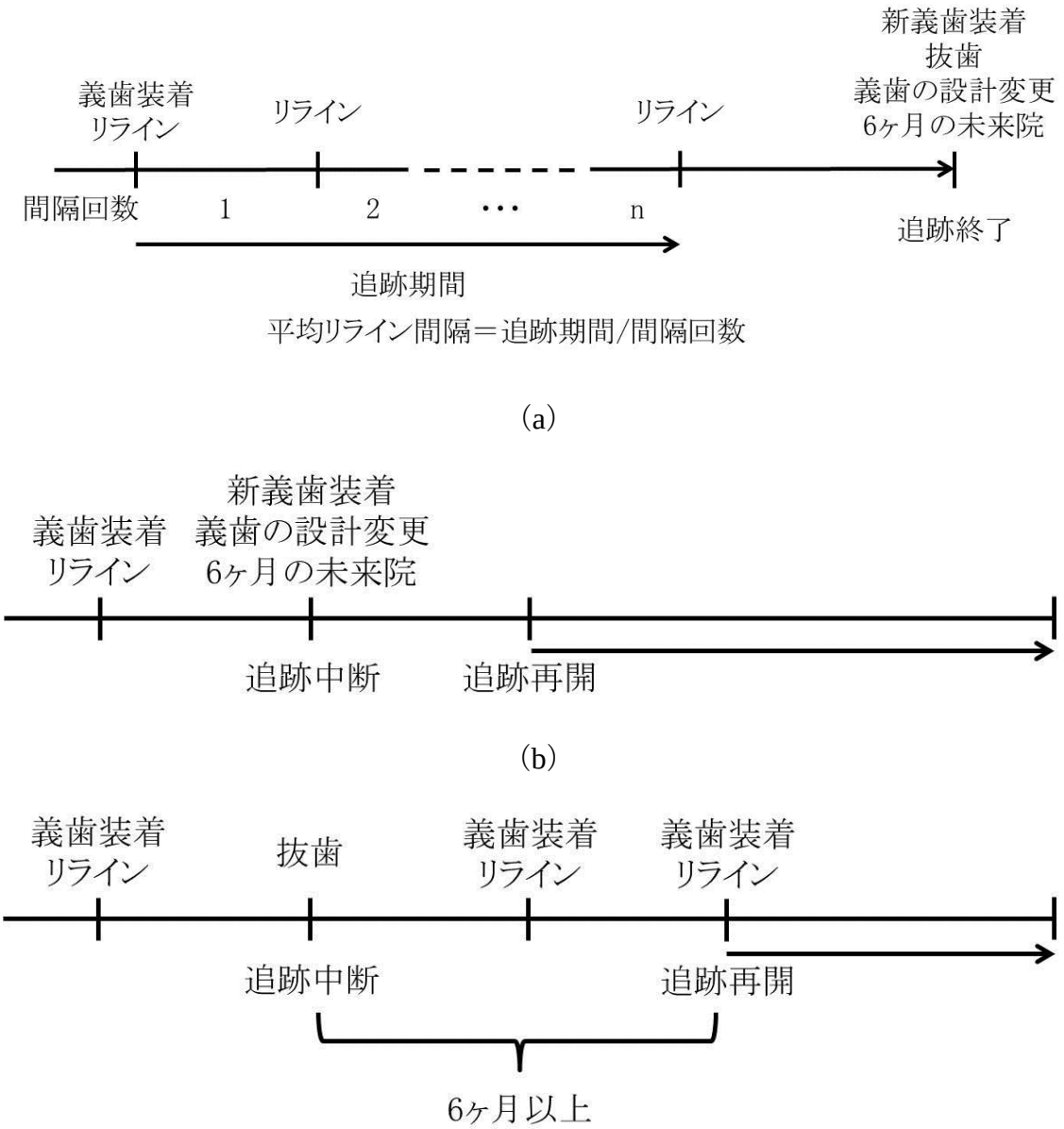


図 8　平均リライン間隔の調査方法

（a）平均リライン間隔の定義

（b）追跡の中断と再開(抜歯以外の場合)

（c）追跡の中断と再開(抜歯の場合)

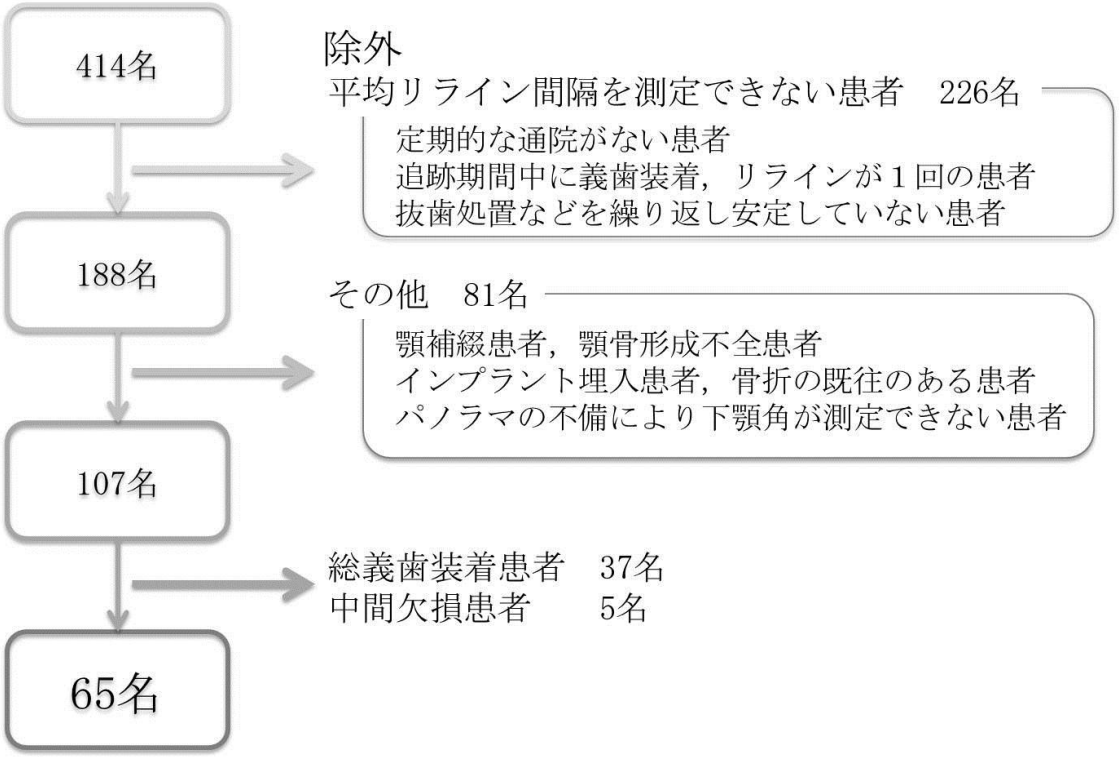
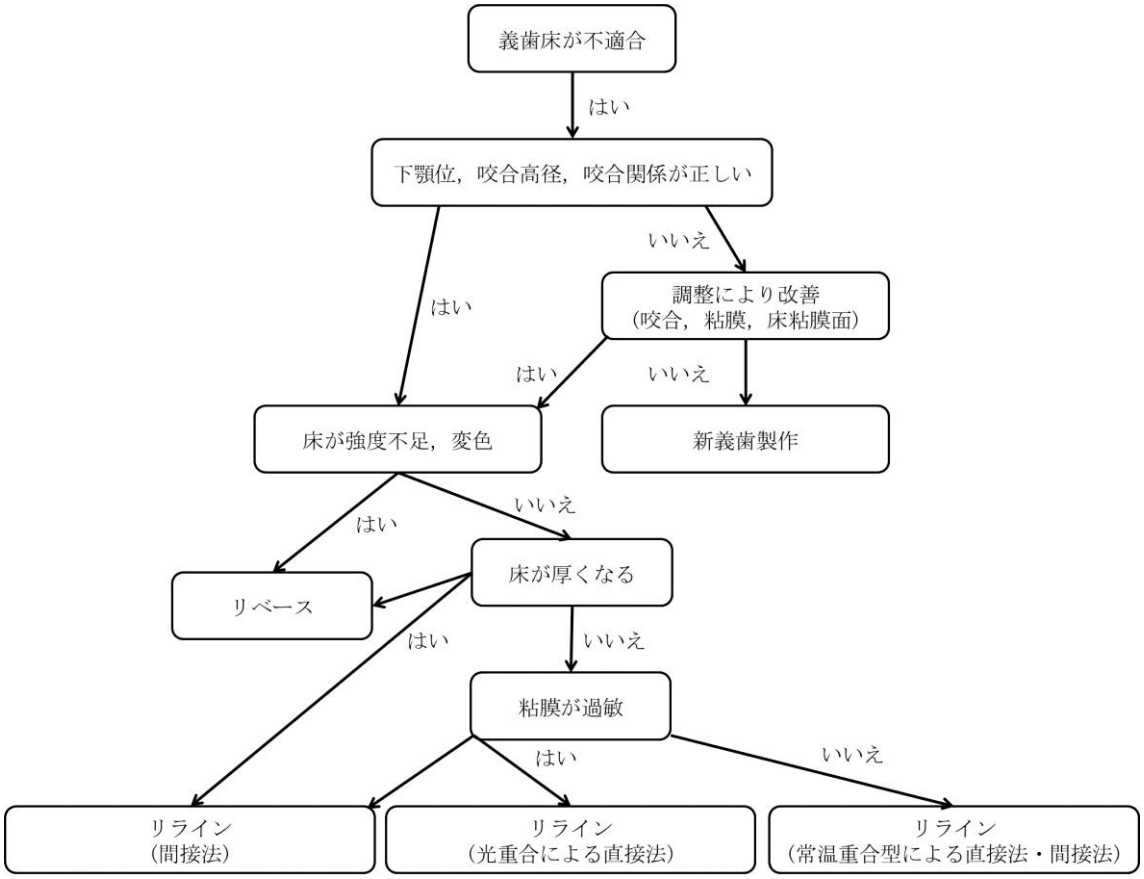

414名
除外
平均リライン間隔を測定できない患者　226名
定期的な通院がない患者
追跡期間中に義歯装着，リラインが１回の患者
抜歯処置などを繰り返し安定していない患者
188名
その他　81名
顎補綴患者，顎骨形成不全患者
インプラント埋入患者，骨折の既往のある患者
パノラマの不備により下顎角が測定できない患者
107名
総義歯装着患者　37名
中間欠損患者　5名
65名

図９　対象者の除外基準



『リラインとリベースのガイドライン』[53] より引用・改変

図 10　リラインとリベースの診察・検査・適応