

論文題目

女性の正常咬合者と不正咬合者における  
骨量と栄養の関連

羽鳥 遼

大学院歯学独立研究科 硬組織疾患制御再建学  
(主指導教員: 田口 明 教授)

松本歯科大学大学院歯学独立研究科博士(歯学)学位申請論文

Title

Relationship between bone mass and nutrition  
in women with normal occlusion and malocclusion

Haruka Hatori

Department of Hard Tissue Research, Graduate School of Oral Medicine  
(Chief Academic Advisor : Professor Akira Taguchi)

The thesis submitted to the Graduate School of Oral Medicine,  
Matsumoto Dental University, for the degree Ph.D. in Dentistry

## 要旨

現在、日本の骨粗鬆症患者は推定 1280 万人とされており、未だ増加の一途をたどっている。骨粗鬆症性骨折は単に生活機能を低下させるのみならず、死亡率を上昇させる。骨粗鬆症の発症予防として、若年期に高い最大骨量を獲得することが必要である。骨量には、性、年齢、体格、遺伝および生活習慣といった様々な因子が関係している。過去の研究で、高齢者において咀嚼能力が低いほど骨量が低くなることや、咀嚼能力が高い群と低い群で食物摂取や食嗜好に違いが見られたことから、咀嚼能力が栄養摂取に関わり、結果、骨量に反映すると考えられる。若年者においても、骨格性下顎前突症をはじめとする顎変形症患者は、咀嚼能力が正常咬合者に比べ著しく低いことが明らかにされている。そこで本研究では、若年成人女性で、正常咬合群と不正咬合群で骨密度に差があるのか、および体格や栄養状態が骨密度に影響を与えているかについて検証した。

正常咬合群は、松本歯科大学歯学部および衛生学院の生徒からオーバージェット・オーバーバイトともに+2.0mm~+4.0mm で、アーチレングスディスクレパンシーが-4.0mm 以下の者 45 名を対象とし、不正咬合群は、松本歯科大学病院矯正歯科を受診した患者のうち顎骨離断手術併用の矯正治療の適応となった女性顎変形症患者 48 名を対象とした。本対象者に対し、踵骨超音波法により骨密度を測定し、食物摂取頻度アンケート調査に回答してもらった。2 群での骨密度、体格指数 (body mass index : BMI)、アンケート項目および栄養素換算量の差は t-検定により解析を行った。栄養素換算量は上西らの方法に従い算定した。BMI は四分位階層に分類し、 $18.90 \leq \text{BMI} \leq 20.81$  を基準とした。骨密度と咬合状態および栄養状態の関連を調べるために、骨密度の対数変換値を目的変数とし、咬合状態、BMI および栄養素換算量を従属変数とする重回帰分析を行った。各群での骨密度を規定する因子についても同様に評価した。重回帰分析には AIC 値 (赤池情報量基準) を用いた。

不正咬合群は正常咬合群に比べ、骨密度が 0.7% 低い傾向にあった。両群全体と正常咬合群において、ビタミン C 摂取量増加に伴い骨密度は

有意に増加し、マグネシウム摂取量増加に伴い骨密度は有意に低下した。不正咬合群では正常咬合群に比べて、ビタミン A の過剰摂取と日光暴露時間の有意な低下が見られた。また、ビタミン B12 摂取量増加に伴い骨密度は有意に増加した。正常咬合群が BMI の影響を受けなかったのに対し、不正咬合群では、高 BMI 群と低 BMI 群は基準 BMI 群よりも骨密度は有意に低くなっていた。以上の結果から、不正咬合群はビタミン A の過剰摂取と日光暴露時間の有意な低下、BMI の骨密度への影響により、正常咬合群よりも骨密度が低い傾向にあったと考えられた。ビタミン C とビタミン B12 については従来の報告通り、骨質改善に働いていた。マグネシウム摂取量と骨密度の関連は未だ明確ではなく、特に若年女性のデータは少ないため、今後の検討課題と思われた。

不正咬合者は正常咬合者に比べ、踵骨骨密度が低くなる傾向が見られた。また正常咬合者と不正咬合者では、骨密度に影響する体格および栄養因子が異なる可能性が示唆された。骨量獲得が旺盛な時期の若年期女性の咀嚼機能障害を改善すること、すなわち外科的矯正治療を行うことで、正常咬合者に近い栄養摂取状態となり、高い最大骨量の獲得へつながるかもしれないと考えられた。

## 緒言

現在、日本における骨粗鬆症患者は推定 1280 万人にのぼり、男性約 300 万人、女性約 980 万人と圧倒的に女性が多い<sup>1)</sup>。特に閉経後にエストロゲンは急激に減少するため、閉経後骨粗鬆症のリスクは高まる。骨粗鬆症により椎体や橈骨、前腕骨や大腿骨は骨折を起こすが、特に椎体骨折や大腿骨骨折は QOL を低下させるだけではなく、肺炎等の合併症のリスクを増大させ、死亡率を上昇させる生命予後に直結した骨折である<sup>2)</sup>。

骨粗鬆症の発症予防として、若年期に可能な限り高い最大骨量を獲得する第一次予防が重要視されている<sup>3)</sup>。骨量へ影響を与える因子として、性別、年齢、遺伝、体格、ホルモンおよび生活習慣(栄養、運動、日光暴露等)が挙げられる<sup>4)</sup>。栄養に関してはこれまでに、小児期のカルシウム摂取量が若年女性の骨密度と正相関することが示されており<sup>5、6)</sup>、カルシウムの骨における重要性は広く知られている。しかし、骨量の獲得・維持においては、カルシウム吸収に影響を及ぼすビタミン D、タンパク質、脂肪、リン、マグネシウム、食物繊維や、骨代謝に重要な栄養素であるビタミン類(ビタミン A・C・K など)およびエネルギー摂取など多種の栄養素が関わっている。このように外的要因が強く関わってくるため、骨粗鬆症は健康日本 21 において生活習慣病に位置付けられている。

一方、加齢に伴う変化として、咀嚼力は低下していくが、過去の研究では、高齢者において咀嚼能力が低いほど骨塩量も低くなることが明らかにされている<sup>7)</sup>。また他の研究では、咀嚼能力が高いと緑黄色野菜や海藻類の摂取量が多い傾向にあることや<sup>8)</sup>、咀嚼力が低い人達に定期的に硬い食物を咀嚼させるトレーニングを行っていくと、食の嗜好の変化が見られたことから<sup>9)</sup>、咀嚼能力が普段の食事内容へ影響を与えている可能性がある<sup>10)</sup>。以上のことから、咀嚼能力が低下したことで食物摂取状況すなわち栄養摂取に影響を及ぼし、結果として骨量の低下へつながったと考えられる。

天然歯を喪失していない若年者においても、骨格性下顎前突症をはじめとする顎変形症患者では、咀嚼能力が正常咬合者に比べ著しく低いことが過去の研究で明らかにされている<sup>11、12)</sup>。骨量の獲得が旺盛な時期の若年

者においても、咀嚼機能障害が長期にわたり存在すれば、栄養摂取に影響を及ぼし、結果として最大骨量の低下につながる可能性がある。そこで、本研究では骨粗鬆症患者の約 8 割を占める女性に着目し、(1)若年成人女性の正常咬合者と不正咬合者である顎変形症患者との間で骨密度に差があるのか、および(2)体格や栄養状態が骨密度に影響を与えているかについて検証を行った。

## 対象及び方法

### 1. 対象者

正常咬合群は、松本歯科大学歯学部および衛生学院の生徒から、オーバージェット・オーバーバイトがともに+2.0mm～+4.0mm で、アーチレングスディスケレパンシーが-4.0mm 以下の者 45 名を対象とした。不正咬合群は、研究期間の 2020 年から 2022 年に松本歯科大学病院矯正歯科を受診した患者の中から、検査・診断により顎骨離断手術を併用した矯正治療の適応となる顎変形症患者 48 名を対象とした。また、6 歯以上の先天性部分性無歯症、悪性腫瘍、症候群や唇顎口蓋裂等の先天異常・先天奇形を除外基準とした。

男性が 30 歳代までに徐々に骨量を獲得するのに対し、女性では性ホルモンの分泌が旺盛になる思春期に急激な増加を示し、20 歳前後にほぼ最大骨量を獲得するため<sup>13)</sup>、骨量の値が最大値に近い値を示すと考えられる 18～25 歳の女性を対象とした。

本研究は松本歯科大学研究等倫理審査委員会にて承認された(許可番号第 0316 号)。

### 2. 方法

#### 1) 定量的超音波法(Quantitative Ultrasound: QUS 法)

定量的超音波法(以下 QUS 法)は、被ばくがないため無侵襲で、検査時間が短く簡便であり、かつ可搬性に優れるといった点から各種骨量測定法のうち二重エネルギー X 線吸収測定法に次いで普及している。本研究で使

用した超音波骨密度測定装置 (CM-200、古野電機、東京)を示す(図1)。

踵部に接する振動子に超音波用ゼリーを塗布し、踵部と振動子を密着させて測定を行う(図2)。QUS法は、骨塩量を測定するのではなく、超音波が骨の中を通過する速度である speed of sound(以下 SOS : m/s)を指標として用いる。対向した2つの振動子で踵骨を挟み、片方の振動子から発せられた超音波信号を対向した振動子で受信する。その受信信号から踵骨の透過時間を計測し、内蔵されたリニアスケールで計測された骨幅から SOS を計算する。SOS は Young 率と物質の密度によって規定され、 $SOS = (\text{Young 率} [N/m^2] / \text{density} [Kg/m^3])^{1/2}$  の関係にあり、一般に骨密度の増加に伴って Young 率は増加し、音波は弾性の低い硬い骨ではより速い伝搬速度を示す<sup>14)</sup>。また物質の Young 率は、 $\text{Young 率} (N/m^2) = K(\text{物質固有の定数}) \times \text{density} (Kg/m^3)^2$  の関係にあり、上式に代入すると  $SOS = (K \times \text{density})^{1/2}$  と表されるため、SOS は物質の密度と弾性力の両者を加味した指標と表現される<sup>15)</sup>。

QUS法の測定精度は SOS の指標として 2%CV(変動係数 : Coefficient of Variation)以下であり、また、個人内再現性は 3.8%、個人間再現性は 2.1%と十分な再現性がある<sup>16)</sup>。本研究で用いた踵骨は、荷重骨であることと、海綿骨の比率が高いという点で、最も骨密度の精度が良いとされている大腿骨頸部に似た条件を有す<sup>17)</sup>。

## 2) 食物摂取頻度調査

食物摂取状況を調査するための問診票として、食物摂取頻度調査 (Food Frequency Questionnaire:以下 FFQ)を使用した。今回使用した FFQ は、骨粗鬆症の予防と管理のためのカルシウムと他の栄養素の摂取量を推定するための簡単な FFQ として 2007 年に開発された<sup>18)</sup>。食事性カルシウムの主な供給源である 19 種類の食品と、カルシウム含有量は少ないがカルシウム吸収や骨代謝に重要な役割を果たす栄養素の 9 品目を採用している。カルシウム吸収に関わる栄養素としてはビタミン D が挙げられ、活性型ビタミン D として腸管からのカルシウム吸収を促進するほかに、骨基質の合成、カルシウムの供給および骨形成とともに破骨細胞の分化誘導に働き、骨のリモデリングに貢献しており<sup>19)</sup>、骨粗鬆症の治療においても重要視され

ている栄養素である。骨代謝に関わる栄養素としては、骨芽細胞と破骨細胞の分化と活性に関与するビタミン A、骨芽細胞におけるコラーゲン合成に必須の因子であるビタミン C、種々の凝固因子や骨蛋白、特にオステオカルシンのグラ化に必須であるビタミン K 等が挙げられる<sup>6)</sup>。他にも、骨質劣化や骨密度減少につながるホモシステインの代謝に関わるビタミン B 群(ビタミン B 6、ビタミン B12、葉酸等)といった栄養素や、多量摂取により骨密度に負の影響を与えるリン、食塩、アルコールおよびカフェイン等も評価できるようになっている。この FFQ には食事に関する質問以外に、日光暴露の頻度、運動習慣および喫煙の有無といった骨量へ影響を与える因子についての項目も設けられている。

### 3) 解析方法

FFQ で得られた各質問のカテゴリー項目は正規化変換を行い偏差値(平均 50, 標準偏差 10 の正規分布に変換した値)による連続変数に変換した<sup>20)</sup>。質問項目でスキムミルク使用者および喫煙者は各々1名および2名であり、統計解析が不十分となるため、本分析項目から除外した。FFQ から上西らの方法に従い、栄養素の値を算出した<sup>18)</sup>。正常咬合群および不正咬合群での年齢、体格指数(body mass index:以下 BMI)、骨密度、FFQ 各項目、推定栄養素値および運動、日光暴露の差はt-検定により解析を行った。BMIは四分位階層で、 $BMI < 18.90$ (第一階層)、 $18.90 \leq BMI \leq 20.81$ (第二、三階層)、 $BMI > 20.81$ (第四階層)に分類した。解析では3分類をダミー変数とし、 $18.90 \leq BMI \leq 20.81$ を基準とした。

まずは骨密度と咬合状態および栄養状態の関連性を調べるために、目的変数を骨密度の対数変換値、説明変数を BMI 分類、咬合状態および栄養素換算量とする重回帰分析を行った。次に各群での骨密度を規定する因子も同様に重回帰分析で評価した。重回帰分析は赤池情報量基準(AIC)を用いた。統計的有意水準は危険率 5%未満とし、統計解析には R version 4.0.5 を用いた。

## 結果

2群における年齢、身長、体重、BMIおよび骨密度の差を表1に示す。2群間で、身長と体重に有意差が見られた。骨密度は年齢や体格の補正が入っていないため、差は見られなかった。FFQ各項目の差を表2に示す。正常咬合群では、バター・マーガリンの摂取および日光暴露の頻度が有意に高かった。不正咬合群では、魚類の卵、淡色野菜(朝)の摂取が有意に高く、レバー、味噌汁、油を使う料理および塩辛い物の摂取が高い傾向にあった。栄養素換算量の差を表3に示す。正常咬合群では脂質が有意に高く、不正咬合群ではビタミンAが有意に高く、鉄が高い傾向にあった。

両群全体における骨密度を規定する因子を表4に示す。不正咬合群は正常咬合群に比べ、骨密度が0.7%低い傾向にあった( $p=0.10$ )。ビタミンCの摂取量増加に伴い骨密度は有意に高くなり、マグネシウムの摂取量増加に伴い骨密度は有意に低くなっていた。

正常咬合群では全体と同様に、ビタミンCの摂取量増加に伴い骨密度は有意に高くなり、マグネシウムの摂取量増加に伴い骨密度は有意に低くなっていた(表5)。BMIは骨密度と有意な関連を示さなかった。一方で不正咬合群では、ビタミンB12の摂取量増加に伴い骨密度は有意に高くなっていた(表6)。また、高BMI群および低BMI群は、基準BMI群に比べて骨密度は有意に低くなった。

## 考察

本研究では正常咬合群に比して不正咬合群の対象者の骨密度が低い傾向となっていた。不正咬合群では、ビタミンAの摂取量が正常咬合群に比べて有意に高かっただけでなく、成人女性の推奨量を大きく上回っており、耐用上限量<sup>21)</sup>を超えて摂取している対象者が4人も存在した。すなわち、不正咬合群の対象者はビタミンAを過剰摂取していた。ビタミンAは動物性食品や緑黄色野菜をおもな供給源とするが、なかでもレバーはビタミンAを多量に含有しており、過剰摂取となりうることを示されている<sup>22)</sup>。今回、不正咬合群のレバーの摂取量が正常咬合群に比して高い傾向にあったことから、ビタミンAの摂取量が有意に高くなったと考えられる。レバーは、肉類の



中では弾力性が少なく咬みやすいことや、レバーパテ等の柔らかい加工品が広く普及していることから、不正咬合群はそのような噛み応えの少ない食品を好む傾向にあったと考えた。ビタミン A の過剰摂取により骨密度は減少することは知られており<sup>23)</sup>、本研究でもその可能性が考えられた。また不正咬合群は正常咬合群に比べて、日光暴露時間が有意に少なかった。不正咬合群である顎変形症患者は、顎顔面の不調和が顕著である顔貌に対して自信の喪失、社会的適応の低下ならびに心理的障害を起こしやすいといわれている。<sup>24)</sup> 実際に未成年および成人の女性顎変形症患者に面接調査を行ったところ、自身の顔貌を他人からどう思われているのか気になり、外出・外食を避けていたという<sup>25)</sup>。このような心理社会的問題から、不正咬合群は外出頻度が少なく、日光暴露時間の低下に寄与したと考えた。皮膚に存在するプロビタミン D3 は紫外線照射によりビタミン D へ変換し、活性型ビタミン D となり十二指腸におけるカルシウム吸収を促進する<sup>26)</sup>。日光照射時間が少ないと骨質改善には働かないため、不正咬合群の対象者の骨密度が低くなった一因とも考えられた。

今回不正咬合群においては、BMI と骨密度に関連が見られ、高 BMI 群および低 BMI 群は、基準 BMI 群に比べ骨密度は有意に低い結果となった。BMI が高いと体重によるメカニカルストレスから、荷重骨は骨量増加の方へ働くと言われてきた。しかし一方で、閉経後女性 1614 人を対象とした 6 年間の追跡調査では、低体重と過体重の両方が骨粗鬆症性骨折の危険因子である<sup>27)</sup>と結論づける研究結果もある。また、別の研究では 35~64 歳の肥満女性において骨塩量が正常体重者と比較して低かったことから<sup>28)</sup>、肥満はこれまで骨粗鬆症の抑制因子ではあっても危険因子ではないと言われてきたが、一危険因子となりうることを示していた。今回、不正咬合群では、前述した過去の研究と同様に、高 BMI と低 BMI のどちらも骨質劣化の方へ働いていたため、これも不正咬合群の骨密度が低かった一因と考える。

両群全体と正常咬合群において、ビタミン C の摂取量増加に伴い骨密度は有意に増加した。過去の研究で、食事性ビタミン C の摂取量の増加が大腿骨頸部および腰椎における骨密度の上昇と関連していることや、股関節骨折のリスク低下にも寄与していることが示されており<sup>29)</sup>、骨質改善の方

へ働くため今回の結果と矛盾しない。

両群全体と正常咬合群において、マグネシウム摂取量の増加に伴い、骨密度は減少した。過去の研究では、20代前半の女性において踵骨でのSOSの計測および3日間の食事記録法におけるマグネシウム摂取量の評価を行った結果、マグネシウム摂取量と骨密度は正相関したという結果が出ている<sup>30)</sup>。しかし、マグネシウム摂取量が低いグループのカロリー摂取が1日1543kcalと低カロリーであったため、骨密度が低かったのは単に低エネルギーに起因するものだったのではないかと、といった考察もされていた。その後の研究では、マグネシウム摂取量と大腿骨頸部と股関節の骨密度はわずかに正相関したが、腰椎の骨密度では相関が無かったといった報告や<sup>31)</sup>、逆に、マグネシウムの高摂取は女性における股関節骨折のリスク増大と関連していたという報告もある<sup>32)</sup>。これは、マグネシウムを多く含む食事はカルシウムの尿中排泄を促進するためだと考えられている。このように、マグネシウム摂取が骨密度に及ぼす影響や作用機序は明らかにされておらず、骨質改善に働くのか、骨質劣化に働くのかは研究によって異なる結果が出ている。

不正咬合群においては、ビタミンB12摂取量の増加に伴い、骨密度は増加した。ビタミンB12は、骨コラーゲンを劣化させる物質であるホモシステインからメチオニンへの変換に関与し、血中ホモシステイン濃度の上昇を抑えている。そのため骨質改善の方へ働くことから、今回の結果と矛盾しないと思われる。

骨格性下顎前突症患者は、正常咬合者に比べ、咬合接触数が有意に低く<sup>11)</sup>、また正常咬合者の咀嚼能率を100%とした時の骨格性下顎前突症患者の咀嚼能率は、最低6.6%、最高63.2%、平均35.9%であり、いずれも低値であることが分かっている<sup>12)</sup>。今回不正咬合群として選出した被験者の内訳は、骨格性下顎前突症(顎偏位、開咬を併発している者も含む)41名、顎偏位単独が2名、開咬単独が1名、骨格性上顎前突症が4名であり、大部分が骨格性下顎前突症患者である。したがって、本研究において不正咬合群は正常咬合群に比べ咀嚼機能が劣っていたと考えられ、食の嗜好も異なっていたと思われる。今回の研究では有意性は示されなかったが、不正咬合者では正常咬合者よりも低骨密度である可能性が示唆された。

しかし、何故不正咬合者では高 BMI と低 BMI の双方が低骨密度に寄与したかの原因は不明であった。今後、他施設における検証や、不正咬合の種類の種類をを広げての検証が必要と思われる。

## 結論

若年女性の正常咬合者と不正咬合者に対し、踵骨骨密度測定および栄養摂取頻度調査を行い、以下の結論が得られた。

1) 不正咬合者は正常咬合者に比べて踵骨骨密度が低くなる傾向が見られた。

2) 正常咬合者と不正咬合者では、骨密度に影響する体格および栄養因子が異なる可能性が示唆された。

骨量獲得が旺盛な時期の若年期女性の咀嚼機能障害を改善すること、すなわち外科的矯正治療を行うことで、正常咬合者に近い栄養摂取状態となり、高い最大骨量の獲得へつながるかもしれない。

## 謝辞

本研究を遂行するにあたって終始御指導いただいた松本歯科大学歯科放射線学講座 田口 明教授に深甚なる謝意を申し上げます。臨床的・基礎的観点から御助言をいただいた本学歯科保存学講座吉成 伸夫教授、本学生化学講座 宇田川 信之教授、本学大学院硬組織疾患制御再建学講座 岡藤 範正教授に感謝の意を表します。本研究の統計学監修をしていただいた広島大学原爆放射線医科学研究所計量生物 大瀧 慈名誉教授、広島大学平和センター客員研究員 大谷 敬子博士、栄養摂取頻度調査の提供および栄養素計算をしていただいた女子栄養大学栄養学部実践栄養学科上西 一弘教授に深謝いたします。

## 文献

- 1)Tjan AH, Miller GD and The JG (1984) Some esthetic factors in a smile. J Prosthet Dent 51:24-28.
- 2)Imai N, Endo N, Hoshino T, Suda K, Miyasaka D and Ito T (2016) Mortality after hip fracture with vertebral compression fracture is poor. J Bone Miner Metab 34:51-54.
- 3)折茂肇, 他 (2015) 骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン 2015 年度版, 第一版, 44-45, ライフサイエンス出版株式会社, 東京
- 4)森井浩世 (2005) WHO テクニカルレポート 骨粗鬆症の予防と管理, 初版, 23-24, 医薬ジャーナル社, 東京
- 5)Kanis JA (1999) The use of calcium in the management of osteoporosis. Bone 24:279-290
- 6)Meunier PJ (1999) Calcium, vitamin D and vitamin K in the prevention of fractures due to osteoporosis. Osteoporosis Int 9(suppl.2):48-52
- 7)Hirano H, Ishiyama N, Watanabe I and Suzuki T (1993) Oral examination of longitudinal interdisciplinary study on aging (II)Masticatory ability in relation to oral status and general health. J J Gerodont 7:150-156
- 8)山本亜衣, 吉岡慶子 (2016) 児童における咀嚼力、食物摂取状況と肥満の関連性. 中村学園大学薬膳科学研究所研究紀要 8:23-31
- 9)安富和子, 足立忠文, 増田裕次 (2009) 小学校での咀嚼訓練による咬合力と食嗜好の変化. 日本咀嚼学会雑誌 19:77-84
- 10)Morita E, Yokoyama H, Takeda R, Yamashita Y, Kawai E and Fukumura T (2020) Masticatory ability is associated with bone mineral density in young women with normal bone mineral density. Jpn J Phys Fitness Sports Med 69:317-325
- 11)Nakamura H, Kanzaki H, Yamada Y, Murakami M, Ozawa E, Kariya C, Sahara S, Wada S, Oikawa T and Tomonari H (2021) Chewing-induced increase of brain blood flow in mandibular prognathism was less compared to normal

- occlusion. *Jpn J Jaw Deform* 31:172-180
- 12) Sasaoka K, Mogi K, Yamaguchi T, Kannno K and Negishi A (2004) Clinical studies on mandibular prognathism patients treated with orthognathic surgery with special reference to the changes of the quantitative masticatory function after surgery. *Kitakanto Med J* 54:97-104
  - 13) Fournier PE, Rizzoli R, Slosman DO, Theintz G and Bonjour JP (1997) Asynchrony between the rates of standing height gain and bone mass accumulation during puberty. *Osteoporosis Int* 7:525-532
  - 14) Turner CH and Eich M (1991) Ultrasonic velocity as a predictor of strength in bovine cancellous bone. *Calcif Tissue Int* 49:116-119
  - 15) 山崎 薫 (2005) QUS使用の実際—QUS装置 *Osteoporosis Jpn* 13:24-25
  - 16) Taguchi A, Sugino N, Miki M, Kozai Y, Mochizuki N, Osanai H, Yamada S, Kuroiwa H, Fujiki T, Uchida K, Yoshinari N and Kashima I (2011) Detecting young Japanese adults with undetected low skeletal bone density using panoramic radiographs. *Dentmaxillofac Radiol* 40:154-159
  - 17) 森田陸司, 福永仁夫 (1994) 骨粗鬆症と骨塩定量 DXA 装置による骨塩定量, 197-198, メディカルレビュー社, 東京
  - 18) Uenishi K, Ishida H and Nakamura K (2008) Development of a simple food frequency questionnaire to estimate intakes of calcium and other nutrients for the prevention and management of osteoporosis. *J Nutr Sci Vitaminol* 28:48-60
  - 19) 中村利孝 (1993) ビタミン D による骨粗鬆症の治療. *医学のあゆみ* 165:670-673
  - 20) 中前光弘 (2000) 順位法を用いた視覚評価の信頼性について—順序尺度の解析と正規化順位法による尺度構成法—*日本放射線技術学*

会雑誌 56:725-730

- 21)厚生労働省 (2004) 日本人の食事摂取基準(2005年版)  
<http://www.mhlw.go.jp/houdou/2004/11/dl/h1122-2b.pdf>
- 22)文部科学省 科学技術・学術審議会資源調査分科会(2005)  
五訂増補, 日本食品標準成分表  
[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/gijyutu/gijyutu3/toushin/05031802.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu3/toushin/05031802.htm)
- 23)The National Institutes of Health (NIH) (2022) Dietary Supplement Fact Sheet: Vitamin A and Carotenoids  
<http://ods.od.nih.gov/factsheets/vitamina.asp>
- 24)相川友直, 上木耕一郎, 他(2022)顎変形症治療の基礎知識, 第一版, 10-11, クインテッセンス出版株式会社, 東京
- 25)倉部華奈, 隅田好美, 小島拓, 加藤祐介, 斎藤功, 小林正治(2020)  
外科的矯正治療による顎変形症患者の心理・社会的変化の過程: グラウンデッド・セオリー・アプローチによる解析 日本口腔外科学会雑誌 66:178-187
- 26)新井嘉則, 宇田川信之, 他(2014) Hard Tissue 硬組織研究ハンドブック, 初版, 90-91, 松本歯科大学出版会, 長野
- 27)Tanaka S, Kuroda T, Saito M and Shiraki M (2013)  
Overweight/obesity and underweight are both risk factors for osteoporotic fractures at different sites in Japanese postmenopausal women. Osteoporosis Int 24:69-76
- 28)坂根直樹、吉田俊秀、梅川常和、近藤元治(1992)肥満と骨粗鬆症についての研究—DIP法による骨塩量の研究—日本肥満学会 12:210-211
- 29)Malmir H, Shab-Bidar S and Djafarian K (2018) Vitamin C intake in relation to bone mineral density and risk of hip fracture and osteoporosis: a systematic review and meta-analysis of observational studies. Br J Nutr 119: 847-858
- 30)Kim MH, Yeon JY, Choi MK and Bae YJ (2011) Evaluation of

magnesium intake and its relation with bone quality in healthy young Korean women. *Biol Trace Elem Res* 144:109-117

- 31) Farsinejad-Marj M, Saneei P and Esmailzadeh A (2016) Dietary magnesium intake, bone mineral density and risk of fracture: a systematic review and meta-analysis. *Osteoporosis Int* 27:1389-1399
- 32) Michaelsson K, Holmberg L, Mallmin H, Sorensen S, Wolk A, Bergstrom R and Ljunghall S (1995) Diet and hip fracture risk: a case-control study. Study group of the multiple risk survey on Swedish women for eating assessment. *Int J Epidemiol* 24:771-782

表1 正常咬合群と不正咬合群における年齢、身長、体重、BMIおよび骨密度の差

	正常咬合群	不正咬合群	p-value
年齢(歳)	20.8±1.8	21.3±2.4	0.306
身長(cm)	158.1±4.7	156.1±4.2	0.035
体重(kg)	50.7±7.2	47.8±4.5	0.024
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	20.2±2.3	19.6±1.6	0.140
骨密度(m/s)	1547.4±43.4	1537.3±25.1	0.171

BMI:body mass index



表2 正常咬合群と不正咬合群における食物摂取頻度調査の項目別の差

	正常咬合群	不正咬合群	p-value
魚、肉	51.4±8.1	49.8±6.7	0.308
牛乳	50.7±8.8	49.6±7.6	0.503
ヨーグルト	51.0±8.5	49.9±7.8	0.496
チーズ	51.3±8.2	49.5±7.8	0.302
卵	50.3±8.9	49.9±7.8	0.848
貝	49.2±8.4	51.4±8.2	0.178
いか、たこ、えび	49.3±8.3	51.2±7.8	0.258
小魚類	50.0±8.4	50.7±7.2	0.673
魚類の卵	48.2±6.5	52.4±8.6	0.010
肉・加工品	49.4±7.4	50.7±9.0	0.455
レバー	49.4±4.9	51.7±7.7	0.080
大豆・大豆製品	50.4±8.9	49.6±8.4	0.660
納豆	51.4±9.3	49.8±6.9	0.360
芋類	50.5±7.8	49.8±8.6	0.703
淡色野菜(朝)	48.7±5.7	52.4±8.6	0.017
緑黄色野菜(朝)	49.8±7.1	51.4±7.9	0.317
海藻	49.3±8.2	51.1±8.3	0.304
ナッツ類	51.6±7.7	49.8±6.5	0.229
果物	49.9±7.9	50.6±8.7	0.697
主食(朝)	49.1±8.4	51.0±7.8	0.250
茶碗の大きさ	49.4±7.4	50.6±7.6	0.436
バター・マーガリン	52.7±8.2	48.1±7.0	0.004
ジャム・マーマレード	49.6±7.8	51.0±7.9	0.392
みそ汁	48.3±9.1	51.7±8.7	0.069
コーヒー・紅茶	50.3±8.3	50.1±9.5	0.893
コーヒー・紅茶(砂糖)	51.1±8.3	50.2±7.0	0.592

甘い飲み物	50.5 ± 7.1	49.7 ± 8.5	0.616
菓子類	50.6 ± 7.6	49.3 ± 8.7	0.448
油を使う料理	48.2 ± 7.9	51.6 ± 9.3	0.064
脂の多さ	50.9 ± 8.1	50.2 ± 6.9	0.632
料理の濃さ	51.5 ± 7.9	48.8 ± 8.3	0.118
塩辛い物	49.2 ± 7.2	51.9 ± 7.6	0.081
漬物類	49.3 ± 7.7	51.6 ± 8.4	0.180
アルコール	49.7 ± 5.2	51.5 ± 7.8	0.195
飲酒量	50.1 ± 6.2	51.3 ± 7.2	0.339
栄養補助食品	50.8 ± 6.9	49.9 ± 6.6	0.513
1日3食	50.1 ± 6.3	50.8 ± 6.7	0.612
日光	49.1 ± 4.4	52.1 ± 7.5	0.020
運動	49.5 ± 6.5	51.0 ± 6.9	0.296

---

表3 正常咬合群と不正咬合群における栄養素換算量の差

	正常咬合群	不正咬合群	p-value
エネルギー(kcal/d)	1431.3 ± 338.3	1385.7 ± 317.2	0.504
アルコール(g/d)	10.7 ± 28.8	17.5 ± 42.2	0.367
タンパク質(g/d)	64.9 ± 19.1	60.5 ± 16.6	0.244
脂質(g/d)	58.7 ± 12.6	51.2 ± 15.5	0.012
糖質(g/d)	164.2 ± 55.5	173.6 ± 40.9	0.357
食塩(g/d)	9.7 ± 1.4	9.6 ± 1.7	0.675
カルシウム(mg/d)	322.6 ± 119.3	323.3 ± 119.2	0.979
鉄(mg/d)	5.4 ± 1.8	6.2 ± 2.3	0.055
ビタミンA(μgRE/d)	555.4 ± 271.0	823.6 ± 776.0	0.028
ビタミンD(μg/d)	7.6 ± 2.1	8.2 ± 2.2	0.171
ビタミンK(μg/d)	174.3 ± 144.9	155.5 ± 109.3	0.485
ビタミンB1(mg/d)	0.7 ± 0.2	0.6 ± 0.2	0.890
ビタミンB2(mg/d)	0.8 ± 0.3	0.9 ± 0.4	0.631
ビタミンB6(mg/d)	0.9 ± 0.2	0.9 ± 0.3	0.880
ビタミンB12(μg/d)	3.9 ± 2.6	4.5 ± 3.7	0.376
葉酸(μg/d)	145.5 ± 50.4	170.0 ± 88.5	0.109
ビタミンC(mg/d)	48.4 ± 18.5	51.2 ± 23.9	0.532
マグネシウム(mg/d)	148.4 ± 38.7	148.5 ± 41.1	0.986

表4 全体における骨密度と咬合状態および栄養素との関係

	パラメーター推定値	標準誤差	t-value	p-value
不正咬合あり	-0.007	0.004	-1.658	0.101
ビタミンC	0.004	0.001	3.174	0.002
マグネシウム	-0.002	0.001	-2.892	0.005

AIC=-444.9984

Multiple R-squared:0.1338, Adjusted R-squared:0.1046

p-value:0.00496

表5 正常咬合群における骨密度とBMIおよび栄養素との関係

	パラメーター推定値	標準誤差	t-value	p-value
BMI<18.90	0.001	0.011	0.087	0.931
BMI>20.81	0.008	0.009	0.968	0.339
ビタミンC	0.006	0.002	2.683	0.011
マグネシウム	-0.004	0.001	-3.328	0.002

BMI:body mass index

AIC=-198.9953

Multiple R-squared:0.2799, Adjusted R-squared:0.2079

p-value:0.009265

表6. 不正咬合群における骨密度とBMIおよび栄養素との関係

	パラメーター推定値	標準誤差	t-value	p-value
BMI<18.90	-0.014	0.005	-2.751	0.009
BMI>20.81	-0.016	0.005	-2.999	0.004
ビタミンB12	0.001	0.001	2.235	0.031

BMI:body mass index

AIC=-264.1636

Multiple R-squared:0.2619, Adjusted R-squared:0.2115

p-value:0.003661



图 1



図 2



## 付図説明文

図1. 本研究で使用した超音波骨密度測定装置(CM-200、古野電機、東京)。

図2. 踵部に接する振動子に超音波用ゼリーを塗布し、踵部と振動子を密着させて測定を行う。