

平成 26 年度

順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科 修士論文

男子大学アスリートの栄養素摂取状況
と骨密度の関係

小熊 伸英

論文指導教員 濱野光之 教授

合格年月日 平成 27 年 2 月 23 日

論文審査委員

主査

菅波 啓雄

副査

細見 修

副査

濱野 光之

目次

第1章 緒言	1
第2章 関連文献の考証	2
第1節 疲労骨折と骨密度	2
第2節 骨代謝マーカー	2
第3節 骨形成に關与する栄養素	4
第3章 目的	6
第4章 実験方法	7
第1節 被験者	7
第2節 食物摂取頻度	7
第3節 骨密度	8
第4節 血液指標	8
第5節 食事環境および日光に当たる時間	8
第6節 統計解析	9
第5章 結果	10
第1節 栄養素摂取量	10
第2節 骨密度と血液指標	10
第3節 栄養素摂取量とバイオマーカーとの比較	11
第4節 補足質問紙調査	11
第6章 考察	12
第1節 骨密度と骨形成マーカー	12
第2節 骨密度とビタミンK	12
第3節 骨密度とビタミンD、ビタミンC	12
第4節 PTHとCA:Pの關係について	13
第5節 食環境と栄養素摂取量	13
第7章 結論	14
第8章 要約	15

謝辭等	16
引用文献一覽	17
英文要約.....	21
図表一覽	
質問紙一覽	

第1章 緒言

大学4年時、私は学生コーチという立場で、大学生にバスケットボールの指導をおこなっていた。学生コーチは、選手の練習スケジュールを100%管理しなくてはならないため、その責任は大きい。私はその責務にやりがいを感じていたし、競技レベルの高い大学生を指導できるということに喜びも感じていた。しかし、チーム運営そのものは、口が裂けても容易なものであったとは言えず、課題や問題が山積みであった。特に、問題であったのが、選手のコンディションと練習スケジュールの兼ね合いであった。疲労が溜まった状態では、練習でも試合でも良いパフォーマンスができるはずもない、そうかと言って休みを増やしてばかりでは、競技力向上は望めない。疲労回復については、選手にも耳にタコができるほど、休養、睡眠、栄養を十分とるようにと頻繁に喚起したつもりである。しかし、それでも毎日の練習で蓄積していった疲労は、最悪なことに引退を賭けた最後の大会前に疲労骨折やシンスプリントといった形で選手たちの体に表れ、試合も惨敗という結果に終わってしまった。

これらの経験からいかに人間を指導するということが難しいのかということを知り、また、自らの知識不足を痛感したことが今回の研究テーマ設定の発端である。ただ、バスケットボールの技術のみを指導できればよいのではなく、日頃の生活でどういったことに取り組めば、パフォーマンスの向上につながるのか、丈夫な体を作ることができるのかを指導できる、そんな指導者に私はなりたいと考えている。

そこで、今回注目したのが栄養と骨密度である。青年期スポーツ選手において骨密度の減少による疲労骨折発症例が存在することが指摘されており、疲労骨折と骨量には関係があるとの報告がある³⁸⁾。骨量の増減に関わる因子には、栄養素・食品摂取状況、運動習慣、体重などの多様な因子が報告されており⁵⁾⁷⁾²³⁾²⁶⁾⁴¹⁾、なかでも栄養素摂取ではビタミンD不足³⁴⁾、Ca:P比²²⁾などの影響が考えられている。

骨密度に関する報告は、骨粗鬆症が閉経後の女性に多いことから女性を対象としたものが多い。しかし、疲労骨折の発症割合には性差が無いことが報告されており¹¹⁾、男性の骨密度についても検討する意義があると考えられる。

また、一般的に疲労骨折は陸上長距離選手に多いとされているが、1991年から2001年に国内において、スポーツ傷害で受診された10,726名のうち、疲労骨折と診断されたのは196名であった。そのうちバスケットボールが原因であったのは44名(22.4%)、陸上競技が20名(10.2%)、サッカーが11名(5.6%)であった¹²⁾。以上のことから、疲労骨折が陸上長距離に限られた障害でないことがうかがえる。

第2章 関連文献の考証

第1節 疲労骨折と骨密度

疲労骨折とは「一回の外力では骨折しない程度の力学的負荷が正常な骨の同一部位に繰り返し加わることによって、骨組織の破綻をきたすもの」とされる¹³⁾²⁰⁾。近年では、スポーツ活動による疲労骨折が代表的なスポーツ傷害の1つとして注目されるようになった³⁷⁾。スポーツ活動による疲労骨折発生の危険因子として、年齢、性差、人種、身体部位、解剖学的構造、スポーツ活動レベル、スポーツの種類、トレーニングの方法、用具など、さまざまなものが論じられている。1991年9月から2009年4月までの18年7カ月の間に受診した整形外科的スポーツ傷害例(14,276例：男9,215例、女5,061例)を対象にして改めて行った最近の調査で、疲労骨折の割合に性差はないこと(男1.9%、女1.8%)、15~24歳の選手に多くみられること(78.8%を占める)、ハインベルの選手にも発生すること(competitive：65.8%、high-recreational：34.2%、low-recreational：0%)、ホルモンや栄養摂取などが関与する症例が存在することなどが明らかとなった¹³⁾。

第2節 骨代謝マーカー

骨代謝を臨床的に評価する方法としては骨密度と骨代謝マーカーがあるが、骨粗鬆症診療ではそれぞれの特徴をよく理解して臨床応用する必要がある。「骨粗鬆症診療における骨代謝マーカーの適正使用ガイドライン」によれば、骨代謝マーカーはその生成機序から骨形成マーカーと骨吸収マーカーに分けられるが、ガイドラインでは、さらに、骨質や生活習慣病に関連する骨折リスクとして、低カルボキシル化オステオカルシン(ucOC)などが骨マトリックス関連マーカーとされている¹⁰⁾。

(1) 無機リン (P)

細胞内無機リン(IP)の大部分は有機リン酸化合物として存在するが、血液中では大部分が無機リン酸である。通常、血中で測定するのは無機リン(血清P)である。血清Pの代謝はカルシウム(Ca)調節ホルモンの影響を強く受けることから、血清Ca、血清PTH、腎尿細管機能(糖尿、アミノ酸尿)、酸塩基平衡、あるいは血中ビタミンD代謝物などを併用することにより病態を把握できる⁴⁾²⁷⁾。

(2) カルシウム (Ca)

血液中に存在するCaは約0.1%にすぎないが、種々の生理機能調節に重要な役割を果たしており、主に副甲状腺ホルモン(PTH)と、活性型ビタミンDである1,25水酸化ビタミンD[1,25(OH)₂D]により、腸管からの吸収、骨での出入り、腎尿細管での再吸収の各段階で調節されている。したがって、これらのホルモン作用の異常、あるいは腸管、骨、腎などの標的臓器の異常により血中Ca値に異常をきたす¹⁾²⁸⁾。

(3) 骨型アルカリフォスターゼ(BAP)

血中の骨型アルカリフォスファターゼ(BAP)濃度を測定することにより、骨芽細胞の機

能状態については骨形成状態を知る指標になると考えられている。また、慢性腎不全に伴う腎性骨異常栄養症の診断の指標としての有用性や、成長ホルモン投与後効果を反映することにより、骨回転に異常を起こす患者の診断やその治療の指標として有用であると考えられている¹⁸⁾²¹⁾。

(4) ビタミン C

ビタミン C は食事により摂取し、小腸より吸収され体内臓器組織へ広く分布する。生化学的にはコラーゲンの合成、カルニチンの合成、副腎皮質ホルモンの合成、カテコールアミンの合成、過酸化脂質の分解、活性酸素の分解などに関与する。

ビタミン C の測定値は臨床的なビタミン C 欠乏症、潜在性ビタミン C 欠乏状態の指標に有用である¹⁹⁾²⁵⁾。

(5) 血清 I 型コラーゲン架橋 N-テロペプチド (NTX)

NTX はヒトの骨に対する特異性が高く、骨の吸収を直接に反映する指標になる。また、骨以外の組織由来のコラーゲン代謝の影響は少なく、骨吸収に対する特異性が優れている²⁸⁾。

(6) 低カルボキシル化オステオカルシン (uxOC)

オステオカルシンは、骨芽細胞により産生される骨基質タンパクである。骨中のビタミン K が欠乏した状態では、正常な機能を持たない低カルボキシル化オステオカルシンが生成され、血中に放出される。骨におけるビタミン K 作用不足の指標となる¹⁶⁾。

(7) インタクト副甲状腺ホルモン (PTH)

副甲状腺から分泌される PTH は、84 個のアミノ酸から成るペプチドで、主に骨や腎臓に作用して、血中カルシウム濃度の恒常性の維持に関与する。PTH は、カルシトニンやビタミン D と共に生体内のカルシウムおよびリン酸代謝を調整する重要なホルモンである。PTH は骨と腎臓が標的器官であるが、ビタミン D の活性化を介して間接的に腸管にも作用している。したがって、血中 PTH 濃度の測定は、カルシウムおよびリン酸代謝に関与するこれら各臓器の機能を検査する上で重要な指標となる¹⁴⁾⁴⁰⁾。

(8) オステオカルシン (OC)

オステオカルシンは骨代謝回転(特に骨形成)と密接な関係があり、血中濃度を測定することにより骨の代謝異常あるいは治療効果を知るうえで臨床的に有用と考えられる¹⁵⁾³³⁾。

(9) 25-OH ビタミン D (25-OH-D)

25-OHD は、脂溶性ビタミンであるビタミン D が肝臓で水酸化を受けた結果生じる。活性型の 1 α ,25-(OH)₂ ビタミン D の前駆体であり、血中に存在する種々のビタミン D 代謝体の中でもっとも高い濃度を示す。25-OH-D は経口摂取あるいは皮膚で産生されたビタミン D の量を反映する指標であり、夏期に高く、冬期に低いといった季節変動があると報告されている。疾患との関連では、ビタミン D 過剰摂取、中毒で高値傾向、ビタミン D 欠乏症、くる病、骨軟化症で低値傾向を示すと報告されている³⁴⁾。

第3節 骨形成に関与する栄養素

(1) ビタミンD

ビタミンDは、肝臓で25-OH-Dに代謝され、続いて腎臓で活性型である1 α ,25-(OH) $_2$ ビタミンDに代謝される。1 α ,25-(OH) $_2$ ビタミンDは、標的細胞の核内に存在するビタミンD受容体と結合し、ビタミンD依存性たんぱく質の遺伝子発現を誘導する。ビタミンDの主な作用は、ビタミンD依存性たんぱく質の働きを介して、腸管や腎臓でカルシウムとリンの吸収を促進し、骨の形成と成長を促すことである。ビタミンDが欠乏すると、腸管からのカルシウム吸収の低下と腎臓でのカルシウム再吸収が低下し、低カルシウム血症となる。これに伴い二次性副甲状腺機能亢進症が惹起され、骨吸収が亢進し、小児ではくる病、成人では骨軟化症が惹起される。ビタミンDの過剰摂取により、高カルシウム血症、腎障害、軟組織の石灰化障害などが起こる。

ビタミンDは、食品からの摂取以外にも、紫外線的作用下で皮膚においても産生されることから、ビタミンD摂取量と骨の健康維持に関しては、量・反応関係を示す科学的根拠に欠けるが、血清25-ヒドロキシビタミンD濃度は、食品からの摂取と紫外線による産生を合わせた、生体のビタミンDの優れた指標であるとして、これに基づいて基準値の策定が行われた⁹⁾。

(2) ビタミンK

ビタミンKは、肝臓においてプロトロンビンやその他の血液凝固因子を活性化し、血液の凝固を促進するビタミンとして見いだされた。肝臓以外にもビタミンK依存性たんぱく質OCを活性化し、骨形成を調節すること、さらに、ビタミンK依存性たんぱく質であるマトリックス γ -グルタミン酸(Gla)タンパク質(MGP)の活性化を介して動脈の石灰化を抑制することも重要な生理作用である。ビタミンKが欠乏すると、血液凝固が遅延する。通常の食生活では、ビタミンK欠乏症は発症しない。

ヒトでビタミンKの欠乏症が明確に認められるのは血液凝固の遅延である。我が国において、健康な人でビタミンK欠乏に起因する血液凝固遅延が認められるのはまれであり、手術後の患者や血液凝固阻害薬ワルファリンの服用者を除き、ビタミンKの栄養はほぼ充足していると考えられる⁹⁾。

(3) Ca : P 比について

血清Ca濃度は比較的狭い範囲(8.5~10.4mg/dL)に保たれており、濃度が低下すると、PTHの分泌が増加し、主に骨からCaが溶け出し、元の濃度に戻す。したがって、副甲状腺ホルモンが高い状態が続くと、骨からのCaの溶出が大きくなり、骨の粗鬆化を引き起こすこととなる。骨は吸収(骨からのCaの溶出)と形成(骨へのCaの沈着)を常に繰り返しており、成長期には骨形成が骨吸収を上回り骨量は増加する。Caの欠乏により、骨粗鬆症、高血圧、動脈硬化などを招くことがある。Caの過剰摂取によって、高Ca血症、高Ca尿症、軟組織の石灰化、泌尿器系結石、前立腺がん、鉄や亜鉛の吸収障害、便秘などを生じる可能性がある⁹⁾。

P 摂取量と PTH との関係は、古くより研究されてきている。食品添加物として P を多量に摂取した場合、総摂取量が 2,100mg/日を超えると副甲状腺機能の亢進を来すという報告がある。また、1,500~2,500mg/日の無機リン（リン酸）あるいは 400~800mg/食の無機リンを食事に添加することにより、食後の PTH レベルが上昇することも知られている。P の過剰摂取は、腸管 Ca イオンの吸収を抑制すると共に、食後の急激な血清 P 濃度の上昇により、血清 Ca イオンの減少を引き起こし、PTH 濃度を上昇させるが、これらの反応が骨密度の低下につながるかどうかについては否定的な報告もある。一方、Ca の摂取量が少ない場合には、P の摂取は用量依存的に成人女性の血中の副甲状腺ホルモン濃度を上昇させ、骨 NTX を上昇させ、骨形成マーカーである BAP を低下させるという報告から、P と Ca 摂取量の比も考慮する必要があると考えられる⁹⁾。

(4) ビタミン C

ビタミン C は、皮膚や細胞のコラーゲンの合成に必須である。骨は Ca ばかりでなく、半分以上が水分とタンパク質から成っており、そのタンパク質のほとんどはコラーゲンで作られている。骨の細胞の 90% はコラーゲンでできており、骨形成には、ビタミン C は欠かせない成分といえる。ビタミン C が欠乏すると、このコラーゲンの生成量が低下し、骨がもろくなる。骨形成に必要な不可欠なビタミン C であるが、水溶性であるために体内に蓄積することができない⁹⁾。

第3章 目的

男子大学アスリートの栄養素摂取状況と骨密度の関係を、栄養素摂取量とそれを反映する栄養状態、骨密度と骨代謝マーカーの両面から検討することを目的とした。このとき、栄養素摂取量に影響を与える食事環境、VD 栄養状態に影響を与える日照時間についても合わせて確認することとした (図 1)。

第4章 実験方法

第1節. 被験者

被験者は男子大学アスリート 71 名を対象とした。対象とした運動部は、バスケットボール、サッカーとした。本実験に先立ち、被験者に対して研究の目的、意義、方法及び参加に際しての危険性などに関する説明を口頭および文書にて十分行い、書面にて研究への参加同意を得た。実験で得られたデータは個人情報保護法を考慮し、匿名化処理を施した。本実験は、順天堂大学スポーツ健康科学部の倫理審査委員会より承認（順大ス倫第 26-15）を受けて実施した。

第2節. 食物摂取頻度

(1) 解析対象者の選択

2014 年 10 月に簡易型自記式食事歴法質問票（以下 BDHQ）により食事歴調査を行った。得られた BDHQ の回答から、Sasaki らの基準 [sasaki] に従って、エネルギー (EN) が体重と日本人の食事摂取基準（2015 年版）⁹⁾ 掲げられた 18~29 歳の基礎代謝基準値（男子 24.0kcal/kg 体重/日、女子 22.1kcal/kg 体重/日）から計算した身体活動レベル I のときの推定エネルギー必要量 (EER) の 0.5 未満、もしくは身体活動レベル III のときの EER の 1.5 を超えるものを除外し、除外基準をクリアした 69 名 (97.1%) を栄養素摂取量の解析対象とした。年齢は 20.2±1.4、身長は 176.2±7.3(cm)、体重は 70.0±7.4(kg)であった。

(2) 栄養素摂取量の基準値との比較

今回行った BDHQ も含めて食事調査によって得られるエネルギー摂取量 (EN) には過小申告があるが (7)、栄養素にもエネルギーとほぼ同程度の過小申告が存在するので観察された値そのものを栄養素の摂取量として評価することはできない。そこで、式(1)により各栄養素について推定摂取量を算出した (8)。このとき、推定エネルギー必要量 (EER) は被験者の体重に 18~29 歳の基礎代謝基準値（男子 24.0kcal/kg 体重/日、女子 22.1kcal/kg 体重/日）と身体活動レベル II (1.75) を乗じた値を用いた。

$$\text{摂取量}_{\text{[推定]}} = \text{摂取量}_{\text{[観察値]}} + \text{EN}_{\text{[観察値]}} \times \text{EER} \cdots \text{式(1)}$$

日本人の食事摂取基準では、エネルギー代謝効率と体表面積の相関に着目し、体重比の 0.75 乗を用いて年齢階級別の参照体重あたりの摂取基準を策定している。そこで、摂取基準と比較するため、年齢階級別の参照体重 W_{ref} と被験者の体重 W_{ob} を用いて、式(1)により算出された推定摂取量を式(2)により参照体重あたりの摂取量に変換した。

$$\text{摂取量}_{\text{[推定・体重調整済]}} = \text{摂取量}_{\text{[推定]}} \times (W_{\text{ref}}/W_{\text{ob}})^{0.75} \cdots \text{式(2)}$$

以上により得られたエネルギーと参照体重で調整した栄養素摂取量を、それぞれの摂取基準と比較した。ただし、食事摂取基準に基準値が定められている栄養素の内、ビオチン、ヨウ素、セレン、クロム、モリブデンは BDHQ では摂取量が出力されないため解析対象から除外した。

(3) 栄養素摂取量とバイオマーカーとの比較

栄養素摂取量は体重と関連するため骨密度・血液指標といったバイオマーカーとの比較には、密度法および残差法によって調整した栄養素摂取量を用いた。密度法による調整は BDHQ によって評価された各栄養素の摂取量をやはり BDHQ によって評価されたエネルギー摂取量 (EN) 1000kcal あたりで調整して行った。残差法は BDHQ で評価された EN を説明変数、各栄養素の摂取量を目的変数として線形回帰を行った時の予測値からの残差を摂取量とした。

第3節. 骨密度

骨密度は、音波式骨評価装置 (日立アロカメディカルの AOS-100NW) を用いて踵骨部の骨量を測定することにより行った。本機種では、音速と透過指標を測定し、そこから総合的に算出された音響的骨評価値を用いて骨量の評価を行っている。音速は、超音波の電動速度が密度によって異なることを利用して、踵骨部分を透過する超音波の音速を計算するもので、密度が高いほど高い値を示す。透過指標は、超音波の透過度が骨量によって異なることを利用して、踵骨部分を透過した超音波から算出した指標で、骨密度が高いほど高い値を示す。そして、音響的骨評価値を音速と透過度から算出している。この音響的骨評価値は DXA 法により測定される踵骨、大腿骨の骨密度 (BMD) と高い相関を示すことが報告されている³⁰⁾。

第4節. 血液指標

骨密度の検査結果からバスケットボール部に所属している 1~3 年生 (51 名) の中で音響的骨評価値が高い方から 8 名 (高値群) と低い方から 8 名 (低値群) について採血を行った。採血は早朝空腹時に肘静脈より行い骨代謝マーカーを測定した。測定項目は、血清 P、血清 Ca、BAP、ビタミン C、NTX、ucOC、インタクト PTH (PTH)、OC、25-OH-D とした。

血液検査の測定は株式会社エスアールエル東京メディカル (東京, 日本) へ委託した。

第5節. 食事環境および日光に当たる時間

被験者の食事環境として、日頃の食事をとる方法の割合について、外食、スーパー・コンビニ等で買ったものを食べる、自炊、その他でそれぞれの合計が 10 になるように質問紙調査を行った。また、1 日に日光に当たる時間についても質問紙調査を行った。

第 6 節. 統計解析

値は平均値±標準偏差で表す。2 群間の平均値の差の検定は Man-Whitney の U 検定により行った。2 変数間の関係は Spearman の相関係数により調べた。統計解析には SPSSver.19 (日本 IBM、東京) を用いた。有意水準を $P < 0.05$ とした。

第5章 結果

第1節 栄養素摂取量

対象者の栄養素摂取量の粗値を表1に、エネルギーと体重で調整した値を表2に示す。

粗値のエネルギー摂取量の平均値は、2,259kcal/日であった。これは日本人の食事摂取基準(2015年版)の身体活動レベルⅡの時の推定エネルギー必要量(男子 2,650kcal/日)と比較すると、低い値であった。

エネルギーと体重で調整した栄養素摂取量は、ほとんどの栄養素で中央値と平均値は一致せず分布が歪んでいた。そこで、分布の指標として正規分布であれば平均値から $\pm 34\%$ を示すことのできる標準偏差ではなく、中央値から $\pm 35\%$ を示す15パーセンタイルと85パーセンタイルを示した。

目標量(DG)が定められている栄養素では、飽和脂肪酸で68%、食塩で99%が目標量を超えて過剰であり、逆に総食物繊維は全員が目標量未満であった。

推奨量(RDA)もしくは目安量(AI)が定められている栄養素で基準値を外れる者が10%未満であった栄養素はたんぱく質のみであったが、炭水化物ではエネルギー比率の65%以上が35%、逆に50%未満が6%おり合わせて41%が50~65%の基準範囲を外れていた。またカリウム、カルシウム、マグネシウム、マンガン、ビタミンA、ビタミンB₁、ビタミンB₂、ナイアシン、ビタミンB₆は30%超が基準値に達していなかった。

推定平均必要量(EAR)が設定されている栄養素では、カルシウム(71%)、マグネシウム(54%)、ビタミンA(52%)、ビタミンB₁(86%)で半数以上が基準を満たしていなかった。

耐容上限量(UL)が設定されている栄養素では、基準値を超える者はいなかった。

第2節 骨密度と血液指標

被験者69名全員の骨密度の測定結果を表3に示す。音速が 1635.8 ± 25.6 (m/s)、透過指標が 1.31 ± 0.08 、音響的骨評価値が 3.50 ± 0.29 ($\times 10^6$)であった。

また、骨密度高値群と低値群の骨密度と血液指標の測定値を表4に示す。ミネラル成分である血清P、血清Caについては、顕著な差はみられなかった。骨形成マーカーであるBAPとOCは骨密度高値群の方が有意に高値であり、OCは骨密度高値群の内6名、低値群の内2名が基準範囲である13ng/mlを超えていた。一方、骨のビタミンK不足を反映するucOCも骨密度高値群の方が高値であったが、測定した全員が基準値を超えていた。また、OCとucOCには強い相関関係($r_s = 0.885, P < 0.001$)が観られた(図2)。

骨密度と血液指標との相関を調べた結果を表 5 に示す。音速、透過指標、音響的骨評価値の骨密度の 3 指標はすべて、BAP と正に相関していた。他には、OC、ucOC が透過指標および音響的骨評価値と正に相関し、血清 Ca と音速の間にも正の相関関係が認められた。

第 3 節. 栄養素摂取量とバイオマーカーとの比較

骨密度と栄養素摂取量について密度法、残差法それぞれにおいて相関をみた結果を表 6 に示す。密度法、残差法のどちらについても骨密度と相関のある栄養素は観察されなかった。

骨密度と相関の観られた血清 Ca、BAP、ucOC、OC と栄養素摂取量との相関を調べた結果を表 7 に示す。BAP は残差法、密度法とも n-3 系脂肪酸、VE の摂取量と負に相関し、ナイアシンでは密度法のみで有意な負の相関が観られた。ucOC は、残差法、密度法とも n-3 系脂肪酸、n-6 系脂肪酸の摂取量と負の相関を示したほか、残差法ではたんぱく質と負の相関、密度法では VA とナイアシンに負の相関、炭水化物と正の相関関係が認められた。血清 Ca、OC と栄養素摂取量の間には有意な相関関係は観られなかった。

第 4 節. 補足質問紙調査

補足質問紙調査で得られた結果を図 3 に示す。外食が 46.6%、スーパー・コンビニ等で買ったものを食べるが 22.0%、自炊が 29.9%、その他が 1.5%であった。全体として外食が半数近くを占める割合となった。その他は実家暮らしの者であった。

日照時間とバイオマーカーの比較について結果を表 8 - 1 に示す。日照時間とバイオマーカーの比較において、有意な相関関係は認められなかった。

栄養摂取状況と食事環境の比較について結果を表 8 - 2 に示す。栄養摂取状況と食事環境の比較において、スーパー・コンビニ等で買ったものを食べると回答した者と各種栄養摂取状況について、多くの栄養素で負の相関が認められた。

第6章 考察

第1節 骨密度と骨形成マーカー

骨密度と BAP、OC には有意な正の相関関係が認められた。BAP は低値群、高値群共にほとんどのものが基準値を超えており、骨密度高値群の方が低値群よりも有意に高値であった。OC についても、高値群の内 6 名、低値群の内 2 名が基準値を超えていた。BAP、OC は骨形成マーカーであり、骨芽細胞の状態を反映している。骨芽細胞が活発に働いている影響により、骨密度高値群において、BAP、OC が有意な差を示したと考えられる。

第2節 骨密度とビタミン K

ucOC も骨密度と有意な正の相関関係が認められた。ucOC は、骨におけるビタミン K の不足状態を反映しているため、負の相関関係が期待される指標であるが結果はその逆であった。ucOC は低値群、高値群の全員が基準値を超えており、骨密度高値群の方が有意に高値であった。また、ucOC は OC と強い正の相関関係が認められ、値も ucOC の方が低いがほぼ一致していた。ucOC が基準値を超えているということは、被験者全員がビタミン K 不足状態で、OC が正常に Gla 化されていないことを示している。したがって、この状態では分泌された OC の大半が ucOC となっており、そのため OC 同様に骨密度と正の相関が認められたのだと考えられる。

一方、ucOC により全員がビタミン K 欠乏状態であると評価されたにも関わらず、BDHQ により評価された摂取量と日本人の栄養摂取基準とを比較すると、ビタミン K 摂取量が AI 未満の者は 10%程度であり、ほとんど被験者のビタミン K 摂取量に不足は認められない。これは、日本人の栄養摂取基準のビタミン K の基準値が、血液凝固に必要な量を基準として設定されているためであると考えられる。今回の結果は、骨形成に着眼して基準値を設定するのであれば、ビタミン K はもっと高い値が必要であることを示唆している。

また、ビタミン K は、納豆や緑黄色野菜に多く含まれているので、被験者に対しては、納豆や緑黄色野菜を多く摂取するよう指導が必要であろう。

第3節 骨密度とビタミン D、ビタミン C

今回の実験では、骨形成に関与する栄養素である、Ca、ビタミン D、ビタミン C については、血清 Ca と音速の間で有意な正の相関関係が認められたが、それ以外では有意な関係は認められなかった。

ビタミン D 栄養状態を示す 25-OH-D は、骨密度低値群で正常下限にわずかに届かないものが 1 名いたが、概ね全員が正常範囲内であった。25-OH-D が基準値未満であると血清 Ca を維持するために PTH の上昇がみられるが、PTH も Ca もほぼ全員が基準値内であった。またビタミン D 摂取量も AI 未満の者は 10%程度であり、ビタミン D

摂取量にも大きな問題は認められなかった。以上より、今回の被験者はビタミン D 栄養状態に問題はなく、そのためビタミン D 関連指標と骨密度との間に明確な関連が認められなかったのだと考えられる。

しかし、同年齢の日本人女性では、約 2/3 がビタミン D 欠乏状態であり³⁹⁾、今回の被験者と同じ大学に通う学生でも 1/3 が欠乏状態であることが報告されている³⁹⁾。今回、ほぼ同一環境にある同年齢の男性では全くビタミン D の栄養状態に問題がなかったのは興味深い。今回の被験者がたまたまビタミン D 栄養状態の良い集団だったのか、あるいはビタミン D 摂取量・栄養状態には性差があるのかは今後の検討課題である。

ビタミン D に影響する、PTH、25-OH-D について骨密度高値群、低値群に有意な差が無かった。このことに関して、今回の被験者では、ビタミン D の栄養摂取状況に差がなかったため、PTH、25-OH-D についても有意な差がなかったと考えられる。

ビタミン C については、血清ビタミン C はほぼ全員が基準範囲内であり、下限に満たない者はいなかった。ビタミン C が充足されているため骨密度との関連が観られなかったのだと考えられる。骨密度高値群、低値群においてもビタミン C に影響する、血清ビタミン C に有意な差が無かった。

第 4 節 PTH と Ca : P の関係について

PTH が Ca/P の摂取量を反映する集団と反映しない集団がいることが観察された。しかし、その 2 つの集団の違いを規定する要因について、多くのデータの相関を観察したが、今回得られたデータの中からは発見することができなかった。これら 2 つの集団の違いを規定する要因について検討することは今後の課題となる。

第 5 節 食環境と栄養素摂取量

今回対象とした被験者は、食事提供のある寮に住んでいる者はおらず、ほとんどの者が一人暮らしをしている。そのため、食環境にも偏りが出た結果となったと考えられる。スーパー・コンビニ等を買って食べる割合は、全体の 5 分の 1 程度であるが、多くの栄養素で負の相関が認められた。これは、炭水化物中心の食習慣であり、バランスの良い食事ができていないことが推測される。被験者に対しては、外食、自炊時も含めて、炭水化物中心の食事を避け、バランスの良い食事を心がけるよう指導が必要であろう。

第7章 結論

本研究では、男子大学アスリートの栄養素摂取状況と骨密度の関係を、栄養素摂取量とそれを反映する栄養状態、骨密度と骨代謝マーカーの両面から検討した。このとき、栄養素摂取量に影響を与える食事環境、VD 栄養状態に影響を与える日照時間についても合わせて確認した。その結果、以下の結論が得られた。

骨密度高値群、低値群共にビタミン K 欠乏状態であったが、日本人の食事摂取基準との比較では、ほぼ充足しているという結果が出た。日本人の食事摂取基準のビタミン K の基準値の設定について検討が必要であることが示唆された。

今回の被験者のビタミン D の摂取状況に問題はなかった。しかし、同年齢の日本人女性では、約 2/3 がビタミン D 欠乏状態であるという報告があり、今回の被験者がたまたまビタミン D 栄養状態の良い集団だったのか、あるいはビタミン D 摂取量・栄養状態には性差があるのかは今後の検討課題である。

PTH が Ca/P の摂取量を反映する集団と反映しない集団がいることが観察された。このことについて、その 2 つの集団の違いを規定する要因を今回得られたデータの中からは発見することができなかった。これら 2 つの集団の違いを規定する要因について検討することは今後の課題となる。

第 8 章 要約

疲労骨折と骨量には関係があり、骨量の増減に関わる因子について、栄養素摂取においてはビタミン D 不足、Ca:P 比などの影響が考えられている。疲労骨折の発症割合には性差が無いことや疲労骨折が陸上長距離に限られた障害でないということから、男子大学アスリートの栄養素摂取状況と骨密度の関係を、多面的に検討した。

ucOC が骨密度と有意な正の相関関係が認められたことについて、ucOC は、骨におけるビタミン K の不足状態を反映しているのもので、負の相関関係が期待される指標であるが結果はその逆であった。ucOC は低値群、高値群の全員が基準値を超えていた。ucOC が基準値を超えているということは、被験者全員がビタミン K 不足状態であるということだが、一方で BDHQ により評価されたビタミン K の摂取量は、ほとんどの被験者において不足は観られなかった。これは、日本人の栄養摂取基準のビタミン K の基準値が、血液凝固に必要な量を基準として設定されているためであると考えられ、骨形成に着眼して基準値を設定するのであれば、ビタミン K はもっと高い値が必要であることを示唆された。

今回の実験では、骨形成に関与する栄養素である、Ca、ビタミン D、ビタミン C については、ほとんどのもので有意な関係は認められなかった。

ビタミン D 栄養状態を示す 25-OH-D は、概ね全員が正常範囲内であった。また、ビタミン D 摂取量も AI 未満の者は 10%程度であり、ビタミン D 摂取量にも大きな問題は認められなかった。以上より、今回の被験者はビタミン D 栄養状態に問題はなく、そのためビタミン D 関連指標と骨密度との間に明確な関連が認められなかったのだと考えられる。しかし、同年齢の日本人女性では、約 2/3 がビタミン D 欠乏状態であるという報告がある。今回、ほぼ同年齢の男性では全くビタミン D の栄養状態に問題がなかったのは興味深い。今回の被験者がたまたまビタミン D 栄養状態の良い集団だったのか、あるいはビタミン D 摂取量・栄養状態には性差があるのかは今後の検討課題である。

ビタミン C については、血清ビタミン C はほぼ全員が基準範囲内であり、下限に満たない者はいなかった。ビタミン C が充足されているため骨密度との関連が観られなかったと考えられる。

PTH が Ca/P の摂取量を反映する集団と反映しない集団がいることが観察された。このことについて、その 2 つの集団の違いを規定する要因を今回得られたデータの中から発見することができなかった。これら 2 つの集団の違いを規定する要因について検討することは今後の課題となる。

謝辞等

本稿の執筆にあたり、被験者として協力して下さった順天堂大学男子バスケットボール部、男子サッカー部の皆さんや実験の際にアドバイス等ご協力を賜りました鈴木良雄先生、大学院前期・後期課程の方々に多大なる感謝を申し上げます。また、実験および論文の作成に際し、支えていただいた濱野光之先生に深く感謝を申し上げます。

引用文献一覧

- 1) 赤津拓彦.(1999).広範囲血液・尿化学検査,免疫学的検査(2).日本臨床,57,239~241.
- 2) 馬場正博.(1999).骨吸収マーカーNTx の基礎と骨粗鬆症における臨床的有用性.生物試料分析,22(2),121-128.
- 3) Bruce W. Holis, John Q. Kamerud, Sandra R. Selvag, Jeffrey D. Lorenz, and Joseph L. Napoli.(1993).Determination of Vitamin D Status by Radioimmunoassay with an 125-Labeled Tracer. Clinical Chemistry, 39(3), 529-533.
- 4) Drewes PA.(1972).Direct colorimetric determination of phosphorus in serum and urine.Clinica Chimica Acta.39,81-88.
- 5) 榎裕美,浅利友恵,本村幸子,加藤昌彦.(2005).女子大生のライフスタイル,身体状況,QOL と骨密度に関する検討.栄養誌,63,75-82.
- 6) 江藤敏治,青石恵子.(2012).若年男性における骨密度と生活習慣の背景要因.医学と生物学,156(8),526-532.
- 7) 藤原奈佳子,市川博充.(1995).骨密度と思春期の運動習慣との関連について.公衛誌,42,903.
- 8) Hanson DA, Weis ME, Bollen A-M, Maslan SL, Singer FR,Eyre DR (1992) A specific immunoassay for monitoring human bone resorption: quantitation of type I collagen crosslinked N-telopeptides in urine. J Bone Miner Res,7,1251-1258.
- 9) 菱田明,佐々木敏監修.(2014).日本人の食事摂取基準厚生労働省「日本人の食事摂取基準(2015年版)」策定検討会報告書.第一出版,45-342.
- 10) 市村正一.(2012).骨代謝マーカーの使い方.CLINICA'12,610,597-603,
- 11) 岩本潤,竹田毅,松本秀男.(2010).疲労骨折の現状と進歩.臨床スポーツ医学,27,357-367.
- 12) IwamotoJ,TakedaT.(2003).Stress fractures in athletes: review of 196 cases.J.Orthop.Sci,8,273-278.
- 13) 岩増弘志.(2010).アスリートの疲労骨折—なぜ発症するのか—総説.臨床スポーツ医学,27,351-355.

- 14) 岩田由美子,下出祐造,土居岸幸利,百成富男,友田幸一.(2005).術中 intactPTH 迅速測定の有効性.医学と薬学,53(5),643-647.
- 15) 川口浩,松本俊夫,黒川高秀.(1990).Monoclonal 抗体を用いた two-site immunoradiometric assay (IRMA) による血清 BGP 濃度の測定.ホルモンと臨床,38,1291-1296.
- 16) 岸川陽一.(2011).骨粗鬆症の治療における ucOC (低カルボキシル化オステオカルシン) 検査の実際.整形外科と災害外科,60(3),477-479.
- 17) 骨粗鬆症の予防と治療のガイドライン作成委員会.(2011).骨粗鬆症の予防と治療のガイドライン 2011 年版.ライフサイエンス出版,28-30.
- 18) 倉澤健太郎,茶木修,平原史樹.(2006).全自動化学発光酵素免疫測定装置 Access を用いた血中骨型アルカリフォスファターゼの検討.医学と薬学,55(2),279-284.
- 19) Lykkesfeldt.(1995).Determination of Ascorbic Acid and Dehydroascorbic Acid in Plasma by High Performance Liquid Chromatography with Coulometric Detection Are They Reliable Biomarkers of Oxidative Stress. Analytical Biochemistry, 229,329-335.
- 20) 三木英之.(2003).種目別特徴 2 バスケットボール.臨床スポーツ医学,20,250-255.
- 21) 三浦雅一.(2008).骨代謝のバイオマーカーupdate.MEBIO,25(8),74-81.
- 22) Mona S,Alanna J,Katherine L.(2014).Assessing the Health Impact of Phosphorus in the Food Supply : Issues and Considerations. Adv Nutr January,5,104-113.
- 23) 中比呂志,伊木雅之,森田明美,玉置淳子,池田行宏.(2005).高校生活における腰椎および大腿骨近位部骨密度とその決定要因の縦断的研究—中学・高校期のスポーツ活動に焦点をあてて—,デサントスポーツ科学,26,85-94.
- 24) 根占哲也.(2006).血清総カルシウム測定の現状と今後都臨技会誌,34(5),270-281.
- 25) 日本ビタミン学会編.(1989).ビタミンハンドブック 2 水溶性ビタミン.化学同人,171-191.
- 26) 小原章裕,松久次雄,山口清.(2004).大学生活における骨密度と食生活の関係に

- ついて.日本食生活学会誌,15,170-177.
- 27) 小川愛一郎,川口良人.(1989).水・電解質代謝異常高磷・低磷血症医学と薬学.22(2),321-328.
 - 28) 岡野亮介,中正二郎,勝木健一,勝木道夫.(2003).男性スポーツ選手における踵骨骨強度の特徴および形態・基礎体力との関連性.臨床スポーツ医学,20,591-597
 - 29) Sasaki S, Katagiri A, Tsuji T, Shimoda T, Amano K. Self-reported rate of eating correlates with body mass index in 18-y-old Japanese women. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2003 Nov; 27(11):1405-10. PubMed PMID: 14574353.
 - 30) Sasaki M, Harata S, Kumazawa Y, Mita R, Kida K, Tsuge M. (2000) Bone mineral density and osteoporosis assessment index in adolescents. *J Orthop Sci*. 5(3): 185-191.
 - 31) 庄野菜穂子,近藤芳昭,桧垣靖樹,西住昌裕.(2000).若年及び中年男性の踵骨骨密度とその関連要因.日衛誌,55,516-522.
 - 32) Suzuki Y, Maruyama-Nagao A, Sakuraba K, Kawai S. (2014) Milk fortified with vitamin D could reduce the prevalence of vitamin D deficiency among Japanese female college students. *Arch Osteoporos*. 9(1): 188. doi: 10.1007/s11657-014-0188-x. Epub 2014 Jul 3
 - 33) 高見博,四方淳一.(1990).モノクロナール抗体を用いた IRMA 法による腎性上皮小体機能こう進症症例の血清 Bone Gla - protein 値の検討.ホルモンと臨床,38(11),1183~1186.
 - 34) 竹内敦子,岡野登志夫,平原文子,小林正.(1993).健全な日本人の食事性ビタミン D 摂取量.日本ビタミン学会誌,67,417-427.
 - 35) 上岐岳子,三宅健夫,横山英世,金子美佐子,小峰靖代,原野悟,荻原淳,長澤誠一郎,笹木教司,中山清,野崎貞彦,大坪修.(1999).日本人成人男性の骨密度とライフスタイルの関連.民族衛生,65(6), 273-281.
 - 36) 虎石真弥,上西一弘.(2011).大学生男子陸上長距離選手の骨状態と骨におけるビタミン K 栄養状態の関連.栄養学雑誌,69,115-125
 - 37) 鳥居俊.(2003).スポーツ競技と疲労骨折,からだの科学,230,58-63
 - 38) 鳥居俊.(1992).スポーツ選手における骨塩定量の意義—障害発生危険性を予知

するために。臨床スポーツ医学,9,710-713.

- 39) Tsugawa N, Okano T. (2009) Vitamin D and osteoporosis. *Vitamins* 83: 651-658 (in Japanese)
- 40) 山岡美穂,猪俣啓子,脇屋滋子,馬場英敏,山下弘幸,山下裕人,野口志郎.(2001).全自動電気化学発光免疫測定装置「ECLusys2010」による副甲状腺ホルモン測定の検討.医学と薬学,46(5),753-758.
- 41) 山本由喜子,紫尾知志和,田中順子.(2003).女子学生の骨量に与える身体状況及び食物摂取状況の影響.日本食生活学会誌,14,49-55.

英文要約

Abstract

Relationship of nutrient intake status and bone density of male college athletes
男子大学アスリートの栄養素摂取状況と骨密度の関係

Nobuhide Oguma

There is a relationship to fatigue fracture and bone mass. Factors involved in bone mass increase or decrease are considered vitamin D deficiency or effects of Ca: P. There is no gender difference in the development rate of fatigue fracture. Fatigue fracture is not a disorder limited to long-distance runners.

In this study, the relationship between that nutrient intake status and bone density of male college athletes, nutrient intake and it reflects nutritional status, were examined from both sides of the bone density and bone metabolism markers. At this time, we confirmed the daylight hours that affect the eating habits and VD nutritional status that affect nutrient intake.

As a result, the following conclusions were obtained.

Both of bone density high group and low group also was a vitamin K deficiency state. However, in comparison with the Dietary Reference Intakes of Japanese, came out results that have been fulfilled almost. We have found that it is necessary to consider the setting of the reference value of vitamin K in Dietary Reference Intakes for Japanese.

There was no problem in Intake of vitamin D of this subject. However, in the Japanese women of the same age, there is a report that about two-thirds is a vitamin D deficiency state, whether this subject was happened to good populations of vitamin D nutritional status, or vitamin D intake, nutritional status is there a sex difference in it is for further study.

That some populations PTH does not reflect the reflect population intake of Ca / P was observed. In this regard, it is not possible to discover the factors defining the difference between the two populations from our data. To examine the factors that define the differences between these two groups is the future.

- 表 1 解析対象者の特徴
- 表 2 栄養素摂取量(粗値)
- 表 3 栄養素摂取量(EN・BW 調整)
- 表 4 骨密度結果
- 表 5 骨密度高値群と低値群の骨密度と血液指標の測定値
- 表 6 骨密度と血液指標との相関
- 表 7 骨密度と栄養素摂取量との関係
- 表 8 血清 Ca、BAP、ucOC、OC、と栄養素摂取量との相関
- 表 9 - 1 日照時間とバイオマーカー
- 表 9 - 2 栄養摂取状況と食事環境

図1 実験概要

図2 OCとucOC

図3 食事環境

表1 被験者の身体特性

	n	平均	標準偏差
年齢	69	20.2	± 1.4
身長	69	176.2	± 7.3
体重	69	70.0	± 7.4

表2 BDHQで評価された粗植の摂取量

	単位	平均	最小値	15th percentile	中央値	85th percentile	最大値
エネルギー	kcal/日	2,259	1,274	1,597	2,253	2,929	5,136
水	g/日	2,039	855	1,259	1,973	2,733	4,975
たんぱく質	g/日	71.0	34.0	45.1	69.4	91.9	172.8
動物性たんぱく質	g/日	38.9	12.9	21.0	34.6	55.9	104.8
植物性たんぱく質	g/日	32.1	15.7	22.0	30.9	42.7	68.0
脂質	g/日	56.2	21.4	38.2	55.5	74.9	128.0
動物性脂質	g/日	28.0	8.4	17.4	26.6	35.7	70.6
植物性脂質	g/日	28.2	7.3	19.6	28.2	37.4	57.4
飽和脂肪酸	g/日	15.6	5.1	10.8	15.3	21.4	34.8
一価不飽和脂肪酸	g/日	20.3	6.8	13.4	20.1	27.1	46.8
多価不飽和脂肪酸	g/日	13.5	3.6	8.3	13.5	17.6	30.6
コレステロール	mg/日	342	96	186	284	489	1,173
n-3系脂肪酸	g/日	2.49	0.75	1.43	2.35	3.00	7.34
n-6系脂肪酸	g/日	11.0	2.85	6.7	11.1	14.6	25.8
炭水化物	g/日	348	201	247	332	450	579
水溶性食物繊維	g/日	2.50	0.83	1.54	2.35	3.66	6.02
不溶性食物繊維	g/日	7.61	3.19	5.22	7.00	10.38	15.15
総食物繊維	g/日	10.37	4.08	6.94	9.63	13.97	21.42
灰分	g/日	18.0	8.8	12.4	17.6	23.9	40.8
ナトリウム	mg/日	4,463	2,177	3,209	4,396	5,642	10,317
食塩相当量	g/日	11.3	5.5	8.1	11.2	14.2	26.0
カリウム	mg/日	2,261	769	1,458	2,124	3,011	4,961
カルシウム	mg/日	478	168	266	448	638	1,088
マグネシウム	mg/日	231	97	146	217	314	598
リン	mg/日	1,024	465	654	969	1,354	2,607
鉄	mg/日	7.27	3.00	4.76	6.84	9.87	19.4
亜鉛	mg/日	9.15	4.66	6.38	9.11	11.23	16.5
銅	mg/日	1.28	0.63	0.87	1.26	1.70	2.32
マンガン	mg/日	3.35	1.41	2.20	3.20	4.51	7.54
レチノール	μg/日	458	102	172	228	811	3,160
βカロテン当量	μg/日	2,419	203	1,012	1,882	4,308	8,758
ビタミンA	μgRAE/日	662	184	290	433	1,131	3,307
ビタミンD	μg/日	9.7	1.6	4.4	8.0	13.7	53.0
α-トコフェロール	mg/日	6.89	2.53	4.73	6.43	9.62	15.0
ビタミンK	μg/日	254	46	125	219	396	669
ビタミンB ₁	mg/日	0.81	0.38	0.54	0.79	1.07	1.59
ビタミンB ₂	mg/日	1.22	0.50	0.74	1.10	1.57	3.52
ナイアシン	mg/日	15.1	4.18	9.0	14.3	20.9	50.5
ビタミンB ₆	mg/日	1.16	0.38	0.75	1.08	1.51	3.36
ビタミンB ₁₂	μg/日	7.36	1.47	3.64	5.68	10.84	33.39
葉酸	μg/日	278	70	175	249	409	702
パントテン酸	mg/日	6.8	3.1	4.4	6.6	8.6	15.9
ビタミンC	mg/日	107.1	19.8	64.6	101.0	154.2	276.0
ショ糖	g/日	8.85	0.38	3.37	7.95	15.16	22.73
アルコール	g/日	5.4	0.0	0.0	0.0	6.6	229.5

(n=69)

表3 エネルギーと体重で調整した参照体重あたりの摂取量

栄養素など	単位	摂取量				基準値		基準値外	
		平均	中央値	15percentile	85percentile	種類	値	人数	割合
たんぱく質	g/日	85.1	82.7	70.5	99.4	EAR	50	0	0%
脂質	%エネルギー	22.6	22.9	17.8	27.3	RDA	60	2	3%
						DG	<20%	18	26%
飽和脂肪酸	%エネルギー	6.30	6.35	5.05	7.58	DG	<7%	47	68%
						AI	2	3	12%
n-3系脂肪酸	g/日	2.97	2.89	2.12	3.97	AI	11	13	19%
n-6系脂肪酸	g/日	13.3	12.8	10.3	17.0	AI	11	13	19%
炭水化物	%エネルギー	62.2	62.6	56.2	69.1	AI	<50%	4	6%
						AI	65%<	24	35%
総食物繊維	g/日	12.5	12.4	9.7	15.5	DG	20	69	100%
ナトリウム	mg/日	5448	5566	4416	6538	EAR	600	0	0%
食塩相当量	g/日	13.8	14.1	11.2	16.5	EAR	1.5	0	0%
						DG	8	68	99%
カリウム	mg/日	2712	2666	2080	3269	AI	2500	24	35%
						DG	3000	21	30%
カルシウム	mg/日	573	538	378	795	EAR	650	49	71%
						RDA	800	58	84%
マグネシウム	mg/日	275	277	221	329	UL	2500	0	0%
						EAR	280	37	54%
リン	mg/日	1225	1198	986	1440	RDA	340	62	90%
						AI	1000	12	17%
鉄	mg/日	8.69	8.76	6.72	10.58	UL	3000	0	0%
						EAR	6	2	3%
亜鉛	mg/日	11.0	10.9	9.5	12.6	RDA	7	15	22%
						UL	50	0	0%
銅	mg/日	1.54	1.50	1.36	1.72	EAR	8	0	0%
						RDA	10	17	25%
マンガン	mg/日	4.04	3.78	3.02	5.16	UL	40	0	0%
						EAR	0.7	0	0%
ビタミンA	μg/日	778	543	401	1279	RDA	0.9	0	0%
						UL	10	0	0%
ビタミンD	μg/日	11.31	9.99	6.51	16.98	AI	4	40	58%
						UL	11	0	0%
ビタミンE	mg/日	8.33	8.12	6.16	10.39	EAR	600	36	52%
						RDA	850	43	62%
ビタミンK	μg/日	304	285	157	452	UL	2700	0	0%
						AI	5.5	8	12%
ビタミンB1	mg/日	0.97	0.98	0.77	1.16	UL	100	0	0%
						AI	6.5	13	19%
ビタミンB2	mg/日	1.45	1.38	1.07	1.91	UL	800	0	0%
						AI	150	10	14%
ナイアシン	mg/日	17.9	17.2	12.8	23.1	EAR	1.2	59	86%
						RDA	1.4	68	99%
ビタミンB6	mg/日	1.38	1.42	1.05	1.71	EAR	1.3	31	45%
						RDA	1.6	47	68%
ビタミンB12	μg/日	8.57	7.80	5.16	13.58	EAR	1.6	47	68%
						RDA	1.3	31	45%
葉酸	μg/日	333	329	223	432	EAR	13	11	16%
						RDA	15	21	30%
パントテン酸	mg/日	8.19	7.85	6.59	9.87	UL	300	0	0%
						EAR	1.2	23	33%
ビタミンC	mg/日	129.9	126.5	80.7	181.2	RDA	1.4	34	49%
						UL	55	0	0%
						EAR	2	0	0%
						RDA	2.4	0	0%
						EAR	200	6	9%
						RDA	240	14	20%
						UL	900	0	0%
						AI	5	0	0%
						EAR	85	13	19%
						RDA	100	19	28%

(n=69)

表4 骨密度の測定結果

	n=69					
	単位	基準値	平均	標準偏差	最小値	最大値
音速	m/s	1582.2	1636.7	25.3	1572	1711
透過指標	-	1.21	1.30	0.09	1.13	1.54
音響的骨評価値	× 10 ⁶	3.04	3.50	0.29	2.93	4.36

表5 骨密度低値群と高値群のバイオマーカー

	単位	基準値	骨密度低値群 (n=8)		骨密度高値群 (n=8)		平均値の差 P
			平均値	範囲	平均値	範囲	
音速	m/s	1582	1607	1572-1632	1666	1623-1693	0.001 **
透過指標	-	1.21	1.21	1.143-1.254	1.44	1.321-1.538	0.001 **
音響的骨評価値	× 10 ⁶	3.04	3.12	2.927-3.269	3.99	3.751-4.358	0.001 **
リン	mg/dL	2.4-4.3	4.3	3.3-5.1	4.2	3.7-5.1	0.791
カルシウム	mg/dL	8.5-10.2	9.5	9-10.2	9.8	9.5-10.1	0.125
骨型アルカリフォスファターゼ	μg/dL	2.9-14.5	20.9	12.9-27	33.1	20.2-50.8	0.009 **
ビタミン C	μg/mL	5.5-16.8	11.7	7.8-29	9.3	7.5-12.2	0.494
NTX	nmol BCE/L	9.5-17.7	26.7	18-39.6	30.8	18-44.4	0.528
低カルボキシ化オステオカルシン	ng/mL	4.5未満	8.4	5.47-13.5	14.8	5.55-26.1	0.036 *
PTH-intact	pg/mL	10-65	44.3	25-68	38.4	26-65	0.345
オステオカルシン	ng/mL	2.5-13	10.4	4.3-15	15.6	8.9-24	0.035 *
25-OH-D	ng/mL	7-41	24.1	19-34	25.3	20-30	0.596

*: P<0.05, **: P<0.01

表6 骨密度と血液指標との関係

	音速		透過指標		音響的骨評価値	
	相関係数	P	相関係数	P	相関係数	P
血清P	0.01	0.97	0.24	0.37	0.23	0.39
血清Ca	0.57	0.02	0.35	0.19	0.39	0.14
BAP	0.50	0.05	0.67	0.00	0.69	0.00
ビタミンC	0.10	0.70	-0.19	0.48	-0.20	0.46
NTX	0.11	0.68	0.23	0.39	0.28	0.30
ucOC	0.17	0.52	0.62	0.01	0.58	0.02
PTH	-0.38	0.15	-0.04	0.90	-0.04	0.90
オステオカルシン	0.22	0.41	0.58	0.02	0.50	0.05
25-OH-D	0.15	0.59	-0.06	0.84	-0.05	0.85

n=16、相関係数はSpearman の相関係数、赤で強調したものはP<0.05

表7 骨密度と栄養素摂取量との関係

栄養素	残差法				密度法						
	音速		透過指標		音響的骨評価値		透過指標		音響的骨評価値		
	相関係数	P	相関係数	P	相関係数	P	相関係数	P	相関係数	P	
たんぱく質	0.08	0.53	0.01	0.95	0.04	0.77	0.08	0.49	0.05	0.68	0.60
脂質	-0.08	0.49	-0.08	0.51	-0.10	0.43	-0.10	0.41	-0.06	0.65	0.46
飽和脂肪酸	0.14	0.26	0.02	0.86	0.07	0.59	0.08	0.53	-0.02	0.86	0.97
n-3系脂肪酸	-0.09	0.48	-0.01	0.91	-0.07	0.59	-0.06	0.61	0.02	0.87	0.82
n-6系脂肪酸	-0.13	0.29	-0.14	0.24	-0.18	0.13	-0.16	0.19	-0.14	0.24	0.10
炭水化物	0.14	0.27	0.02	0.87	0.08	0.51	0.05	0.67	-0.06	0.64	0.88
総食物繊維	0.05	0.69	-0.08	0.51	-0.08	0.53	0.01	0.91	-0.09	0.49	0.43
食塩相当量	-0.10	0.44	0.02	0.85	-0.02	0.86	-0.12	0.32	-0.03	0.83	0.54
カリウム	0.07	0.37	-0.18	0.14	-0.12	0.32	0.08	0.53	-0.17	0.17	0.37
カルシウム	0.19	0.12	-0.13	0.30	-0.03	0.82	0.24	0.05	-0.08	0.51	0.85
マグネシウム	0.08	0.51	-0.06	0.62	-0.03	0.81	0.12	0.32	-0.04	0.73	1.00
リン	0.15	0.23	0.00	0.99	0.06	0.64	0.15	0.22	0.01	0.96	0.63
鉄	0.01	0.92	-0.04	0.77	-0.04	0.77	0.04	0.72	-0.03	0.84	0.86
亜鉛	0.11	0.37	-0.07	0.59	0.01	0.94	0.05	0.70	-0.08	0.50	0.78
銅	0.19	0.12	-0.02	0.90	0.04	0.73	0.12	0.32	-0.04	0.75	1.00
マンガン	0.13	0.28	0.00	0.97	0.05	0.66	0.11	0.39	-0.01	0.92	0.82
ビタミンA	-0.04	0.73	-0.02	0.84	-0.02	0.85	0.03	0.84	0.08	0.49	0.41
ビタミンD	0.01	0.92	0.07	0.55	0.04	0.73	0.16	0.19	0.18	0.13	0.12
ビタミンE	-0.18	0.13	-0.13	0.30	-0.18	0.14	-0.18	0.14	-0.11	0.37	0.18
ビタミンK	0.08	0.51	-0.12	0.35	-0.09	0.48	0.05	0.66	-0.09	0.45	0.50
ビタミンB1	-0.01	0.91	-0.12	0.34	-0.09	0.48	-0.05	0.69	-0.10	0.39	0.43
ビタミンB2	0.15	0.22	-0.04	0.73	0.02	0.88	0.19	0.11	0.01	0.95	0.54
ナイアシン	-0.08	0.53	0.01	0.91	-0.01	0.92	-0.03	0.82	0.05	0.71	0.75
ビタミンB6	-0.07	0.58	-0.04	0.72	-0.07	0.58	-0.16	0.18	-0.06	0.62	0.32
ビタミンB12	0.00	1.00	0.09	0.47	0.07	0.58	0.09	0.47	0.14	0.25	0.21
葉酸	0.02	0.88	0.00	0.98	-0.01	0.96	0.01	0.94	0.01	0.95	0.99
パントテン酸	0.11	0.38	-0.07	0.55	-0.02	0.87	0.10	0.40	-0.05	0.66	0.95
ビタミンC	-0.05	0.70	-0.06	0.62	-0.07	0.55	-0.10	0.43	-0.08	0.53	0.38

表8 骨密度と相関関係の観られた血液指標と栄養素摂取量との関係

	残差法				密度法						
	血清Ca		BAP		血清Ca		BAP				
	相関係数	P	相関係数	P	相関係数	P	相関係数	P			
たんぱく質	0.27	0.31	-0.12	0.66	-0.23	0.40	-0.20	0.46	-0.32	0.23	0.77
脂質	0.21	0.43	-0.31	0.24	-0.54	0.03	-0.40	0.12	-0.31	0.24	0.15
飽和脂肪酸	0.20	0.46	-0.27	0.31	-0.47	0.06	-0.36	0.17	-0.21	0.42	0.36
n-3系脂肪酸	0.15	0.58	-0.59	0.02	-0.57	0.02	-0.39	0.14	-0.59	0.02	0.06
n-6系脂肪酸	0.23	0.40	-0.29	0.27	-0.53	0.03	-0.44	0.09	-0.30	0.26	0.12
炭水化物	-0.26	0.33	0.21	0.42	0.27	0.32	0.12	0.66	0.24	0.37	0.14
総食物繊維	0.30	0.26	-0.15	0.59	-0.28	0.29	-0.21	0.45	0.32	0.22	0.48
食塩相当量	-0.16	0.56	-0.25	0.35	-0.31	0.24	-0.27	0.31	-0.14	0.61	0.38
カリウム	0.07	0.80	-0.46	0.08	-0.37	0.15	-0.28	0.29	0.07	0.81	0.34
カルシウム	0.09	0.75	-0.34	0.20	-0.29	0.27	-0.12	0.67	0.06	0.83	0.67
マグネシウム	0.17	0.53	-0.33	0.21	-0.26	0.33	-0.13	0.63	0.17	0.54	0.51
リン	0.21	0.44	-0.31	0.25	-0.29	0.28	-0.08	0.77	0.10	0.72	0.46
鉄	0.21	0.44	-0.33	0.22	-0.31	0.24	-0.31	0.25	0.29	0.28	0.21
亜鉛	0.18	0.50	0.11	0.68	0.01	0.97	0.21	0.43	0.23	0.39	0.37
銅	0.15	0.59	0.14	0.62	0.12	0.66	0.17	0.54	0.14	0.60	0.41
マンガン	0.20	0.45	0.34	0.20	0.29	0.28	0.13	0.62	0.18	0.50	0.56
ビタミンA	0.15	0.59	-0.04	0.88	0.21	0.42	0.18	0.50	0.47	0.85	0.43
ビタミンD	0.21	0.43	-0.44	0.09	-0.46	0.07	-0.21	0.44	-0.05	0.27	0.21
ビタミンE	0.07	0.79	-0.51	0.05	-0.51	0.04	-0.41	0.11	-0.42	0.10	0.13
ビタミンK	0.11	0.68	-0.19	0.48	-0.21	0.43	-0.13	0.64	-0.50	0.05	0.11
ビタミンB ₁	0.02	0.95	-0.34	0.20	-0.29	0.28	-0.19	0.49	-0.22	0.41	0.73
ビタミンB ₂	0.27	0.31	-0.22	0.41	-0.11	0.68	-0.04	0.89	-0.31	0.24	0.51
ナイアシン	0.31	0.24	-0.34	0.20	-0.33	0.21	-0.18	0.50	-0.21	0.43	0.76
ビタミンB ₆	0.23	0.40	-0.42	0.11	-0.43	0.10	-0.29	0.28	-0.51	0.05	0.10
ビタミンB ₁₂	0.24	0.38	-0.27	0.32	-0.23	0.40	-0.04	0.89	-0.36	0.16	0.44
葉酸	0.09	0.74	0.12	0.66	0.26	0.32	0.19	0.48	-0.40	0.13	0.45
パントテン酸	0.17	0.53	-0.28	0.29	-0.26	0.32	-0.10	0.71	0.24	0.36	0.50
ビタミンC	-0.19	0.48	-0.18	0.50	-0.08	0.78	-0.10	0.71	-0.28	0.29	0.71
									-0.18	0.51	0.56

n=16、相関係数はSpearmanの相関係数、赤で強調したものはP<0.05

表9-1 日照時間と血液指標との関係

	日照時間	
	相関係数	有意確率
血清P	0.12	0.66
血清Ca	-0.18	0.50
BAP	-0.37	0.15
ビタミンC	0.18	0.51
NTX	0.08	0.78
ucOC	-0.34	0.20
PTH	0.24	0.37
オステオカルシン	-0.35	0.18
25-OH-D	-0.16	0.55

表9-2 食事環境と栄養素摂取量の関係

	残差法				密度法					
	外食		自炊		外食		自炊			
	相関係数	P	相関係数	P	相関係数	P	相関係数	P		
たんぱく質	0.09	0.45	-0.31	0.01	0.02	0.86	0.07	0.55	0.01	0.94
脂質	0.02	0.84	-0.08	0.50	0.01	0.97	0.02	0.90	-0.08	0.88
飽和脂肪酸	-0.12	0.35	-0.04	0.72	0.09	0.45	-0.12	0.33	-0.01	0.34
n-3系脂肪酸	0.03	0.82	-0.08	0.51	-0.03	0.84	0.03	0.80	-0.07	0.60
n-6系脂肪酸	0.05	0.68	-0.14	0.27	0.04	0.77	0.04	0.75	-0.13	0.64
炭水化物	-0.02	0.88	0.14	0.25	-0.07	0.56	-0.03	0.82	0.13	0.92
総食物繊維	0.06	0.62	-0.33	0.01	0.10	0.44	0.08	0.52	-0.31	0.52
食塩相当量	0.28	0.02	0.12	0.31	-0.31	0.01	0.25	0.04	0.09	0.05
カリウム	-0.01	0.92	-0.39	0.00	0.15	0.23	-0.01	0.94	-0.38	0.29
カルシウム	-0.15	0.21	-0.28	0.02	0.26	0.03	-0.17	0.17	-0.25	0.03
マグネシウム	0.01	0.93	-0.40	0.00	0.15	0.23	-0.01	0.94	-0.35	0.30
リン	-0.01	0.92	-0.34	0.00	0.14	0.26	-0.05	0.67	-0.31	0.24
鉄	0.10	0.39	-0.37	0.00	0.07	0.58	0.10	0.42	-0.37	0.63
亜鉛	0.11	0.35	-0.32	0.01	-0.01	0.91	0.13	0.30	-0.35	0.93
銅	0.04	0.76	-0.33	0.00	0.10	0.41	0.07	0.58	-0.34	0.55
マンガン	0.04	0.75	-0.10	0.42	0.00	0.98	0.06	0.60	-0.11	0.91
ビタミンA	0.07	0.55	-0.37	0.00	0.18	0.14	0.11	0.36	-0.38	0.31
ビタミンD	0.03	0.79	-0.08	0.51	-0.02	0.90	-0.04	0.77	-0.06	0.86
ビタミンE	0.08	0.52	-0.17	0.16	0.00	0.97	0.09	0.46	-0.16	0.80
ビタミンK	0.10	0.42	-0.32	0.01	0.12	0.33	0.13	0.29	-0.31	0.46
ビタミンB ₁	0.07	0.56	-0.30	0.01	0.01	0.91	0.09	0.48	-0.31	0.97
ビタミンB ₂	-0.06	0.61	-0.34	0.00	0.26	0.03	-0.11	0.38	-0.31	0.03
ナイアシン	0.18	0.15	-0.21	0.09	-0.10	0.41	0.13	0.30	-0.16	0.40
ビタミンB ₆	0.11	0.38	-0.35	0.00	0.00	0.97	0.03	0.84	-0.20	0.98
ビタミンB ₁₂	0.03	0.82	-0.13	0.30	0.05	0.69	-0.02	0.90	-0.13	0.84
葉酸	0.05	0.68	-0.41	0.00	0.16	0.18	0.07	0.56	-0.40	0.31
パントテン酸	0.02	0.87	-0.39	0.00	0.19	0.13	-0.02	0.88	-0.38	0.09
ビタミンC	0.01	0.93	-0.22	0.08	0.00	0.99	0.05	0.68	-0.23	0.94

n=69、相関係数はSpearmanの相関係数、赤で強調したものはP<0.05

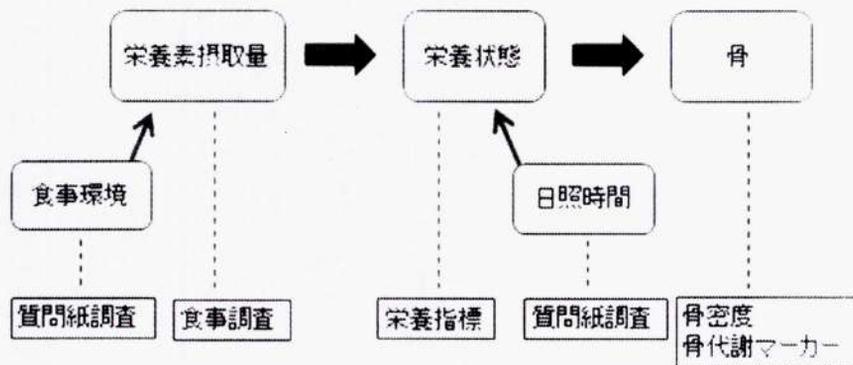


図1 実験概要

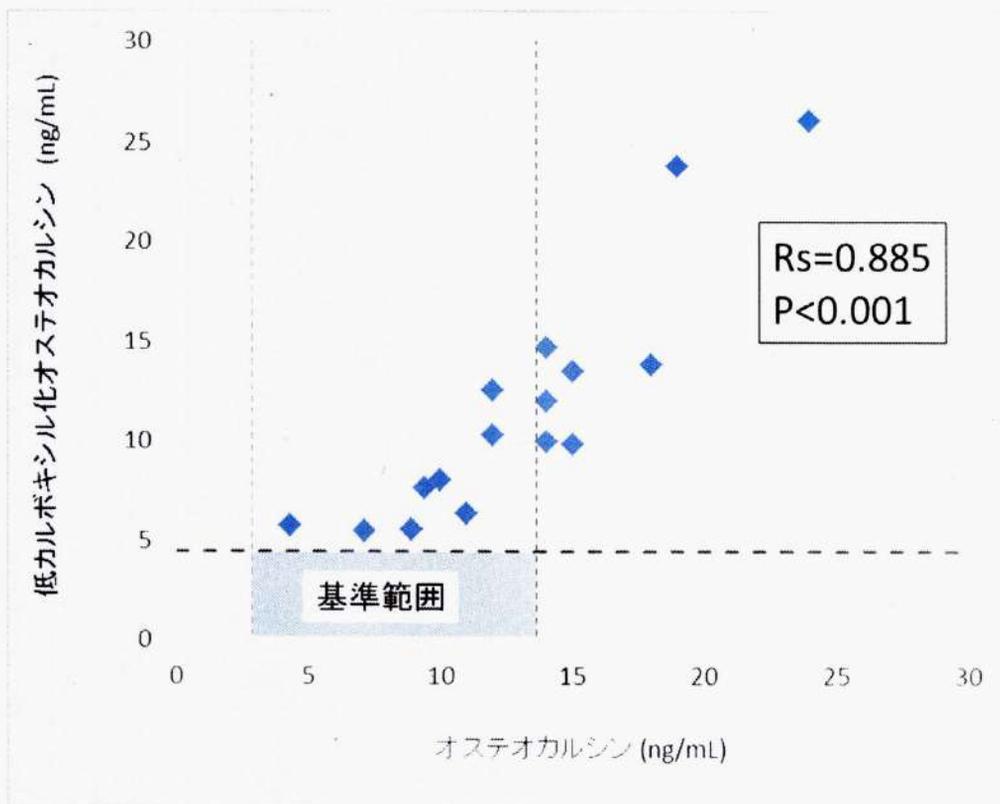


図2 OC と ucOC

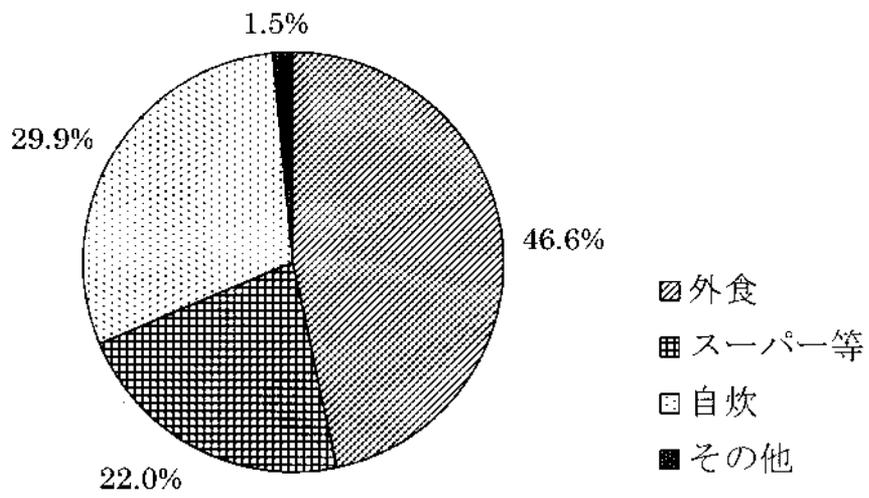


図3 食事環境

あなたは、この1か月のあいだ、以下の食べ物をどのくらいの間で食べていますか？
もっともあてはまる回答をひとつ選んで、Vを記入してください。

食品名	毎日	ほぼ毎日	時々	ほとんどない	全くない
野菜	<input type="checkbox"/>				
果物	<input type="checkbox"/>				
豆類	<input type="checkbox"/>				
魚	<input type="checkbox"/>				
肉	<input type="checkbox"/>				
卵	<input type="checkbox"/>				
牛乳	<input type="checkbox"/>				
パン	<input type="checkbox"/>				
麺類	<input type="checkbox"/>				
揚げ物	<input type="checkbox"/>				
アルコール	<input type="checkbox"/>				

食品名	毎日	ほぼ毎日	時々	ほとんどない	全くない
野菜	<input type="checkbox"/>				
果物	<input type="checkbox"/>				
豆類	<input type="checkbox"/>				
魚	<input type="checkbox"/>				
肉	<input type="checkbox"/>				
卵	<input type="checkbox"/>				
牛乳	<input type="checkbox"/>				
パン	<input type="checkbox"/>				
麺類	<input type="checkbox"/>				
揚げ物	<input type="checkbox"/>				
アルコール	<input type="checkbox"/>				

食品名	毎日	ほぼ毎日	時々	ほとんどない	全くない
野菜	<input type="checkbox"/>				
果物	<input type="checkbox"/>				
豆類	<input type="checkbox"/>				
魚	<input type="checkbox"/>				
肉	<input type="checkbox"/>				
卵	<input type="checkbox"/>				
牛乳	<input type="checkbox"/>				
パン	<input type="checkbox"/>				
麺類	<input type="checkbox"/>				
揚げ物	<input type="checkbox"/>				
アルコール	<input type="checkbox"/>				

食品名	毎日	ほぼ毎日	時々	ほとんどない	全くない
野菜	<input type="checkbox"/>				
果物	<input type="checkbox"/>				
豆類	<input type="checkbox"/>				
魚	<input type="checkbox"/>				
肉	<input type="checkbox"/>				
卵	<input type="checkbox"/>				
牛乳	<input type="checkbox"/>				
パン	<input type="checkbox"/>				
麺類	<input type="checkbox"/>				
揚げ物	<input type="checkbox"/>				
アルコール	<input type="checkbox"/>				

食品名	毎日	ほぼ毎日	時々	ほとんどない	全くない
野菜	<input type="checkbox"/>				
果物	<input type="checkbox"/>				
豆類	<input type="checkbox"/>				
魚	<input type="checkbox"/>				
肉	<input type="checkbox"/>				
卵	<input type="checkbox"/>				
牛乳	<input type="checkbox"/>				
パン	<input type="checkbox"/>				
麺類	<input type="checkbox"/>				
揚げ物	<input type="checkbox"/>				
アルコール	<input type="checkbox"/>				

食品名	毎日	ほぼ毎日	時々	ほとんどない	全くない
野菜	<input type="checkbox"/>				
果物	<input type="checkbox"/>				
豆類	<input type="checkbox"/>				
魚	<input type="checkbox"/>				
肉	<input type="checkbox"/>				
卵	<input type="checkbox"/>				
牛乳	<input type="checkbox"/>				
パン	<input type="checkbox"/>				
麺類	<input type="checkbox"/>				
揚げ物	<input type="checkbox"/>				
アルコール	<input type="checkbox"/>				

食品名	毎日	ほぼ毎日	時々	ほとんどない	全くない
野菜	<input type="checkbox"/>				
果物	<input type="checkbox"/>				
豆類	<input type="checkbox"/>				
魚	<input type="checkbox"/>				
肉	<input type="checkbox"/>				
卵	<input type="checkbox"/>				
牛乳	<input type="checkbox"/>				
パン	<input type="checkbox"/>				
麺類	<input type="checkbox"/>				
揚げ物	<input type="checkbox"/>				
アルコール	<input type="checkbox"/>				

補足質問紙

補足調査

学籍番号 _____ 氏名 _____

以下の質問にお答えください。

1 食事環境について

普段あなたが食事をとる方法の割合について、合計が10になるように例にならって記入してください。

(例)

2	外食
3	スーパー・コンビニ等で買ったものを食べる
5	自炊
0	その他()

	外食
	スーパー・コンビニ等で買ったものを食べる
	自炊
	その他()

2. 平均日照時間について

あなたが普段日光に当たる時間を記入してください。

時間

以上で終了です。ご協力ありがとうございました。