

2019年度 博士論文

男性の肢体不自由者の骨密度に関する横断的検討

Cross-sectional study of bone mineral density in men with
physical disabilities

高崎健康福祉大学大学院健康福祉学研究科
食品栄養学専攻 博士後期課程

学籍番号 1610502

氏名 田中 佑季

指導教員 田中 進

略語一覽

BUA : Broadband ultrasonic attenuation

CV : Coefficient of variation

DXA : Dual energy X-ray absorptiometry

LPA : Light physical activity

MVPA : Moderate to vigorous physical activity

NIH : National Institutes of Health

QUS : Quantitative ultrasound

RA : Radiographic absorptiometry

SB : Sedentary behavior

SOS : Speed of sound

YAM : Young adult mean

目 次

第一章 緒論

1	背景	1
1-1	骨粗鬆症	1
1-2	骨密度	2
1-2-1	骨密度の概要	
1-2-2	骨のリモデリングと制御因子	
1-2-3	骨密度の測定法	
1-3	障がい者	6
1-3-1	我が国の身体障がい者	
1-3-2	肢体不自由者と骨密度	
1-4	骨密度に関わる先行研究	9
1-4-1	年齢と骨密度	
1-4-2	DXA法及びQUS法による骨評価	
1-4-3	骨への物理刺激の影響	

第二章 男性の肢体不自由者の骨密度に関する研究

1	はじめに	18
2	被検者及び方法	18
2-1	被検者の募集と身体測定	18
2-2	DXA法による体組成の測定	19
2-3	QUS法による骨評価	20
2-4	活動量計による活動時間の測定	21
2-5	統計処理	21
3	結果及び考察	
3-1	測定結果	22
3-1-1	被検者の特徴	
3-1-2	DXA法による骨塩量と骨密度の測定値	

3-1-3	DXA法によるその他の体組成の測定値	
3-1-4	骨粗鬆症の判定	
3-1-5	QUS法による骨評価	
3-2	相互関係	25
3-2-1	相関行列	
3-2-2	年齢と骨密度との関連	
3-2-3	骨密度の部位同士の相関	
3-2-4	骨密度と体組成との相関	
3-2-5	骨密度と運動強度との関連	
3-2-6	DXA法とQUS法との相関	
3-3	主成分分析	37
3-4	本研究の限界と課題	38

第三章 肢体不自由者における骨粗鬆症予防対策の提案

1	はじめに	84
2	方法	85
2-1	肢体不自由者の身体活動	85
2-2	肢体不自由者の身体活動の向上方法	85
2-3	肢体不自由者の骨粗鬆症予防のための献立作成	86
3	結果及び考察	86
3-1	肢体不自由者の身体活動の実態	86
3-2	肢体不自由者の身体活動量の向上法の提案	87
3-3	食事（指導）の提案	88
3-4	栄養アセスメント評価	90
3-5	肢体不自由者の骨粗鬆症予防のPDCAサイクルの提案	91

第四章 総括

	参考文献	112
	謝辞	123

第一章 緒論

1 背景

1-1 骨粗鬆症

骨粗鬆症は骨折リスクが増大した状態にある疾患である。世界保健機関(WHO)では、「骨粗鬆症は、低骨量と骨組織の微細構造の異常を特徴とし、骨の脆弱性が増大し、骨折の危険性が増大する疾患である：A disease characterized by low bone mass and microarchitectural deterioration of bone tissue, leading to enhanced bone fragility and a consequent increase in fracture risk」と定義している¹⁾。

骨折は患者の生活活動を制限し、運動能力及び日常生活動作(Activities of daily living)の低下やロコモティブシンドロームなどにより生活の質(QOL)を低下させる²⁻⁴⁾。運動は骨のリモデリングに関わることから、運動性の低下はさらなる骨減少の要因となる可能性がある⁵⁾。また、骨粗鬆症による腰椎や大腿骨などの主要な荷重部位の脆弱性骨折は、患者の自立機能を奪い、介護の必要性を増加させ、更にその後の生命予後や機能予後を悪化させる⁶⁾。平成30年版高齢者白書において65歳以上の要介護者等の介護が必要になった主な原因(男女の総数)として認知症(18.7%)、脳血管疾患(15.1%)、高齢による衰弱(13.8%)に次いで骨折・転倒(12.5%)は4番目に多い⁷⁾。

骨粗鬆症の関連因子は、年齢、性別、ホルモン、薬剤、栄養、生活様式、運動など多岐にわたり、対象に合わせた予防・治療が求められている。特に閉経以降の女性に骨粗鬆症の罹患者が増えることから、若年或いは閉経後の女性の骨密度(Bone mineral density)に関する報告は非常に多い。これは女性が閉経に伴うエストロゲンの減少によって、男性よりも骨密度が減少しやすい傾向にあることに

加えて、高い最大骨量(Peak bone mass)の獲得には18歳以前に介入が必要とされるためである^{8,9)}。

低骨密度による骨折は骨粗鬆症の合併症であるということができ、骨折を防ぐためには骨粗鬆症の予防が必要と考えられている。一般に、骨粗鬆症の予防として、一次予防は最も骨量が得やすいとされる成長期に骨量を獲得することで、最大骨量を十分に得ること。二次予防は早期にスクリーニングを行い、骨量の低下が認められた場合にさらなる減少を食い止めること。三次予防はすでに骨密度が大きく低下している場合は現状を維持し、転倒による骨折を防ぐことが重要とされている¹⁾。

一方、身体障がい者はその障がいによる日常生活における制約があり、健常者と比較して骨粗鬆症のリスクが高い上に、予防も健常者と同じような対策を取れるとも言い難い。また、一口に身体障がいといってもその障がい内容は視覚障がい、聴覚・言語障がい、内部障がい、肢体不自由など障がいによって抱える問題は様々である。それぞれの障がいの特性を加味したうえで、骨粗鬆症に関わる要因から予防に至るまでの検討が十分にされているとは言えない現状である。骨折を起こさないためにも、身体障がい者の低骨密度の原因を特定し、骨粗鬆症の予防策を検討することは急務と言える¹⁰⁾。

1-2 骨密度

1-2-1 骨密度の概要

骨粗鬆症に関わる骨の強さ、即ち骨強度(Bone strength)は米国衛生研究所(National Institutes of Health : NIH)によって骨密度と骨質(Bone quality)の2つの要因から成ると説明されている¹¹⁾。

骨密度は、骨の単位面積又は単位体積当たりのミネラルのグラム数から算出される。一方、骨質は、微細構造、代謝回転、微小骨折

及び骨組織の石灰化から規定される。骨密度の算出方法の通り、被検者の骨の重量に当たる骨塩量(Bone mineral content)が直接かわるのは骨密度である。

現状において骨強度をすべて反映する正確な尺度はない。しかし、NIHは骨密度が骨強度のおよそ70%を説明するとしており、骨強度の代用として現在は骨密度が利用されている。実際にWHOでは、成人した若い白人女性の平均骨密度の -2.5 SD(標準偏差)以下を骨粗鬆症と定義している¹²⁾。また、我が国の原発性骨粗鬆症の診断基準(2012年度改訂版)では、若年成人平均値(Young adult mean : YAM)の -2.5 SD以下又は70%以下を骨粗鬆症のカットオフ値としている(表1)¹³⁾。

わが国では骨密度の測定部位は腰椎(L2-4)と大腿骨近位部に当たる大腿骨頸部又はTotal hip(全大腿骨近位部)が最善の部位とされている。この理由として、①これらの部位は骨折をした場合の生命予後を著しく悪化させる部位であること^{14,15)}、②これらの部位は全身を支える荷重骨であり、寝たきり状態になったときの骨密度の低下が腕のような非荷重骨に比べて顕著であること⁵⁾、③腰椎骨を構成する骨は海綿骨が主体であり、皮質骨を主体とする部位と比較して骨代謝の回転が速く、患者の骨密度の現状を反映しやすいことが挙げられる¹⁶⁾。

また、骨密度は性別によっても差があることが知られている。日本における一般家庭の日本人の骨粗鬆症の有病率は、Yoshimuraらによる大規模調査により、腰椎(L2-4)では男性3.4%、女性19.2%、大腿骨頸部では男性12.4%、女性26.5%、Total hipでは男性6.1%、女性16.3%と報告されている^{17,18)}。

骨密度は学童期から思春期にかけて増大し、18歳ごろに最大骨量に達する。その後成人期以降の加齢や閉経に伴い、骨芽細胞の機能の低下による骨形成の低下と、破骨細胞の活性化による骨吸収の亢進により、徐々に骨密度が低下するとされる^{1,8)}。

1-2-2 骨のリモデリングと制御因子

骨粗鬆症の直接の原因は骨強度の低下, 即ち骨密度の低下と骨質の低下である. 骨強度の低下には様々な外的要因が関与するとされており, この外的要因によって骨のリモデリングは影響を受けている¹⁹⁾.

骨のリモデリングとは骨の新陳代謝を指す. 古くなった骨は破骨細胞による骨吸収により分解・吸収される. 次に骨芽細胞による骨形成が始まり, 新しい骨が作られる. これは生涯繰り返されるサイクルとなっており, 常に新しい骨を生体に供給することで, 劣化を修復し, 骨強度を保持する.

骨強度は骨吸収と骨形成により分解・形成される量が等しいときに維持されるが, 骨吸収の割合が増えたときに骨減少・骨粗鬆症が起こる. このため骨粗鬆症の成因は骨のリモデリングの機能不全にあると言える. 図1のように, 骨のリモデリングに関わる因子は大きく三つに大別することができる.

一つ目は遺伝的な素因である^{20,21)}. 例えば, ビタミンDはカルシウム代謝に関与することが知られているが, ビタミンDの吸収に関わるビタミン結合タンパクの遺伝子多型の違いにより, 血中のビタミンDの濃度に影響を与えるとされる²²⁾. また, 骨のサイズや形状の決定要因もこれに当たる.

二つ目は内分泌代謝である. 骨のリモデリングに破骨細胞や骨芽細胞が関わることは上述したが, これらはエストロゲンやカルシトニン, 副甲状腺ホルモンなどによって制御されている. 特に女性においてエストロゲンは破骨細胞の分化・成熟を抑制することが知られており, 閉経以降のエストロゲンの低下は破骨細胞の活性化に繋がるとされている²³⁾.

三つ目は生活様式や栄養などの環境要因である^{24,25)}. カルシウムやビタミンD, ビタミンKなどの充足率は骨強度に影響を与えるため. これらの栄養素の欠乏は骨塩量の低下の危険因子になりえる.

また、骨細胞は運動や重量による物理刺激を感知して骨のリモデリングを活性させると言われ、加齢による運動量の減少や、寝たきりによる長期の安静などにより、日常的に適切な物理刺激がかからないことは骨強度が十分に保持されないリスクになりえる²⁶⁻²⁸⁾。

1-2-3 骨密度の測定法

骨密度の測定法はいくつかの手法が存在するが、主要な方法として二重エネルギーX線吸収(Dual energy X-ray absorptiometry : DXA)法, Radiographic absorptiometry(RA)法, 定量的超音波測定(Quantitative ultrasound : QUS)法の三つが挙げられる^{1,13)}。

我が国では上記の方法のうち、DXA法及びRA法による骨密度測定法が骨粗鬆症の診断に用いられている。いずれもX線を用いた骨塩量の定量を基盤とした測定法であり、全身を測定範囲とするDXA法による被ばく量は日常生活の数日分程度と言われている。

DXA法は二種類のX線を生体試料に照射し、その吸収率の差を測定することで骨密度を算出する測定法である。本法を用いた腰椎と大腿骨近位部の骨密度は骨密度測定のゴールドスタンダードである。測定部位、即ち腰椎や大腿骨近位部の局所的な硬化変化や極度の肥満、骨折により測定のための体位が取れない場合は前腕にDXA法を用いる場合もある¹⁾。

DXA法によって腰椎と大腿骨近位部の両方の骨密度を測定することが理想とされるが、X線を用いることによる安全性や経済性の課題があること、測定スペースや熟練の技術者が必要であることなど、容易に実施できる測定ではない。

RA法はレントゲン写真に写された骨画像の濃淡や皮質骨の幅から骨密度を評価する方法である。上記の通り、本法も骨粗鬆症の診断に用いられるが、測定部位が第二中手骨であり、より致命的な部位である腰椎や大腿骨の骨密度を完全に反映するのは難しい。このためDXA法による測定のための機器がない場合、或いは腰椎及び

大腿骨の測定のための体位を取ることができない場合などに用いる手法である。

QUS法は骨粗鬆症のスクリーニングに用いられる非常にポピュラーな手法ではあるが、現状では骨粗鬆症の診断には用いられていない。QUS法はDXA法やRA法のようなX線を用いる手法とは異なり、骨内の超音波伝搬速度（Speed of sound：SOS）と超音波減衰係数（Broadband ultrasonic attenuation：BUA）から骨評価を行う方法であり、先のDXA法及びRA法とは測定原理が根本的に異なる。また、DXA測定は腰椎と大腿骨、RA法は第二中手骨が主たる測定箇所であるが、QUS法の測定箇所は踵骨であり、測定箇所も異なる。しかしながら、QUS法は骨量の評価のみならず、骨質をも評価している可能性もあるとされ、DXA測定とは独立した骨評価法と考えられている²⁹⁾。

1-3 障がい者

1-3-1 我が国の身体障がい者

厚生労働省による、「平成28年生活のしづらさなどに関する調査」によると、平成28年時点での障害者手帳の所持者は約559万人と推計されており、障害者手帳の種類として、身体障害者手帳の所持者が約429万人、療育手帳の所持者が約96万人、精神障がい者保健福祉手帳の所持者が約84万人である³⁰⁾。

障害者手帳の所持者を男女別でみた場合、男性の障害者手帳の所持者は約297万人で、そのうち身体障害者手帳の所持者が222万人、女性の障害者手帳の所持者は260万人で、そのうち身体障害者手帳の所持者が205万人である。また、障害者手帳の所持者の総数は調査年ごとに漸増している。

身体障がいについて、「平成28年生活のしづらさなどに関する調査」によると、平成28年時点での障害者手帳の所持者、且つ64

歳未満の障がい者における障がいの原因で最も割合が大きいのは病気(52.5%)で、その他や不明を除けば、事故・けが(12.5%)、出生時の損傷(9.4%)が続く。更に障害者手帳の所持者、且つ65歳以上の障がい者における障がいの原因で最も割合が大きいのは病気(59.5%)で、加齢(22.9%)、事故・けが(13.2%)がその後に続く。年齢幅が非常に広いものの、64歳未満と65歳以上のいずれにおいても原因の半数を病気が占めている。身体障害者手帳の所持者の障がいの種類別の構成比は肢体不自由(45.0%)の割合が最も大きく約半数を占めており、次に内部障がい(28.9%)が続く。

表2の通り、厚生労働省の平成18年身体障害児・者実態調査結果によると、身体障がいの原因となった疾患は不明や不詳が42.8%を占めるものの、特定できるもので最も割合が大きいのは心臓疾患(10.0%)で、次に脳血管障がい(7.8%)の割合が高い。これを肢体不自由に絞り込む(表3)と、脳血管障がい(14.4%)の割合が最も高くなり、次点は骨関節疾患(13.3%)となる。脳神経疾患を合算すると、脳血管障がい(14.4%)をはじめ、脳性麻痺(2.8%)やその他の脳神経疾患(3.2%)などで27.5%を占めている³¹⁾。

1-3-2 肢体不自由者と骨密度

植松らは重症心身障がい児(者)の全身骨骨塩量と下肢骨骨塩量を調べ、肢体不自由者は骨粗鬆症により、微細な外力による骨折、即ち脆弱性骨折を起こしやすい状態にあることを報告している³²⁾。骨代謝における骨吸収及び骨形成の不均衡が骨密度を低下させることは、肢体不自由者も健常者と変わらないが、この骨代謝の不均衡がなぜ起こるかに注目すると、運動機能や骨患部への物理的な刺激との関連を見出すものが多い^{33,34)}。

1-2-1にて、骨量は一般的に学童期から思春期にかけて増大し、18歳ころに最大骨量に達し、その後徐々に減少する旨を記載したが、骨粗鬆症は常に骨量の減少に伴って起こるものではない。学童

期から思春期の骨量が増大する時期に最適な骨量の獲得ができなかった場合において、その後の骨量の減少を待たずに骨粗鬆症を発症する可能性は十分にある。このため、例えば脳性麻痺患者のような若年のうちに罹患する肢体不自由は、日常の生活活動の制約によって本来得るはずの骨量の獲得が阻害される可能性は十分に考えられる。

Yoonらは脳性麻痺の男女38名を対象に、骨密度と歩行機能について検討しており、日常の移動を完全に介助に頼っている群と、一部を介助に頼っている群とに分け、歩行機能が高い後者のほうが大腿骨の骨密度が有意に高いことを示した。また、腰椎(L2-4)と大腿骨のそれぞれの骨密度と、機能的自立度評価表(Functional independence measure)の相関を検討しており、腰椎(L2-4)では相関しないものの、大腿骨では有意な相関を得たことを報告している³⁵⁾。

また、白垣らは脳性麻痺の男児18名と運動障がいがない対照群12名を対象に上肢の運動量と全身の骨密度を比較した。頭部の骨密度は麻痺群と対照群で有意な差が見られないが、上肢、肋骨、脊柱、下肢の骨密度において麻痺群と対照群との間で有意な差があり、いずれも対照群のほうが高値であることを示した。この結果は運動量の差が骨密度に影響することを示唆するとともに、頭部において有意差が見られないことから骨にかかる重量も物理的な刺激となりうることを示唆している³⁶⁾。

Schnitzerらは脳卒中患者の骨密度と運動の関係を報告した。歩行可能群でも歩行制限群でも健常側と比べて、麻痺側の股関節の骨密度は有意に低下することを報告している³⁷⁾。

以上の先行研究から、脳血管疾患や脳性麻痺などの肢体不自由者においても、健常者と同様に日常的な物理刺激が骨密度に影響を与えることが示唆される。健常者と比較して肢体不自由者では物理刺激や運動能力が障害により偏ることを考えた場合、健常者と同様に腰椎と大腿骨の骨密度測定が全身の骨密度を反映するか否かの検

討が必要である。

1-4 骨密度に関わる先行研究

1-4-1 年齢と骨密度

骨密度は若年期から思春期にかけて高まり、最大骨量を迎えた以降は低下することが知られる³⁸⁻⁴¹⁾。骨吸収及び骨形成といった骨のリモデリングには酸化ストレスやエストロゲン、骨への物理刺激などが挙げられるため、これらの因子の変動を伴う加齢は骨密度の減少に関わる因子とされている。

年齢と骨密度に関する先行研究として、小板谷らは日本人の40～60歳の女性287名を対象に、腰椎(L2-4)の骨密度を、初回とその5年後の二度測定を行う縦断研究を行った。二度の測定時点ともに月経を有する群と初回は月経があり5年後に閉経と判定された群、二度の測定時点とも閉経の群とで三群に分け、5年後にはいずれの群においても有意に骨密度が減少することを報告している⁴²⁾。

また、吉川は初診時の年齢が平均 54.3 ± 10.4 歳の日本人男性について横断的な検討と、一部の被検者に対して縦断的な検討をしている。横断的な検討では、橈骨及び大腿骨頸部の骨密度は年齢と有意な負の相関を示し、腰椎(L2-4)の骨密度と年齢は関連を認めず、縦断的な検討では加齢に伴い橈骨と大腿骨頸部の骨密度は有意に減少し、腰椎(L2-4)の骨密度は有意に増加することを報告している⁴³⁾。

更にRaffat, SKらは米国国民健康栄養調査(National Health and Nutrition Examination Survey)の公表データを用いた二次分析により、メキシコ系、非ヒスパニックの白人及び黒人の男女を対象に年齢層ごとの全身と腰椎と胸椎の骨密度のスコアを算出した。女性は50代以降に全身と腰椎と胸椎のいずれも減少し、男性は全身の骨は最大骨量以降、加齢とともに緩やかに減少するが、腰

椎は最大骨量以降減少した後，50～60代頃に増加に転じ，胸椎は60代まで緩やかに上昇し続けた後，70代から減少すると報告した⁴⁴⁾。

以上の先行研究からも，年齢は性別や人種を問わず，骨密度と関連する因子であると言える。

1-4-2 DXA法及びQUS法による骨評価

骨評価として行われる骨粗鬆症の診断は，DXA法を用いて腰椎と大腿骨近位部に当たる大腿骨頸部又はTotal hipの両方の骨密度を測定することが推奨されている。国際的にもこれらの部位の測定を基本としたうえで，推奨される部位の測定が困難である場合に橈骨や第二中手骨が用いられている。しかし，骨粗鬆症の判定はどちらか一方の測定結果で判定が可能であることから，実際に腰椎と大腿骨近位部の両方をDXA法で測定することは必須ではなく，また，スクリーニングを目的とするのであれば簡易的なQUS法を用いた踵骨の骨密度測定を用いることが多い¹³⁾。

DXA法はわずかな量ではあるが，X線による被ばくを受けるため，骨密度測定法の中で最も精度の高い測定法ではあるものの侵襲性を持つ手法である。しかし，超音波を用いるQUS法は非侵襲な骨密度測定法として優れており，X線を用いないため，小児や妊産婦を測定可能である点などDXA法とは異なる利点を持つ。また，DXA法はX線を利用することから，測定のために専用の施設や専門の技術者が必要となるが，QUS装置は持ち運びが可能な装置が流通しており，測定も専門の技術者が不要であるため，装置の導入は容易である。

骨密度測定の意義は早期に骨粗鬆症を発見することで，骨折のリスクに対する予防策を講じることにある。当然ながら，骨折は腰椎と大腿骨近位部のみで起こるものではなく，全身のあらゆる部位で発生する可能性があり，QOLを低下させる要因となりえる。この

ため、骨粗鬆症の判定に用いられるDXA法による腰椎や大腿骨近位部がDXA法によるその他の部位の骨密度、或いはQUS法による踵骨の骨評価結果と相関していなければ、測定した部位以外の骨折のリスクを見つけ出すのは困難である。

DXA法による部位ごとの骨密度の相関は健常者にて先行研究が報告されている。Abrahamsenらは45～58歳の女性1,422名の腰椎(L2-4)、前腕、全身の3つの部位の骨密度が、腰椎(L2-4)、前腕、全身、Total hip、大腿骨頸部の骨密度とそれぞれ有意に相関することを報告した⁴⁵⁾。また、高田らは68.0 ± 9.3歳の女性32例において、腰椎(L2-4)の骨密度と頭部、四肢、左右の肋骨、胸椎、骨盤の骨密度との相関を求め、いずれも有意に相関することを報告した⁴⁶⁾。更に男性においても、吉川らは54.3 ± 10.4歳の男性1,737名において、腰椎(L2-4)、大腿骨頸部、橈骨の骨密度が互いに有意に相関することを報告した⁴³⁾。以上の通り、DXA法によって測定された全身と各部位、また各部位との間で骨密度が有意に相関する報告がされている。

DXA法とQUS法の関係についての先行研究は有意な相関を示唆するものと、有意な相関では無いことを示唆するものがあり、依然として明確ではない^{47,48)}。

まず、DXA法とQUS法による骨評価が正の相関にあることを支持する報告例を挙げる。Trompらは68～87歳の高齢者109名を対象にQUS法による踵骨と脛骨の超音波透過時のSOS及びBUAと、DXA法による全身と腰椎(L2-4)、大腿骨頸部、転子部の骨密度の相関を求め、特にQUS法による踵骨のBUAがDXA法による全身と腰椎(L2-4)、大腿骨頸部、転子部の骨密度と有意に高い相関があることを報告した⁴⁹⁾。また、Trimpouらは53～73歳の女性80名を対象に7年間の追跡研究を行い、QUS法による踵骨のSOSとBUA、Stiffness値がDXA法による全身や大腿骨頸部、腰椎(L2-4)を含む七か所の部位の骨密度及び骨塩量が有意な正の相関を示すことを報告している⁵⁰⁾。

一方で二つの骨評価法が相関しないことを示唆する論文もある。安藤らは40～76歳の女性を被検者として、QUS法による踵骨の測定によって求められた超音波透過時の周波数依存性減衰量及び音速から求められたStiffness値が62以下の38名を対象に、Stiffness値とDXA法による全身と腰椎，大腿骨頸部の骨密度との相関を求めたところ，QUS法による踵骨のStiffness値とDXA法による全身と腰椎，大腿骨頸部の骨密度はいずれも有意な相関がないことを報告している⁵¹⁾。また，Sioenらはベルギー人の子供37名のQUS法による踵骨のStiffness値がDXA法による全身の骨密度と有意に負の相関を示すことを示唆しており，更に有意か否かを問わずQUS法による踵骨のStiffness値とDXA法によるL1-4の腰椎や四肢などの部位の骨密度の相関係数が負の値になることを報告している⁵²⁾。

このように，DXA法とQUS法の関係については明確でない上に，本研究で取りあげる肢体不自由者に関する報告はない。

肢体不自由者では，上肢，下肢，体幹，移動機能の障がいがある以上で永続する場合，身体障害者手帳が交付される⁵³⁾。肢体不自由者は健常者と比較して運動能力や身体活動に制限を有しており，骨に対する物理刺激の低下による骨代謝の阻害や，歩行器や車いすの利用による自重刺激を受ける荷重骨の位置に変化を与える可能性がある^{24,36)}。

1-4-3 骨への物理刺激の影響

一般に骨形成にかかわる因子は，遺伝的な素因や，内分泌代謝の異常，生活様式や栄養などの環境要因が挙げられる^{20,21,23-25)}。これらの因子の中でも特に肢体不自由者であることが影響する因子は，日常的に受ける重量・運動などによる物理刺激であると考えられる。これは，物理刺激が骨細胞を刺激して骨形成を活性させるためである¹⁹⁾。

日常的な骨への物理刺激は大きく分けて自重と活動による負荷

に分かれる。骨密度と自重の関係を検討した先行研究として、吉村らは49～79歳の男女400名を対象とし、腰椎(L2-4)の骨密度と体重の関係を年齢の影響を除いた偏相関で求め、男女ともに有意であることを示した⁵⁴⁾。また、吉川らは肺気腫患者に対して体成分分析を行い、骨塩量、脂肪量、除脂肪量の3点について相互に単相関を求め、脂肪量はいずれとも相関を示さないものの、骨塩量と除脂肪量には強い相関を見出している⁵⁵⁾。

骨密度と運動の関係を検討した先行研究は特に若年女性を対象としたものが多い。山口らは18～28歳の女性282名に対して4～6歳、7～12歳、13～15歳、16～18歳、18歳以降の5つの期間について運動習慣のアンケートを行い、7～18歳までの期間に運動をしていた群と運動をしなかった群との間で、全身の骨密度や骨塩量に有意な差があったことや、7～12歳、16～18歳の期間に運動をしていた群と運動をしなかった群との間で、腰椎(L2-4)の骨密度に有意な差があったことを報告している⁹⁾。また、Ishikawaらは思春期の女性について骨量、骨塩量、骨の健康、運動などの検索条件に当てはまる文献17件を用いて思春期の女性の骨の健康への荷重運動の効果を検証し、荷重運動の影響が負荷を受ける部位に影響し、荷重運動が腰椎の骨面積に強く関与すると報告している⁵⁶⁾。

先に挙げた2件の論文は若年期における運動と骨密度について検討したものである^{9, 56)}。骨密度は学童期から思春期にかけて増大し、20歳ごろに最大骨量に達するが、特に女性においては閉経以降に骨密度が大きく低下するとされているため、若年期のうちに十分な骨量を獲得することは重要である。

一方、閉経後の高齢の女性の骨密度と運動を検討した論文もある。松原らは定期的な運動習慣を持たず、全身の骨密度がYAMの70～90%である閉経後の女性16名(平均年齢65.1歳)を対象に、乳酸閾値強度でのベンチステップ運動を21週間間に計11回実施し、運動前後の骨密度及び骨塩量の変化と年間の骨塩量の変化を調べた。対象の骨密度と骨塩量は運動の前後で有意な差は無かったものの、年

間の骨塩量の減少量は対照群である閉経前の女性28名(平均年齢43.3歳)と同等の減少量となり、大きく骨密度が減少するとされる閉経以降においても一定の強度の運動が骨密度の減少を抑制する可能性を見出している⁵⁷⁾。

本研究では骨密度測定法のゴールドスタンダードである DXA法を用いて肢体不自由者の骨密度の測定を行った。DXA法により、全身の各部位の骨密度を測定し、更に腰椎(L2-4)、大腿骨頸部、Total hipなどの骨粗鬆症の判定にも用いられる主要な部位の骨密度を測定した。

平成28年時点において、障害者手帳の所持者は身体障がい者が大半を占めており、身体障がい者の半数を占めるのが肢体不自由者である。障がいの原因の半数は病気が占め、肢体不自由の原因疾患は脳神経疾患の割合が高い。このため、比較的多くの身体障がい者に当てはまる肢体不自由者への骨密度の検討は身体障がい者の骨の実情の究明に必須である。肢体不自由者は運動能力及び身体活動の制限により、骨への物理刺激が健常者と異なる可能性がある。このため健常者と肢体不自由者とで部位ごとの骨量には相違があると考えた。本研究は身体障がい者の中でも肢体不自由者の男性を中心に、骨塩量をはじめとした体組成と運動量を評価し、骨密度にかかわる要因を検討することを目的とした。

表 1 日本人の骨粗鬆症及び骨減少のカットオフ値の基準 (g/cm²)

測定部位	骨密度 (YAM ± SD)	骨減少の カットオフ値	骨粗鬆症の カットオフ値
腰椎(L2-4)	1.011 ± 0.119	0.892	0.708
大腿骨頸部	0.790 ± 0.090	0.700	0.565
Total hip	0.875 ± 0.100	0.775	0.625

原発性骨粗鬆症の診断基準 2012 年度改訂版(一部改変)¹³⁾

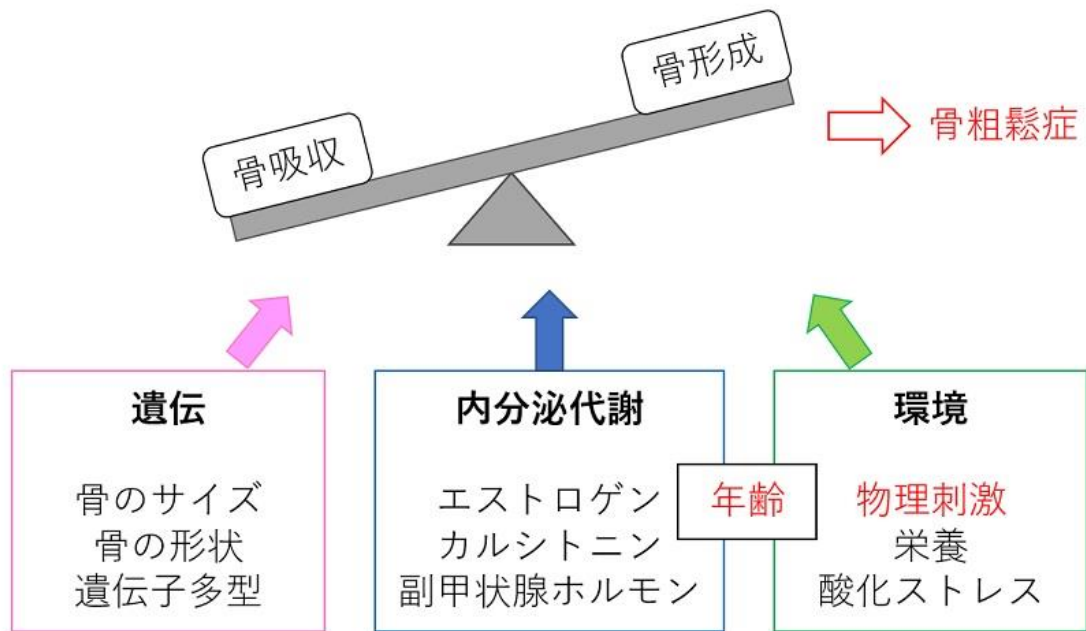


図1 骨のリモデリングと制御因子

表 2 平成 18 年身体障害児・者実態調査結果による
身体障がいの原因となった疾患

原因疾患	構成比(%)
心臓疾患	10.0
脳血管障がい	7.8
骨関節疾患	6.8
腎臓疾患	4.7
その他	27.9
不明・不詳	42.8

平成18年身体障害児・者実態調査結果(一部改変)³¹⁾

表 3 平成 18 年身体障害児・者実態調査結果による
肢体不自由の原因となった疾患

原因疾患	構成比(%)
脳性麻痺	2.8
脊髄性小児麻痺	2.4
脊髄損傷Ⅰ(対まひ)	1.8
脊髄損傷Ⅱ(四肢まひ)	1.3
進行性筋萎縮性疾患	1.1
脳血管障がい	14.4
脳挫傷	0.5
その他の脳神経疾患	3.2
骨関節疾患	13.3
その他	16.1
不詳・不明	43.1

27.5%

平成18年身体障害児・者実態調査結果(一部改変)³¹⁾

第二章 男性の肢体不自由者の骨密度に関する研究

1 はじめに

第一章で述べたように、健常者においてDXA法による腰椎(L2-4)や大腿骨頸部、Total hipなどの骨密度やQUS法による踵骨の骨評価が被験者の骨密度の指標として有効であることが示唆されているが、肢体不自由者においては運動能力の低下が骨密度を低下させていることが予想され、健常者の結果がそのまま当てはまる訳ではないと考えられる。

本研究の被検者である男性の肢体不自由者においても重量又は活動による物理刺激が骨のリモデリングに関与することが予想される。例えば筋肉組織の割合が高い、運動量が多いと思われる部位は骨密度が高い可能性がある^{58,59)}。或いは、脂肪組織の重量や全重量が大きければ、重さ自体が骨形成を促進して骨密度が高くなると考えられる。又は、筋肉の割合は大きい、その原因が痩せによるものであれば骨への自重による物理刺激が低くなり、骨密度に影響することもありえる。

肢体不自由者の骨折予防のための指針として骨密度測定を活用するために、骨密度及び骨密度に影響を与えると考えられる因子との関係を調べる必要があると考えた。

2 被検者及び方法

2-1 被検者の募集と身体測定

被検者は山形県二か所、茨城県一か所の計三か所の障がい者支援施設いずれかに入所中の身体障害者手帳を所持する男性の肢体不自由者33名である。測定値の収集は2013、2015～2017年の4年間に行った。身長は五分割法により、横臥位の被検者をメジャーで測

定した。体重は車いす式の体重計で測定した。研究計画書は茨城キリスト教大学倫理審査委員会に提出し、受付番号12-33で承認されている。研究は厚生労働省・文部科学省による「疫学研究の倫理指針」に準拠し、被検者から個別にインフォームドコンセントを得ることを原則とした。脳性麻痺者の家族や施設管理者への説明も行い、本人の意思を尊重して研究への参加の可否を決定した。また、同意書は書面で取得した。

2-2 DXA 法による体組成の測定

体組成はHologic社製のQDR4500AによるDXA法を用いて測定した。本機を用いた体組成測定では、各測定部位の骨塩量、骨面積、筋肉組織重量、脂肪組織重量が測定できる。更にこれらの測定値から、骨密度、全重量、脂肪組織重量率(体脂肪率)が機器のソフトウェアより自動的に算出される。本研究ではDXA法によって骨塩量、筋肉組織、脂肪組織のそれぞれの重量を測定し、全重量を算出した。即ち、骨塩量と筋肉組織重量、脂肪組織重量を足し合わせた数値がその部位の全重量となる。

本研究におけるDXA測定に使用した機械は全て同一の装置を使用している。DXA測定の操作及び解析は全て同一の技術者によるものである。全身体組成ソフト(バージョンV8.26a : 3)、腰椎骨密度ソフト(バージョンV8.26f : 3)を使用した。装置は週に1回以上のステップファントムによる校正と、測定前のブロックファントムによる校正がなされている。DXA測定の測定精度(Coefficient of variation : CV値)はファントムで0.4%、人体で1.0%である。

QDR4500Aにより、測定された体組成の一覧を表4に示す。骨密度及び骨塩量は、表4の①～⑰までの17項目について測定した。これら17項目のうち①～⑭は全身のスキャンで測定し、⑮の腰椎(L2-4)は腰椎骨を、⑯及び⑰の大腿骨頸部とTotal hipは大腿骨を個別に測定することで算出した。

腰椎(L2-4)の骨密度は測定のための体位をとれなかった2名を除外した31名について検討を行い、大腿骨頸部とTotal hipは測定のための体位をとれなかった5名を除外した28名について検討をした。尚、各被検者に対するこれらの測定は同日中の同じ時間帯に行っている。

図2及び3にDXA測定の結果用紙の一例を示した。また、図4はこのDXA測定を行った際の測定装置の内装、図5は前述したファントムである。

その他の体組成としての全重量、筋肉組織重量、脂肪組織重量、脂肪組織重量率を表4のI～Xの10項目について測定した。

体組成の測定値には、骨塩量と骨密度の測定値で提示した腰椎(L2-4)、大腿骨頸部、Total hipの部位に当たる測定値はない。また、筋肉組織及び脂肪組織は測定部位に体幹領域があるが、これは頭部や四肢を除く胴体の部分を指す。体幹領域は肋骨や胸椎、骨盤、腰椎(L2-4)などの骨を含む部位だが、骨とは異なり、これらの部位の筋肉組織及び脂肪組織を明確に隔てる基準がないため体幹領域として測定値を算出した。

2-3 QUS法による骨評価

QUS法は測定部位に超音波を伝播させ、その伝搬速度と減衰係数を測定することで骨評価をする手法であり、X線を用いるDXA法とは原理が根本的に異なる。本研究で用いた主たる測定方法はDXA法であるが、DXA測定をした被検者33名のうち、15名に対してQUS法によって踵骨の若年成人比較%(以下%YAM)の測定を行った。

QUS法の測定装置はCanon製のCM-200を用いた。QUS測定の操作は同一の技術者によるものである。CV値は0.5%以下である。骨密度の測定部位は踵骨を用いた。また測定日はDXA法による測定を行った時間と同一日に合わせて測定を行った。

2-4 活動量計による活動時間の測定

運動強度の測定は測定への同意の取れた21名について実施した。運動強度の算出に活動量計(EW4800, パナソニック社)を用いた。本機は三軸加速度センサーを使用しており, 使用者の1分毎の運動強度をMETsで算出する。これを風呂のような水に濡れる機会を除き2週間, 被検者の腹部付近に装着した。

収集した測定値のうち, 1日当たり10時間以上, 4日以上装着できた21名の被検者の測定値を有効とした。

運動強度は座位行動時間(覚醒状態における1.50 METs以下の全ての活動時間; Sedentary behavior: SB), 軽強度活動時間(1.51~2.99 METsの活動時間; Light physical activity: LPA), 中・高強度活動時間(3.00 METs以上の活動時間; Moderate to vigorous physical activity: MVPA)の三つの区分に分け, 被検者における1日当たりの平均の活動時間を算出した。これらの活動時間の測定値は, 被検者が活動している時間を収集することを目的としているため, 昼寝を含む睡眠時間やテレビの視聴などにより1.0 METsのまま一切の動きが無く1時間以上経過した時間は活動時間として測定値に含めなかった⁶⁰⁾。

2-5 統計処理

統計処理はIBM SPSS Statistics 23を用いて, Pearsonの相関分析, 対応無しのt検定によって解析した。相関分析とt検定に用いた体組成の測定値は, 事前に平均と標準偏差を求め, 外れ値を排除するために平均 ± 2 SD以内に収まる測定値のみを用いた。

年齢と骨密度の関連(年齢と表4の①~④, ⑦, ⑩~⑫, ⑮~⑰の計11項目の骨密度との相関), 骨密度の部位ごとの相関(DXAによる腰椎(L2-4), 大腿骨頸部, Total hipの骨密度と表4の①~④, ⑦, ⑩~⑫, ⑮~⑰の計11項目の骨密度との相関), 骨密度と体

組成の相関（DXA法による腰椎(L2-4)、大腿骨頸部、Total hipの骨密度と表4のⅠ、Ⅱ、Ⅳ、Ⅶ、Ⅷの5項目の体組成（筋肉組織重量、脂肪組織重量、全重量、筋肉組織重量率、脂肪組織重量率、骨組織重量率）との相関）は、Pearsonの相関分析を使用した。

被検者を年齢層によって二つの群に分け、全身と頭部を除く全身、L2-4の腰椎、大腿骨頸部、Total hipなどの主要部位の骨密度は、対応無しのt検定を用いた。年齢層の区分は高齢者とそれ以外の年代の二群とし、高齢者の群はWHOの定義する65歳以上とした。

さらに、各測定項目を変量とし、各被検者の測定値を用いて主成分分析を行った。主成分分析はSPSS Statistics 23を用いた。

3 結果及び考察

3-1 測定結果

3-1-1 被験者の特徴

身体測定により得られた被検者らの年齢、身長、体重、BMIの測定値を表5に、障がいの内訳を表6に示した。被検者の男性の肢体不自由者の人数は33名、平均年齢は61.5歳 ± 8.9歳、身長は163.6 ± 8.1 cm、体重は53.8 ± 10.6 kgである。

本研究の被検者らの生活活動を観察したところ、33名のうち30名が日常生活で車いすを使用していた。また、残る3名もリハビリ以外の場面では歩行器を用いて移動をしていた。被検者らは洗面やベッドから車いすへの移乗などの場面で短時間の立位を取ることが可能だが、移動は車いすに頼る者が殆どで、歩行器を用いる者も移動は施設内の限られた範囲に留まっていた。このため、被検者らの生活活動は臥位又は座位の姿勢が中心となっていた。

3-1-2 DXA 法による骨塩量と骨密度の測定値

表7及び8は骨塩量，骨密度について各部位等の測定結果をまとめた表である．これらの表には全身の測定値，頭部を除く全身の測定値を載せている．これは全身に対して頭部の骨塩量の比率が高いため，頭部の影響を除外するためである⁶¹⁾．表7の骨塩量を参照すると，全身の骨塩量の平均が1507.8 gであるのに対して，頭部の骨塩量の平均は469.1 gであり，全身の三割程度を占めている．しかし，頭部は腰椎や大腿骨をはじめとした荷重骨ではないため，自重による影響を受けにくく，腕や脚のように頻繁に運動をする部位でもない．このため，頭部が全身の骨塩量及び骨密度に及ぼす影響を低減し，全身の各部位の重量及び運動による物理刺激による変化をより反映しやすくするために全身と頭部を除く全身に分けて掲載した．

表8で示した腰椎(L2-4)，大腿骨頸部，Total hipの3つの部位の骨密度について，若年成人平均値 (Young adult mean : YAM) を用いて%YAMを算出した．その結果(表9)，腰椎(L2-4)は $85.1 \pm 16.1\%$ ，大腿骨頸部では $62.7 \pm 19.2\%$ ，Total hipでは $67.1 \pm 18.7\%$ となった．

3-1-3 DXA法によるその他の体組成の測定値

被検者の部位ごとの全重量，筋肉組織重量，脂肪組織重量，脂肪組織重量率をそれぞれ表10～13に示した．

これらの表においても表7及び8と同様に頭部の測定値の影響を排除するために頭部を除く全身の測定値をそれぞれの表に示した．全身の全重量，筋肉組織重量，脂肪組織重量の最小値及び最大値に着目すると被検者毎に大きな差があることが判明した．このため，被検者らの全重量は筋肉組織よりも脂肪組織の影響が強いことが考えられたため，3-2-4に後述するように相関を検討した．

3-1-4 骨粗鬆症の判定

現在の日本人の男性の骨粗鬆症及び、骨減少のカットオフ値は原発性骨粗鬆症の診断基準2012年度改訂版において定義されている¹³⁾。骨粗鬆症は性別を問わずYAMが用いられている。YAMは若い成人女性の骨密度の平均値である。

本研究では大腿骨の測定部位として大腿骨頸部とTotal hipの二箇所の測定を行った。大腿骨頸部はTotal hipに含まれる部位である。比較のために両方の測定値を用いるが、実際の骨粗鬆症の判定ではどちらか一方を骨粗鬆症の判定に利用しており、両方の骨密度を測定した場合はYAMに対するパーセンテージがより低い測定値を用いて骨粗鬆症の判定を行っている。

骨粗鬆症はYAMの -2.5 SD以下又は70%以下、骨減少はYAMの -2.5 SDより大きく -1.0 SD未満の範囲内においてそれぞれの判定を受ける。日本人における骨密度のカットオフ値は表1に示した通りである。骨粗鬆症のカットオフ値は腰椎(L2-4)で 0.708 g/cm²、大腿骨頸部で 0.565 g/cm²、Total hipで 0.625 g/cm²である。骨減少のカットオフ値は腰椎(L2-4)で 0.892 g/cm²、大腿骨頸部で 0.700 g/cm²、Total hipで 0.775 g/cm²である。

表14にDXA法による骨密度の測定値と骨粗鬆症の判定を示した。本研究の対象において、腰椎(L2-4)の骨密度を測定することができた31名のうち、骨減少は6名、骨粗鬆症は5名と判定された。次に、大腿骨頸部の骨密度を測定できた28名のうち、骨減少は7名、骨粗鬆症は19名と判定された。また、Total hipの骨密度を測定できた28名のうち、骨減少は6名、骨粗鬆症は15名と判定され、大腿骨近位部に当たる大腿骨頸部とTotal hipはいずれも骨粗鬆症が骨減少を上回った。

以上の判定において、腰椎(L2-4)と大腿骨頸部、Total hipの三部位全ての測定が可能だった被検者は28名おり、三部位すべてが

正常であった被検者は一人もいなかった。三部位で骨粗鬆症の判定を一か所も受けなかった被検者は7名だった。したがって残りの21名がいずれかの部位で骨折のリスクを持つことになる。加えて、三部位すべてで骨粗鬆症の判定を受けたのは4名であり、三部位すべてで骨減少の判定を受けた被検者まで範囲を広げると、先の4名を含めて15名であった。

3-1-5 QUS 法による骨評価

QUS法の測定結果はDXA法による腰椎(L2-4)と大腿骨頸部、Total hipの%YAMとの比較のために、超音波伝搬速度 (Speed of sound : SOS) と超音波減衰係数 (Broadband ultrasonic attenuation : BUA) から算出された%YAMを使用した。被検者15名の特性の一覧と、QUS法による%YAMの測定結果を表15に示す。QUS法による被検者らの平均的な%YAMは 58.3 ± 9.2 だった。これは表9で示したDXA法による腰椎(L2-4)、大腿骨頸部、Total hipの骨密度の測定値から算出された%YAMと比較して最も低い数値だった。

3-2 相互関係

3-2-1 相関行列

表16に年齢、身長、骨密度(腰椎(L2-4)、大腿骨頸部、Total hip、全身、頭部を除く全身、頭部、両腕、両肋骨、胸椎、骨盤、両脚)、全重量(全身、頭部を除く全身、頭部、両腕、体幹領域、両脚)の相関行列を示した。

骨密度に関する項目としては、腰椎(L2-4)と大腿骨頸部及びTotal hipの骨密度は、全身や頭部を除く全身の骨密度と有意に相関する一方で、頭部から両脚までの6箇所(両腕、両肋骨、胸椎、骨盤、両脚)の骨密度に対しては相関

の強弱に一定の傾向が見られなかった。また、頭部の骨密度は全身の骨密度と有意な相関を示す一方で、他の部位の骨密度と有意な相関は無い結果になった。

全重量に関する項目としては、それぞれの部位同士で強い相関を認めたが、頭部の全重量は他の部位との相関が低く、有意に相関する部位は全身と体幹領域の全重量のみであった。

年齢は表16で用いた測定値のいずれとも有意な相関を示さなかった。身長と有意な相関を示したのは、腰椎(L2-4)の骨密度のみであった。

3-2-2 年齢と骨密度との関連

表17に年齢とDXA法による各部位ごとの骨密度の相関を示した。これら11箇所の測定部位は年齢と有意な相関を示さなかった。

次に64歳以下と65歳以上の年齢層に分けて骨密度を算出し、その結果を表18に示した。こちらも検討した5箇所の測定部位については年齢層による有意な差は認められなかった。

一般に、年齢は骨密度に関わる代表的な因子であることが知られており、先行研究では男性の健常者において腰椎の骨密度は年齢と関係しないものの、大腿骨や橈骨、全身の骨密度は高齢になるにつれて減少傾向を示すことが報告されている^{43,44)}。しかし、本研究の被検者では年齢と骨密度は互いに相関せず、64歳以下と65歳以上に分けて平均骨密度を比較した時も有意な差は示さなかった。表14の骨粗鬆症の判定の通り、本研究の被検者らはその多くが骨減少又は骨粗鬆症の判定を受けていることから、年齢以外の骨密度に関わる因子が骨密度に強く影響することが示唆された。

一章1-4-1にて先行研究として挙げた小坂谷らは、月経の有無で分けた三群とも加齢による骨密度の有意な減少があったと報告したものの、さらに群ごとに運動習慣やカルシウムの摂取、体重や体格などの違った関連因子を見出しており、月経の有無のみならず各

群を取り巻く環境要因が骨密度に影響を与えている⁴²⁾。

本研究の被検者は男性のため、月経の影響は除外することができる。したがって前述した環境要因が被検者らの骨代謝に影響すると推察する。

環境要因とは即ち、栄養の摂取や運動及び重量による骨への物理刺激である。栄養の摂取状況については、本研究の被検者は全員が施設入所者で三食の食事を提供されているため、極端な低栄養は起きづらいことが予想される。しかし、骨への物理刺激については、障がいによる運動能力の低下や身体活動量の低下により、本来受ける重量・運動による物理刺激を受けないことが骨密度に影響を与えた可能性がある。

本研究は横断研究であり、被検者らの骨密度が今後加齢によって減少する可能性は否定できない。表18で分けられた64歳以下と65歳以上の二つの群の平均年齢は全ての測定部位で10歳以上の差がある。この年齢差がさらに開くと年齢と骨密度の関係を示唆することができたかもしれない。また、若年期から思春期までに獲得する骨量が以降の骨密度に影響を与えるとする文献も散見される^{8,62)}。被検者を最大骨量の獲得前に肢体不自由になった群と最大骨量の獲得後に肢体不自由になった群に分けることができれば、二つの群の骨密度に差が出る可能性も考えられる。

3-2-3 骨密度の部位同士の相関

DXA法によって測定された腰椎(L2-4)、大腿骨頸部、Total hipの骨密度とそのほかの部位の骨密度の相関を表19～21に示した。

腰椎(L2-4)は大腿骨近位部に当たる大腿骨頸部とTotal hip及び頭部を除いて、全身及び骨盤や両腕などの各部位と有意な相関を示した(表19)。大腿骨頸部はTotal hipの領域に含まれる部位であることから、両者は類似の傾向を示した。すなわち、腰椎(L2-4)、肋骨、胸椎及び頭部と相関せず、骨盤や両脚などの下半身の部位と有

意に相関する点が類似していた。さらに Total hip は両腕と有意な相関を示した。

一章 1-4-2 で示した通り、先行研究では全身の各部位の骨密度は相関することが報告されており、本研究においても表 19～21 の通り、腰椎(L2-4)、大腿骨頸部、Total hip の骨密度は全身、頭部を除く全身の骨密度と弱い又は中程度の相関があった。それぞれの相関係数は、全身において腰椎(L2-4)で 0.517、大腿骨頸部で 0.578、Total hip で 0.551、頭部を除く全身において腰椎(L2-4)で 0.579、大腿骨頸部で 0.642、Total hip で 0.730 であり、全身及び頭部を除く全身のいずれも相関係数は腰椎(L2-4)よりも大腿骨頸部及び Total hip のほうが高い値となった。

一方、大腿骨頸部と Total hip は、共通して頭部、腰椎(L2-4)、両肋骨、胸椎とは相関せず、大腿骨頸部はこれに加えて両腕とも相関しなかった。また、腰椎(L2-4)の骨密度は、本研究では頭部、大腿骨頸部、Total hip の骨密度のいずれとも相関しなかったが、全身を含む他の骨といずれも有意に相関した。このことから、全身及び上半身の骨密度は腰椎(L2-4)の骨密度で、全身及び下半身の骨密度は大腿骨頸部又は Total hip の骨密度で評価できることが示唆された。

さらに、特筆すべき点として頭部の骨密度が腰椎(L2-4)、大腿骨頸部、Total hip の骨密度すべてと関連しないことが挙げられる。二章 3-1-2 にて、記載した通り、頭部の骨塩量は全身の骨塩量の三割程度を占めており、全身の骨密度は頭部の骨塩量の影響を強く受けている。図 6～9 の通り、頭部の骨塩量は、全身の骨塩量及び骨密度と 1%水準で有意に相関するが、頭部の骨塩量は頭部を除く全身の骨塩量及び骨密度と相関しなかった。図で示さないが、これは頭部の骨密度を用いたときも同様である。高田らの報告では女性 32 例において腰椎(L2-4)の骨密度は頭部と関連したことを報告しているが、男性の肢体不自由者を対象とする本研究では相関しない結果となった。同時に腰椎(L2-4)、大腿骨頸部、Total hip の三部

位は全身と有意に相関し、頭部を除く全身、即ち胴体部分の骨密度をより強く反映することが示唆された⁴⁶⁾。

腰椎(L2-4)、大腿骨頸部、Total hip の骨密度が全身の骨、特に胴体部分の骨密度と有意に相関することを見出し、腰椎と大腿骨近位部とで相関する箇所の違いがあることを示した。これにより、健康者と同様に肢体不自由者においても腰椎及び大腿骨近位部の測定は全身の骨密度の把握に有用であるが、腰椎と大腿骨近位部は互いに相関しないため、部位ごとの骨折のリスクの把握のためには腰椎と大腿骨近位部は両者をそれぞれ測定する必要があると考える。

わが国の骨評価では、DXA法を用いて腰椎と大腿骨近位部の両方を測定することが推奨されている。原発性骨粗鬆症の診断基準(2000年度改訂版)では、男性の骨粗鬆症のリスクの判定には、腰椎(L2-4)の骨密度よりも大腿骨頸部の骨密度が有用であるとしている⁶³⁾。また最新の原発性骨粗鬆症の診断基準(2012年度改訂版)では男性において大腿骨近位部と腰椎の骨密度を用いるとしている¹³⁾。しかしながら、骨粗鬆症の判定の際は必ずしも腰椎と大腿骨近位部の両方が測定されているわけではない。表14の骨粗鬆症の判定のとおり、本研究では、腰椎(L2-4)、大腿骨頸部、Total hipのうち、大腿骨頸部とTotal hipはいずれも腰椎(L2-4)よりも骨粗鬆症が多い結果を示した。さらに本章にて、大腿骨頸部及びTotal hipの骨密度は全身及び頭部を除く全身の骨密度と有意に相関することを示した。

以上のことから、骨粗鬆症のリスクの発見と全身の骨密度の傾向を検討するために、男性の肢体不自由者に対しては腰椎と大腿骨近位部の両方を測定することが望ましいが、どちらか片方のDXA測定を行う場合、腰椎よりも大腿骨近位部の測定を行うことを提案する。

3-2-4 骨密度と体組成との相関

ここまでに本研究の被検者の骨密度が健常者の骨密度と比較して低いことに加え、年齢と骨密度との間には相関がないことを示した。また、被検者が肢体不自由者であることに加え、体の部位ごとに骨密度の相関する部位が変わることから、遺伝的な素因や内分泌代謝の異常よりも、日常的に体の受ける物理刺激が骨密度に関わると考えた^{24,54,55)}。骨密度と物理刺激の関係をみるために、骨密度と体組成の関連を検討した。

本項は腰椎(L2-4)、大腿骨頸部、Total hipの骨密度を用いて、部位別の組織重量(全重量、筋肉組織重量、脂肪組織重量)及び体組成割合(筋肉組織重量率、脂肪組織重量率、骨塩量重量率)の2点との関連を検討した。

まずは骨密度と組織重量の関連を表22～24に示す。腰椎(L2-4)の骨密度は体幹領域の全重量と有意な相関を示し、大腿骨頸部とTotal hipの骨密度は両脚の全重量と有意な中程度の相関を示し、加えて大腿骨頸部の骨密度は両脚の筋肉組織重量と相関を示した。体幹領域は腰椎(L2-4)を含む胴体部分に当たり、両脚は大腿骨頸部及びTotal hipを含む部位であることから、それぞれの骨密度は関連領域の全重量と有意な中程度の相関を示したと言える。また、大腿骨頸部の骨密度は、全身と頭部を除く全身の筋肉組織重量と有意な中程度の相関を示した。また、腰椎(L2-4)、大腿骨頸部、Total hipの骨密度はいずれも、すべての部位の脂肪組織重量と相関しなかった。

腰椎(L2-4)、大腿骨頸部、Total hipの骨密度は、それぞれの関連領域の全重量と有意に相関したことは、一章1-4-3の先行研究で示したように、骨密度には自重が関わることが示唆されており、本研究でも同様の結果を腰椎(L2-4)、大腿骨頸部、Total hipにおいて得たと考える^{54,55)}。一方全身の全重量に注目すると、全重量及び頭部を除く全重量が有意な相関を示したのは大腿骨頸部の骨密

度のみであった。腰椎(L2-4)や Total hip の骨密度と全身の全重量は本研究においては相関しなかった。この理由として、本研究の被検者が殆どの時間を座位で過ごすことが原因と考えた。二章 3-1-1 で示したように本研究の被検者は 33 名中 30 名が日常生活で車いすを使用しており、車いすを用いない者も歩行器を利用した短時間の移動しかできない。このため健常者と比較して立位を取る機会が少なく、腰椎(L2-4)は上半身、Total hip は下半身の重さのみを刺激として受ける。唯一、大腿骨頸部のみが自身の関連領域である下半身と、座位の姿勢になった際に、上半身からの刺激を一部受けているのではないかと考える²⁴⁾。

次に骨密度と体組成割合との関連を表 25～27 に示す。体組成割合は各部位の筋肉組織重量、脂肪組織重量、骨塩量を全重量で除し、重量率を求めた。

注目すべきは腰椎(L2-4)、大腿骨頸部、Total hip の骨密度すべてに共通する結果として、骨密度と筋肉組織重量率の相関係数は有意であるか否かに関わらず負の数値であることが挙げられる。中でも大腿骨頸部と Total hip の骨密度は全身、頭部を除く全身、両腕の筋肉組織重量率と有意な中程度の負の相関を示し、さらに Total hip の骨密度は関連領域に当たる両脚の筋肉組織重量率とも有意な弱い負の相関を示した。

先に挙げた骨密度と組織重量において、腰椎(L2-4)の骨密度と体幹領域の筋肉組織重量、大腿骨頸部の骨密度と両脚の筋肉組織重量など、一部ではあるが骨密度と筋肉組織重量は有意に相関する結果を得た。しかしながら、骨密度と筋肉組織重量率は、有意であるか否かは問わず、相関係数がすべて負の値となった。特に大腿骨頸部と Total hip は全身、頭部除く全身、両腕の筋肉組織重量率と有意な中程度の負の相関であった。骨のリモデリングは重量だけでなく、運動による刺激も関与するとされるが、この結果のみでは、筋肉組織の割合が高くなると骨密度は低くなると解釈することもできる。

そこで全身の全重量及び頭部を除く全身の全重量に対する脂肪組織重量率，筋肉組織重量率，骨塩量重量率の分布を調べて詳細に検討した．図 10～12 は全重量と全身の脂肪組織重量率，全身の筋肉組織重量率，全身の骨塩量重量率の分布，図 13～15 は頭部を除く全身の全重量と全身の脂肪組織重量率，全身の筋肉組織重量率，全身の骨塩量重量率の分布である．図 10 及び 13 より，全身の全重量及び頭部を除く全身の全重量と脂肪組織重量率は有意な強い正の相関となり，図 11 及び 14 より，全重量及び頭部を除く全身の全重量と筋肉組織重量率は有意な強い負の相関となった．この結果により，本研究の被検者の全重量は脂肪組織と相関していることが示唆され，骨密度と体組成割合で挙げた，筋肉組織の割合が高くなると骨密度は低くなる理由は，筋肉組織の割合が高くなると相対的に脂肪組織の割合が少なくなり，これによる全重量の減少がもたらされ，結果的に骨密度が減少するためと考えた．

次に，体重に関わる要素である身長と骨密度の相関を表 28 に示す．一般に，同程度の体格であれば，身長が高いほど体重も増加するが，本研究の被検者 33 名のうち BMI が 18.5 未満の者は 13 名，18.5～25.0 未満の者は 13 名，25.0 以上の者は 7 名であり，データは省略するが，身長と体重に有意な相関は無かった．しかし，興味深い結果として腰椎(L2-4)，大腿骨頸部，Total hip のうち腰椎(L2-4)の骨密度のみが身長と有意な中程度の相関を示した(表 28)．その理由として，重量及び運動による骨への物理刺激を考える必要がある．本研究の被検者は障がい者支援施設に入所した肢体不自由者であり，被検者らは歩行や立位の姿勢を取ることが少なく，日常的に座位の姿勢をとることが多いと予想される．座位の姿勢での活動は，車いすによる移動で脚を使うことがない限りは上半身の動きに限定される．これによる物理刺激は姿勢を支持する腰椎(L2-4)であることが予想され，これが腰椎(L2-4)の骨密度が身長と相関する理由と考えた．

3-2-5 骨密度と運動強度との関連

1日当たりの活動時間をSB, LPA, MVPAの3つの運動強度に分類し, 表29に示した. 一日は24時間×60分=1,440分であるが, 装着時間は一日当たり平均865.8分であり, その内訳はSBが685.9分, LPAが176.5分, MVPAが3.4分であった. 二章2-4で記載した通り, 夜間の睡眠時間や昼寝, TVの視聴など姿勢を問わず, 1.0 METsのまま動きがない状態で1時間以上経過した時間は活動時間として測定値に含めなかった. そのため1,440分から865.8分を引いた574.2分は, 一部介助付きでの入浴時間によってカウントされなかった時間が含まれるが, 睡眠又は安静な状態であったと言える.

厚生労働省の健康づくりのための身体活動基準2013では, 3.0 METsは普通の歩行に相当する生活活動としている⁶⁴⁾. 解析対象の活動量計から得られたMVPA即ち, 通常歩行程度にあたる3.0 METs以上の活動の平均は3.4分/日であったことから, 被験者の運動強度は低いことが明らかになった.

運動強度を検討した研究として, 長野らは福岡県太宰府市に居住する, 要介護認定者, 施設入所者, 明らかな認知症があるものを除く, 65歳以上且つ平均年齢72.7歳の男性の母集団のうち, 358名について一日当たりの運動強度が, SB(482分/日), LPA(277分/日), MVPA(48分/日)との報告をしている⁶⁵⁾. 年齢や環境に違いがあることから一概に比較することは難しいが, 本研究の被験者のLPA及びMVPAの運動強度はどちらも低い値となった.

また, 健康づくりのための身体活動基準2013では, 18~64歳の身体活動量の基準は3 Mets以上の身体活動を23 METs・時/週, 65歳以上の身体活動量の基準は強度を問わず身体活動を10 Mets・時/週行うとしている⁶⁴⁾. 仮に65歳以上の基準を用いて, 被験者の軽強度活動とされるLPA及び中・高強度活動とされるMVPAからMETs・時/週を求めても10 Mets・時/週を満たす被験者は一人もいなかった. 以上の結果から, 健常者と比較して被験者の運動強度が

日常的に低いことが示唆された。

運動は骨密度の維持・改善に重要であり、適切な運動による一定以上の物理刺激が骨密度の上昇に有用であることが示唆されている。これは裏を返せば低い運動強度が骨密度の維持・改善の阻害要因になると考えられる。

しかしながら、本研究の被検者である肢体不自由者においても運動が骨密度の維持・改善に有用であるかは検討の余地がある。運動による骨密度への影響を検討した先行研究の多くは健常者を対象としたものである^{57,66,67}。これは骨粗鬆症の者にとって運動は骨折のリスクを孕んでいるためである。このため、運動介入に関する先行研究は健常者において運動をする群とその対照群との間で検討したものは報告されるものの、骨粗鬆症の患者に運動介入を行った文献は見当たらない。

本研究の被検者の骨密度と運動との相関を検討するために、本研究で使用した活動量計によって算出された一日当たりの総消費エネルギーから基礎代謝を差し引いて、一日当たりの活動量を算出した。求められた総消費エネルギー及び一日当たりの活動量と腰椎(L2-4)の骨密度の関連を図 16 及び 17 に示したが、有意な相関はみられなかった。図で示さないが、腰椎(L2-4)の骨密度の代わりに大腿骨頸部及び Total hip を用いた場合も同様である。図 16 及び 17 で用いた総消費エネルギー及び一日当たりの活動量の測定値は個人差があり、被検者らの生活活動を観察した際にも被検者の中でも比較的体動かす者と動かない者がいたが、表 29 に示した通り、被検者全体に共通して活動量が低いため、総消費エネルギー及び一日当たりの活動量は骨密度と関連しなかったと考えられた。

肢体不自由者への物理刺激が骨密度の改善・維持に役立つかについて、2 点の先行研究から考察する。増田らは平均年齢 27.9 ± 8.5 歳の男性の障がい者である、車いすバスケットボール選手 9 名と平均年齢 28.0 ± 5.6 歳の男性の健常者との体組成の比較を行った。その結果、両群の骨塩量の平均値が右腕と左腕とも障がい者群のほう

が健常者群より 1 割ほど高い値であり，特に左腕は 5%水準で有意に高い結果であること報告した．一方で右脚と左脚は障がい者群のほうが健常者群より 4 割程度低い値となり，両脚ともに 1%水準で有意に低くなったことを報告している．増田らはこの結果について，上肢は車いすバスケットボールにより発達した一方で，下肢は障がいにより脚を動かさないことが影響していると考察している⁶⁸⁾．福島らは，重心身障がい者の骨密度について検討を行い，重心身障がい者の骨密度は健常者と比較して全般に低値を示し，20～59 歳の男性 70 名のうち 41 名，女性 72 名のうち 30 名が健常者の -2 SD を下回ったと報告した．これに加えて興味深い報告として，重心身障がい者の男性 4 名と女性 1 名に対して椅子型のマッサージ機により 1 回 20 分間の振動刺激を週 2 回 6 か月間与えて，6 か月後の骨密度を調査したところ，5 例のうち 1 例の女性を除いて増加傾向が見られたと報告している⁶⁹⁾．これらの報告から，肢体不自由者においても運動の可否は骨密度に影響を与えることが示唆される．本研究の被検者らは表 29 に示した通り，運動強度及び活動時間は共に低いため，定期的な物理刺激を加えることで骨密度を増加あるいは維持が期待できると考えられる．

骨粗鬆症の予防には，若年期に高い最大骨量を得ることと，その後の骨量の維持が重要である．骨密度の低下を避けるためにリハビリや何かしらの方法で骨に物理刺激を与えることは肢体不自由者においても有効と考えられる^{32,69,70)}．しかし，脳性麻痺者のように幼児期から障がいを持ち，高い最大骨量を得るのが困難な者がいることも予想される．骨折の予防のために骨の患部に適切な物理刺激を与えることが有効と考えられるが，与える外力が強すぎると怪我をするリスクもある．患者ごとに障がいの程度は多様であるため，今後も改善に必要な物理刺激の程度や継続期間などを検討する必要がある．

3-2-6 DXA 法と QUS 法との相関

DXA法による腰椎(L2-4)、大腿骨頸部、Total hipのいずれかの部位の骨密度の測定と、QUS法による踵骨のSOS及びBUAの測定を両方行うことのできた被験者は15名である。DXA法による骨密度から各部位の%YAMを算出した。QUS法の%YAMはSOS及びBUAの測定値から測定機器が自動で算出したものを用いた。

15名の被検者の特徴は表15の通りだが、15名の被検者のうち大腿骨頸部及びTotal hipの測定のための体位が取れなかった被検者が2名いた。このためDXA法による大腿骨頸部及びTotal hipとQUS法による踵骨を比較したデータの被検者の数は13名、年齢は 62.5 ± 7.4 歳、身長は 164.6 ± 8.6 cm、体重は 51.6 ± 8.9 kgである。

QUS法による踵骨の%YAMとDXA法による腰椎(L2-4)、大腿骨頸部、Total hipの%YAMの相関を表30に、部位別の分布をそれぞれ図18~20に示した。その結果QUS法による踵骨の%YAMはDXA法による腰椎(L2-4)、大腿骨頸部、Total hipの%YAMとはいずれも有意な相関が無かった。

DXA法及びQUS法という異なる2つの骨密度測定法を用いて算出された%YAMが、本研究において有意な相関がなかった理由として測定部位の違いと被検者の特徴が挙げられる。

脚の踵に当たる踵骨がQUS法の測定部位であるが、同じ脚でも胴体側の位置にある大腿骨頸部やTotal hip、胴体の位置にある腰椎(L2-4)がDXA法の測定部位であることが理由の一つとして挙げられる。また、これまでに物理刺激が骨密度に関わることを示してきたが、本研究の被検者である肢体不自由者は身体にかかる物理刺激が被検者によって様々である可能性がある。例えば歩行器を使う者と車いすを使う者が違うことは明白だが、車いすを使う者の中でも車いすを手で操作する者や座った状態で足を踏み込んで動かす者、わずかに足首の先を用いて少しずつ移動する者と被検者ごとに車いすを動かしやすい方法で自走していた。そのため、被検者ごと

に物理刺激を受ける骨が異なることが有意な相関を得られなかったもう一つの理由と考える²⁴⁾。

以上のことから、特に車いすや歩行器を日常的に使用する肢体不自由者を対象とした、QUS法による踵骨の%YAMの結果だけで骨折のリスクを検討することは難しいと考える。

骨のリモデリングは、遺伝的な素因や内分泌代謝の異常、生活様式や栄養などによる環境要因など様々な要因が関わる。しかし、骨密度に関わる要因は全身に影響を与える物ばかりではない。肢体不自由者のように物理刺激を受けない部位に影響し、影響を受けた部位で特異的な骨量の低下が起きる可能性がある^{36,40)}。このため、車いすや歩行器を日常的に使用する肢体不自由者にはQUS法による踵骨を用いたスクリーニングのみで骨折の好発部位である腰椎や大腿骨の骨密度を評価することができない可能性を現場に広く周知する必要がある。

3-3 主成分分析

各測定項目を変数とし、各被検者の測定値を用いて分散共分散行列を用いた主成分分析を行った。測定項目は年齢、身長、体重、BMI、骨密度(全身、頭部を除く全身、頭部、腰椎(L2-4)、大腿骨頸部、Total hip)、重量率(筋肉組織、脂肪組織、骨組織)の計13項目である。その結果、第4主成分までが固有値1以上の意味のある主成分として抽出された。各測定項目に対する因子負荷量を表31に示した。寄与率は第1主成分が35.7%、第2主成分が32.9%、第3主成分が9.1%、第4主成分が8.0%であった。

図21に第1主成分と第2主成分から構成される散布図を示した。各主成分に対する因子負荷量に着目し、軸の解釈を行った。第1主成分はB 頭部を除く全身の骨密度(0.85)、F Total hipの骨密度(0.84)、E 大腿骨頸部の骨密度(0.83)の因子負荷量が大きいためから骨密度と解釈した。第2主成分は骨組織の重量率(0.95)が正の値

であり、体脂肪率(-0.79), BMI(-0.73)が負の値で因子負荷量が大きいことから体格と解釈した。

B 頭部を除く全身の骨密度とD 腰椎(L2-4)の骨密度, E 大腿骨頸部の骨密度, F Total hipの骨密度はまとまった範囲に集まっていることからこれらの骨密度の傾向は近似していると考えられる。また, ① 年齢とII 筋肉の組織重量率はプロットされた位置に他の測定項目が無く, この二つは第1主成分と第2主成分において他の項目と独立した測定値であることが示唆された。

3-4 本研究の限界と課題

本研究の限界として, まず, 本実験の主たる被検者に脳血管疾患の患者と脳性麻痺の患者が混在することが挙げられる。被検者らはいずれも肢体不自由者であるが, 脳血管疾患の多くは成人以降に発症する一方で, 脳性麻痺は多くが乳児期に発症する疾患である。成人まで健常であった者と乳児期から肢体不自由であった者を比較した場合, 最大骨量に違いがあることが予想されるが, 本実験の時点でこの差を知る手段がない。Lazouraらは, 脳卒中により片麻痺となった男女58名の被験者の体組成変化を12か月目まで測定し, 殆どのケースにおいて3~6か月までの変化が統計的に有意であることを報告している⁷¹⁾。本研究の被検者は身体障がいが出てから少なくとも半年以上経過しており, 全ての被検者が運動量の低下による骨への物理刺激の低下によって骨量が低下したことが予想される。データには示さないが, 脳血管疾患と脳性麻痺の患者を分けて比較をしたところ, 骨塩量と骨密度に有意な差は無かった。しかし, より正確な結果を得るために, 被検者の属性を可能な限り整えるべきと考える。

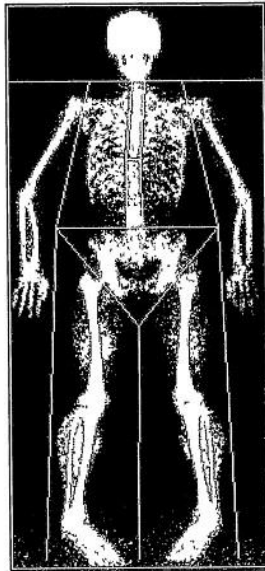
次に, 身体活動について対照実験ができなかったことが挙げられる。被検者らの骨密度に強くかかわる因子が物理刺激にあることを見出したものの, 被検者らは全員が十分な身体活動を行ってはいな

いため、身体活動の有無による比較ができなかった。例えば、肢体不自由者において頻繁にリハビリなどで活動をすれば骨密度の減少を抑えることができるのか、又は骨密度の維持や改善ができるのかは不明である。健常者において運動が骨密度の維持や改善に有効であることは知られているものの、一定以上の刺激が必要とするものもあり^{57,66)}、肢体不自由者にそのまま適用するのは怪我のリスクになりえる。

今後の課題として、物理刺激に関する対照研究、刺激を与えた場合の被検者の追跡研究、骨密度の維持や改善に必要な物理刺激の強さや時間について検討する必要がある。

表 4 DXA 法によって測定した体組成の一覧

	骨塩量及び骨密度	その他の体組成
全 身 測 定	① 全身	I 全身
	② 頭部を除く全身	II 頭部を除く全身
	③ 頭部	III 頭部
	④ 両腕	IV 両腕
	⑤ 右腕	V 右腕
	⑥ 左腕	VI 左腕
	⑦ 両肋骨	VII 体幹領域
	⑧ 右肋骨	
	⑨ 左肋骨	
	⑩ 胸椎	
	⑪ 骨盤	
	⑫ 両脚	VIII 両脚
	⑬ 右脚	IX 右脚
	⑭ 左脚	X 左脚
個 別 測 定	⑮ 腰椎(L2-4)	
	⑯ 大腿骨頸部	
	⑰ Total hip	



oSep 6 09:23 2016 [327 x 150]
 Hologic QDR-4500A (S/N 45114)
 Whole Body U8.26a:3

J0906160E Tue Sep 6 09:18 2016
 Name: TANAKA YUUKI
 Comment:
 I.D.: Sex: M
 S.S.#: - - Ethnic: 0
 ZIPCode: Height: 182.00 cm
 Operator: Weight: 76.00 kg
 BirthDate: 03/13/86 Age: 30
 Physician:

Image not for diagnostic use

TBAR063 - 1

F.S. 68.00% 0(10.00)%

Head assumes 17.0% brain fat

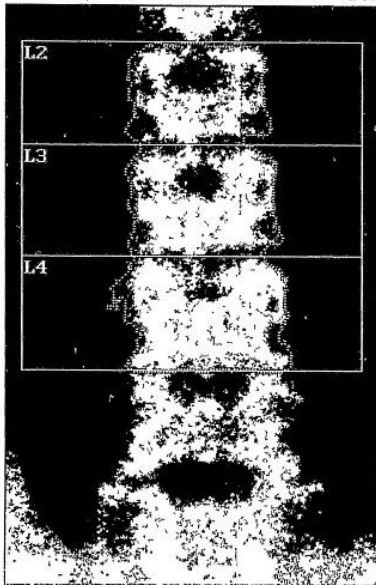
LBM 73.2% water

Region	Fat (grams)	Lean+BMC (grams)	% Fat (%)
L Arm	1563.0	3054.9	33.8
R Arm	1416.7	3348.1	29.7
Trunk	8247.8	25118.1	24.7
L Leg	4193.3	8637.9	32.7
R Leg	3834.3	9209.9	29.4
SubTot	19255.2	49368.9	28.1
Head	1000.0	4354.2	19.9
TOTAL	20335.2	53723.1	27.5


 Hologic

図 2 DXA 法を使用した全身の体組成の測定結果の例

k = 1.142 d0 = 44.3(1.000H) 6.933



·Sep 6 09:15 2016 [116 x 116]
Hologic QDR-4500A (S/N 45114)
Lumbar Spine v8.26f:3

J0906160B Tue Sep 6 09:14 2016
Name: TANAKA YUUKI
Comment:
I.D.: Sex: M
S.S.#: - - Ethnic: 0
ZIPCode: Height: 182.00 cm
Operator: Weight: 76.00 kg
BirthDate: 03/13/86 Age: 30
Physician:
Image not for diagnostic use

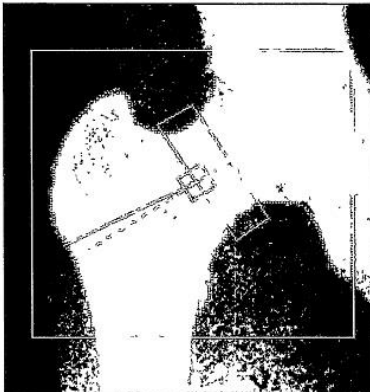
TOTAL BMD CV FOR L1 - L4 1.0%

C.F. 1.017 0.969 1.000

Region	Est.Area (cm ²)	Est.BMC (grams)	BMD (gms/cm ²)
L2	15.99	14.29	0.893
L3	18.99	18.88	0.995
L4	21.89	21.87	0.999
TOTAL	56.87	55.04	0.968

HOLOGIC

k = 1.140 d0 = 46.4(1.000H) 6.150



·Nov 5 16:11 2015 [111 x 103]
Hologic QDR-4500A (S/N 45114)
Right Hip v8.26f:3

J1105150K Thu Nov 5 16:10 2015
Name: TANAKA YUUKI
Comment:
I.D.: Sex: M
S.S.#: - - Ethnic: 0
ZIPCode: Height: 182.00 cm
Operator: Weight: 75.00 kg
BirthDate: 03/13/86 Age: 29
Physician:
Image not for diagnostic use

TOTAL BMD CV 1.0%

C.F. 1.017 0.969 1.000

Region	Est.Area (cm ²)	Est.BMC (grams)	BMD (gms/cm ²)
Neck	5.51	4.31	0.783
Troch	16.73	10.03	0.599
Inter	20.35	19.87	0.977
TOTAL	42.58	34.21	0.803
Ward's	1.03	0.65	0.638
Midline	(114,110)-(28, 54)		
Neck	49 x 15 at [-24, 14]		
Troch	-7 x 51 at [0, 01]		
Ward's	11 x 11 at [-5, 5]		

HOLOGIC

図 3 DXA 法を使用した腰椎(L2-4)と大腿骨近位部の骨密度の測定結果の例

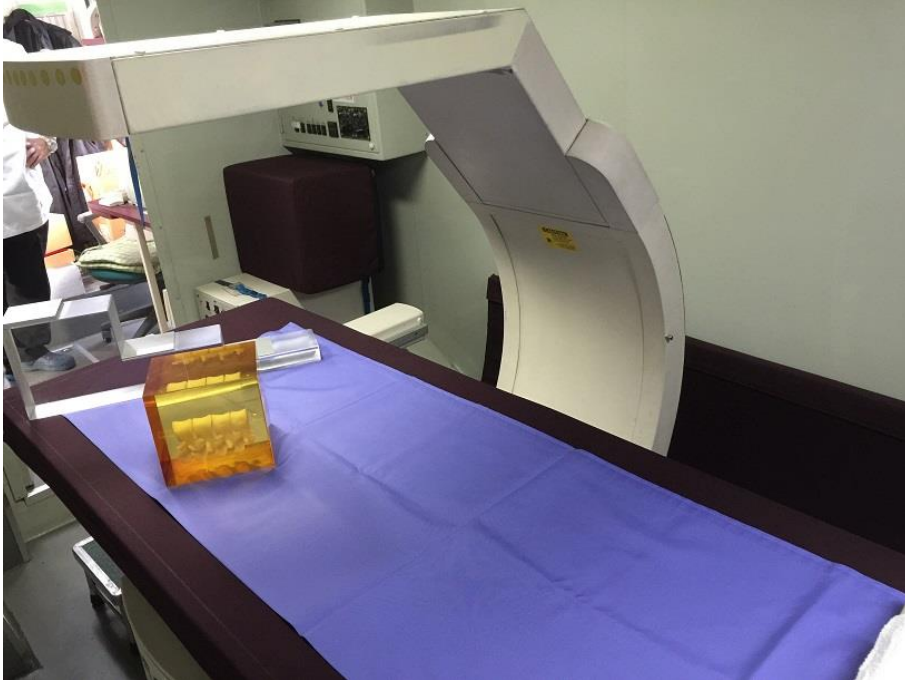


図 4 DXA 法の測定装置の内装

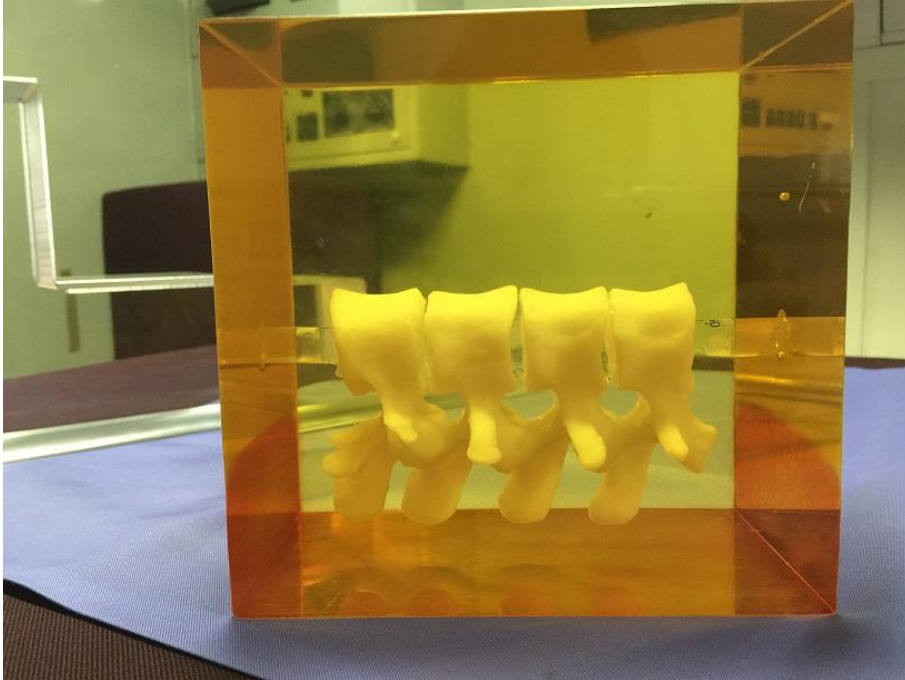


図 5 DXA 法の腰椎ファントム

表5 被検者の特徴 (n = 33)

項目	Mean	±	SD	Min.	Max.
年齢(歳)	61.5	±	8.9	39.0	76.0
身長(cm)	163.6	±	8.1	147.5	179.0
体重(kg)	53.8	±	10.6	30.6	78.1
BMI(kg/m ²)	20.1	±	3.9	13.7	28.5

表6 被検者の障がいの内訳 (n = 33)

障がいの内容	n
脳性麻痺	8
脳血管疾患	20
その他脳疾患	4
不明	1

表 7 DXA 法による被検者の骨塩量 (g)

測定部位	Mean	±	SD	Min.	Max.	n
全身	1507.8	±	300.9	779.8	2054.3	33
頭部を除く全身	1038.8	±	266.1	380.2	1598.5	33
頭部	469.1	±	99.6	274.9	631.8	33
両腕	231.4	±	47.0	100.5	341.7	33
右腕	125.1	±	29.4	50.9	172.9	33
左腕	106.3	±	42.5	42.2	207.2	33
両肋骨	104.6	±	23.1	55.7	163.4	33
右肋骨	61.6	±	14.0	37.0	83.8	33
左肋骨	43.0	±	13.9	16.7	81.9	33
胸椎	61.7	±	15.8	27.4	90.2	33
骨盤	110.0	±	38.5	27.5	199.6	33
両脚	474.2	±	169.5	127.0	819.9	33
右脚	234.3	±	75.2	58.0	393.8	33
左脚	240.0	±	103.9	69.0	454.9	33
腰椎(L2-4)	42.5	±	10.3	17.8	70.4	31
大腿骨頸部	2.5	±	0.8	0.4	4.3	28
Total hip	23.7	±	8.7	3.8	39.5	28

表 8 DXA 法による被検者の骨密度 (g/cm²)

測定部位	Mean	±	SD	Min.	Max.	n
全身	0.91	±	0.10	0.68	1.17	33
頭部を除く全身	0.74	±	0.10	0.51	0.96	33
頭部	1.90	±	0.33	1.13	2.66	33
両腕	0.62	±	0.07	0.48	0.76	33
右腕	0.63	±	0.07	0.53	0.66	33
左腕	0.60	±	0.11	0.37	0.79	33
両肋骨	0.51	±	0.09	0.36	0.77	33
右肋骨	0.53	±	0.13	0.35	1.09	33
左肋骨	0.48	±	0.09	0.31	0.68	33
胸椎	0.76	±	0.20	0.46	1.44	33
骨盤	0.80	±	0.16	0.54	1.36	33
両脚	0.87	±	0.16	0.64	1.21	33
右脚	0.84	±	0.12	0.65	1.12	33
左脚	0.91	±	0.24	0.60	1.60	33
腰椎(L2-4)	0.86	±	0.16	0.54	1.29	31
大腿骨頸部	0.50	±	0.15	0.08	0.70	28
Total hip	0.59	±	0.16	0.15	0.84	28

表 9 DXA 法による骨密度の測定値から
算出された被検者の%YAM

部位	Mean	±	SD	n
腰椎(L2-4)	85.1	±	16.1	31
大腿骨頸部	62.7	±	19.2	28
Total hip	67.1	±	18.7	28

表 10 DXA 法による被検者の部位ごとの体組成全重量 (g)
(n = 33)

測定部位	Mean	±	SD	Min.	Max.
全身	53304.5	±	10037.2	31338.8	76023.1
頭部を除く全身	48595.4	±	9811.6	27528.5	71120.6
頭部	4709.2	±	539.3	3700.6	5876.6
両腕	6470.3	±	1325.7	3379.5	9145.8
右腕	3321.4	±	692.8	1694.0	4829.0
左腕	3148.9	±	713.6	1685.5	4611.1
体幹領域	26208.9	±	5339.6	16091.4	36357.9
両脚	15916.1	±	3634.1	8057.6	26972.1
右脚	8249.2	±	1878.5	3993.5	13511.8
左脚	7667.0	±	1922.3	4064.2	13460.3

全重量は筋肉組織，脂肪組織，骨塩量の和

表 11 DXA 法による被検者の筋肉組織重量 (g) (n = 33)

測定部位	Mean	±	SD	Min.	Max.
全身	38815.3	±	5286.3	24182.4	50021.0
頭部を除く全身	35471.8	±	5063.4	21535.8	46483.1
頭部	3343.5	±	388.4	2581.3	4155.9
両腕	4551.3	±	754.0	2568.7	5690.0
右腕	2388.8	±	422.1	1296.1	3199.2
左腕	2162.5	±	484.6	1187.9	3123.0
体幹領域	19830.1	±	2653.0	13225.1	24916.6
両脚	11090.4	±	2086.7	5742.0	16464.0
右脚	5877.1	±	1105.0	2774.1	8303.0
左脚	5213.2	±	1236.5	2257.2	8161.0

表 12 DXA 法による被検者の脂肪組織重量 (g) (n = 33)

測定部位	Mean	±	SD	Min.	Max.
全身	12981.4	±	5687.3	3894.4	24112.4
頭部を除く全身	12084.9	±	5657.0	2881.9	23213.0
頭部	896.5	±	122.5	659.5	1237.9
両腕	1687.6	±	752.4	507.4	3295.0
右腕	807.5	±	362.9	250.8	1524.1
左腕	880.1	±	402.9	252.2	1770.8
体幹領域	6045.8	±	3191.3	1601.6	11953.4
両脚	4351.5	±	1964.7	772.9	9738.5
右脚	2137.8	±	989.4	392.9	4858.8
左脚	2213.7	±	1002.7	380.0	4879.7

表 13 DXA 法による被検者の脂肪組織重量率 (%) (n = 33)

測定部位	Mean	±	SD	Min.	Max.
全身	23.4	±	6.8	8.5	34.7
頭部を除く全身	23.7	±	7.4	7.1	35.9
頭部	19.0	±	1.1	17.0	21.1
両腕	25.2	±	7.3	8.0	36.2
右腕	23.5	±	7.1	7.9	36.6
左腕	27.4	±	9.6	8.0	46.0
体幹領域	21.7	±	8.1	7.4	36.6
両脚	26.4	±	7.9	6.1	39.8
右脚	25.0	±	7.6	6.3	39.5
左脚	28.4	±	9.4	6.0	46.5

表 14 DXA 法による骨密度の測定値と骨粗鬆症の判定

測定部位	骨密度 (g/cm ²)			判定 (人)		n
	Mean	±	SD	骨減少	骨粗鬆症	
腰椎(L2-4)	0.86	±	0.16	6 (19.3)	5 (16.1)	31
大腿骨頸部	0.50	±	0.15	7 (25.0)	19 (67.9)	28
Total hip	0.59	±	0.16	6 (21.4)	15 (53.6)	28

表 15 QUS 法による測定を受けた被検者の特徴と
QUS 法による踵骨の%YAM (n = 15)

項目	Mean	±	SD	Min	Max
年齢(歳)	63.3	±	7.6	41.0	75.0
身長(cm)	164.2	±	8.6	148.5	179.0
体重(kg)	54.2	±	10.9	38.6	78.1
QUS 法による 踵骨の%YAM	58.3	±	9.2	49.5	74.5

表16 被検者の測定値の相関行列

	年齢	身長	L2-4の骨密度	大腿骨頸部の骨密度	Totalhipの骨密度	全身の骨密度	頭部を除く全身の骨密度	頭部の骨密度	両腕の骨密度	両肘骨の骨密度	腰椎領域の骨密度	両足の骨密度	全身の骨密度	頭部を除く全身の骨密度	頭部の骨密度	両腕の骨密度	両足の骨密度	両腕の骨密度	両足の骨密度	
年齢	r																			
n																				
身長	r																			
n																				
L2-4の骨密度	r																			
n																				
大腿骨頸部の骨密度	r																			
n																				
Totalhipの骨密度	r																			
n																				
全身の骨密度	r																			
n																				
頭部を除く全身の骨密度	r																			
n																				
頭部の骨密度	r																			
n																				
両腕の骨密度	r																			
n																				
両肘骨の骨密度	r																			
n																				
腰椎領域の骨密度	r																			
n																				
両足の骨密度	r																			
n																				
両腕の骨密度	r																			
n																				
両足の骨密度	r																			
n																				
全身の骨密度	r																			
n																				
頭部を除く全身の骨密度	r																			
n																				
頭部の骨密度	r																			
n																				
両腕の骨密度	r																			
n																				
両足の骨密度	r																			
n																				

表 17 年齢と DXA 法による
各部位の骨密度の相関

測定部位	相関係数	<i>p</i> 値	n
全身	-0.330	0.858	31
頭部除く全身	0.133	0.477	31
頭部	-0.270	0.149	30
両腕	-0.185	0.302	33
両肋骨	-0.053	0.777	31
胸椎	0.124	0.506	31
骨盤	-0.060	0.747	31
両脚	0.203	0.264	32
腰椎(L2-4)	-0.043	0.820	30
大腿骨頸部	-0.255	0.200	27
Total hip	-0.095	0.636	27

Pearson の相関分析による解析

表 18 被検者の年齢層と骨密度の関係

測定部位	年齢		骨密度		n	p 値
	Mean	± SD	Mean	± SD		
全身						
64 歳以下	56.9	± 7.9	0.91	± 0.07	20	0.924
65 歳以上	69.9	± 3.7	0.91	± 0.11	11	
頭部を除く全身						
64 歳以下	56.9	± 8.1	0.73	± 0.07	19	0.510
65 歳以上	69.5	± 3.8	0.75	± 0.12	12	
腰椎(L2-4)						
64 歳以下	56.8	± 7.9	0.84	± 0.16	20	0.803
65 歳以上	69.2	± 4.0	0.86	± 0.13	10	
大腿骨頸部						
64 歳以下	57.0	± 8.1	0.53	± 0.13	17	0.423
65 歳以上	68.6	± 3.5	0.48	± 0.14	10	
Total hip						
64 歳以下	57.0	± 8.1	0.62	± 0.14	17	0.380
65 歳以上	68.6	± 3.5	0.57	± 0.15	10	

対応無しの *t* 検定による解析

表 19 DXA 法による腰椎(L2-4)と
各部位の骨密度の相関

測定部位	相関係数	<i>p</i> 値	n
全身	0.517	0.005 **	28
頭部除く全身	0.579	0.001 **	28
頭部	0.131	0.515	27
両腕	0.449	0.013 *	30
両肋骨	0.670	<0.001 **	28
胸椎	0.749	<0.001 **	29
骨盤	0.731	<0.001 **	28
両脚	0.616	<0.001 **	29
大腿骨頸部	0.275	0.174	26
Total hip	0.263	0.194	26

Pearson の相関分析による解析 (* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$)

表 20 DXA 法による大腿骨頸部と
各部位の骨密度の相関

測定部位	相関係数	<i>p</i> 値	n
全身	0.578	0.002 **	25
頭部除く全身	0.642	0.002 **	26
頭部	0.080	0.710	24
両腕	0.338	0.085	27
両肋骨	0.256	0.217	25
胸椎	0.225	0.280	25
骨盤	0.577	0.002 **	26
両脚	0.560	0.003 **	26
腰椎 (L2-4)	0.275	0.174	26
Total hip	0.839	<0.001 **	27

Pearson の相関分析による解析 (**p* < 0.05 ***p* < 0.01)

表 21 DXA 法による Total hip と
各部位の骨密度の相関

測定部位	相関係数	<i>p</i> 値	n
全身	0.551	0.004 **	25
頭部除く全身	0.730	<0.001 **	26
頭部	0.185	0.386	24
両腕	0.478	0.012 *	27
両肋骨	0.357	0.080	25
胸椎	0.338	0.099	25
骨盤	0.537	0.005 **	26
両脚	0.703	<0.001 **	26
腰椎(L2-4)	0.263	0.194	26
大腿骨頸部	0.839	<0.001 **	27

Pearson の相関分析による解析(**p* < 0.05 ***p* < 0.01)

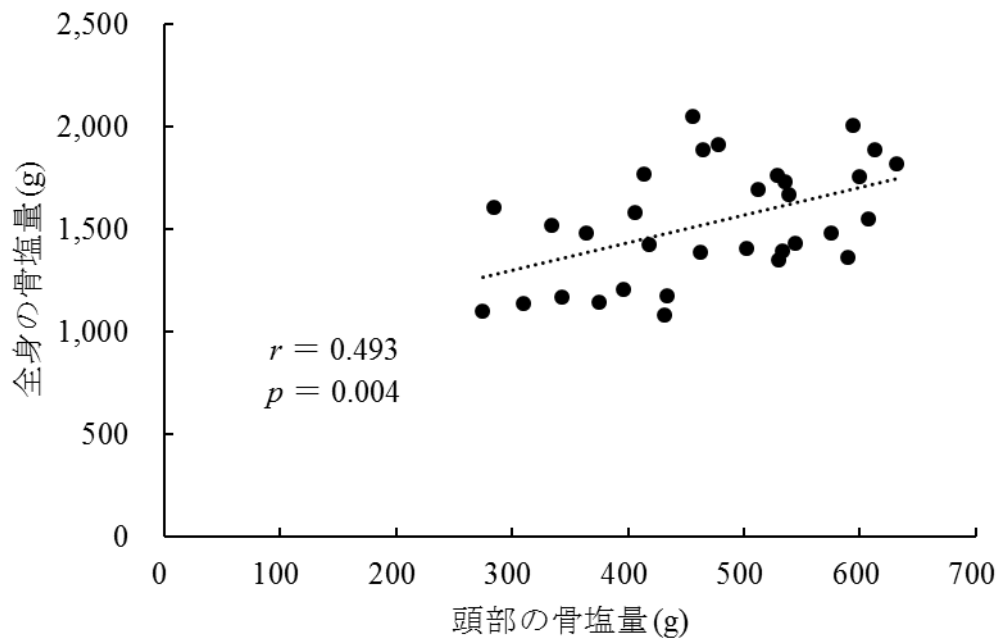


図6 頭部の骨塩量と全身の骨塩量の相関

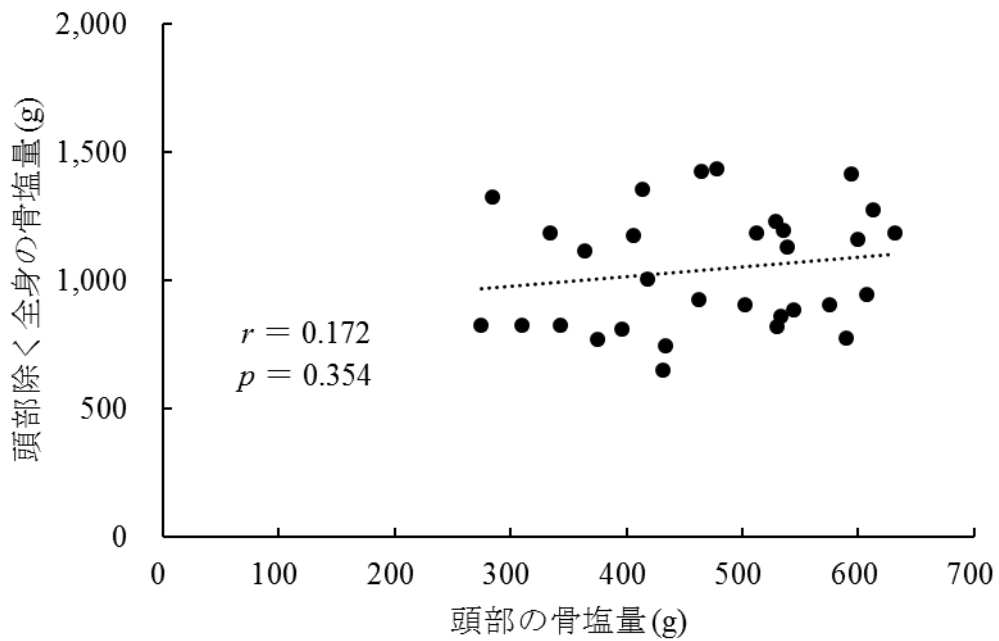


図7 頭部の骨塩量と頭部を除く全身の骨塩量の相関

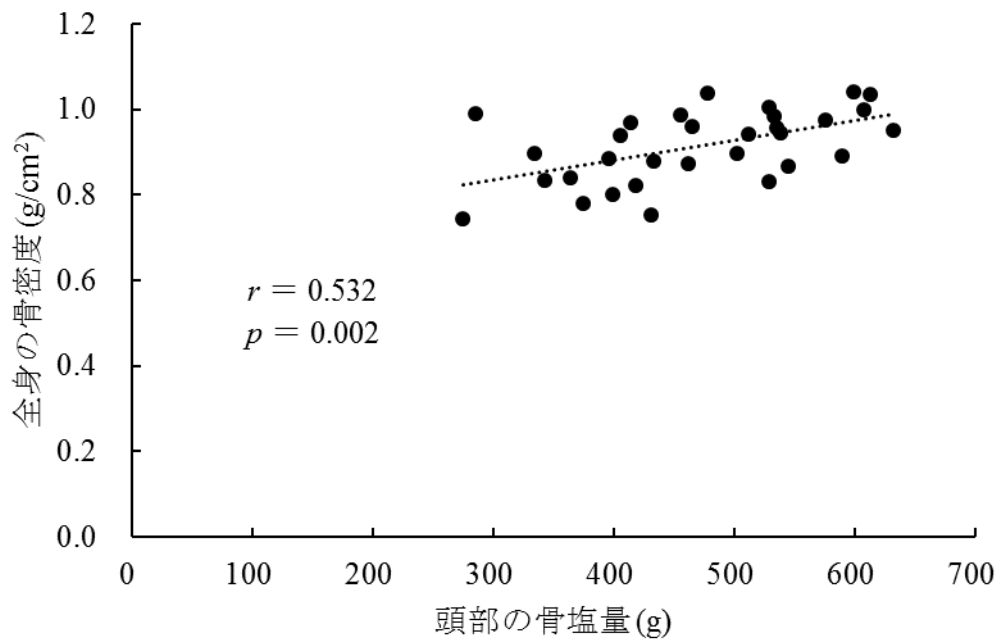


図8 頭部の骨塩量と全身の骨密度の相関

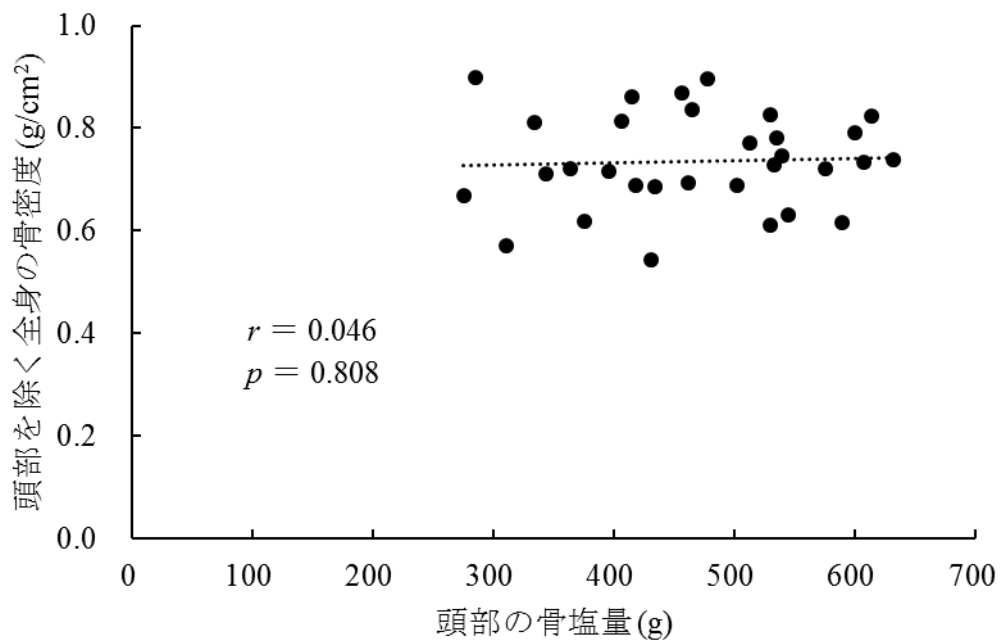


図9 頭部の骨塩量と頭部を除く全身の骨密度の相関

表 22 DXA 法による腰椎(L2-4)の骨密度と
筋肉，脂肪，全重量の部位ごとの組織重量との相関

測定組織	測定部位	相関係数	p 値	n
筋肉組織 重量	全身	0.324	0.093	28
	頭部除く全身	0.309	0.110	28
	両腕	0.151	0.444	28
	体幹領域	0.378	0.043 *	29
	両脚	0.347	0.076	27
脂肪組織 重量	全身	0.355	0.054	30
	頭部除く全身	0.353	0.056	30
	両腕	0.306	0.107	29
	体幹領域	0.300	0.107	30
	両脚	0.356	0.058	29
全重量	全身	0.334	0.082	28
	頭部除く全身	0.322	0.094	28
	両腕	0.303	0.105	28
	体幹領域	0.431	0.017 *	30
	両脚	0.342	0.075	28

Pearson の相関分析による解析(* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$)

全重量は筋肉組織，脂肪組織，骨塩量の和

表 23 DXA 法による大腿骨頸部の骨密度と
筋肉，脂肪，全重量の部位ごとの組織重量との相関

測定組織	測定部位	相関係数	<i>p</i> 値	n
筋肉組織 重量	全身	0.420	0.029 *	27
	頭部除く全身	0.431	0.025 *	27
	両腕	0.070	0.736	26
	体幹領域	0.347	0.076	27
	両脚	0.472	0.015 *	26
脂肪組織 重量	全身	0.328	0.096	27
	頭部除く全身	0.327	0.096	27
	両腕	0.214	0.295	26
	体幹領域	0.322	0.101	27
	両脚	0.334	0.088	27
全重量	全身	0.428	0.026 *	27
	頭部除く全身	0.429	0.026 *	27
	両腕	0.202	0.322	26
	体幹領域	0.368	0.059	27
	両脚	0.549	0.003 **	27

Pearson の相関分析による解析(* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$)

全重量は筋肉組織，脂肪組織，骨塩量の和

表 24 DXA 法による Total hip の骨密度と
筋肉，脂肪，全重量の部位ごとの組織重量との相関

測定組織	測定部位	相関係数	p 値	n
筋肉組織 重量	全身	0.257	0.195	27
	頭部除く全身	0.259	0.192	27
	両腕	-0.078	0.706	26
	体幹領域	0.220	0.270	27
	両脚	0.334	0.095	26
脂肪組織 重量	全身	0.218	0.274	27
	頭部除く全身	0.219	0.273	27
	両腕	0.121	0.557	26
	体幹領域	0.195	0.329	27
	両脚	0.261	0.189	27
全重量	全身	0.282	0.153	27
	頭部除く全身	0.280	0.156	27
	両腕	0.040	0.847	26
	体幹領域	0.232	0.245	27
	両脚	0.404	0.037 *	27

Pearson の相関分析による解析(* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$)

全重量は筋肉組織，脂肪組織，骨塩量の和

表 25 DXA 法による腰椎(L2-4)の骨密度と
筋肉, 脂肪, 全重量の部位ごとの組織重量率との相関

測定組織	測定部位	相関係数	p 値	n
筋肉組織 重量率	全身	-0.303	0.110	29
	頭部除く全身	-0.300	0.114	29
	両腕	-0.260	0.173	29
	体幹領域	-0.238	0.206	30
	両脚	-0.349	0.680	28
脂肪組織 重量率	全身	0.267	0.162	29
	頭部除く全身	0.266	0.163	29
	両腕	0.231	0.228	29
	体幹領域	0.218	0.247	30
	両脚	0.300	0.121	28
骨塩量 重量率	全身	0.123	0.526	29
	頭部除く全身	0.287	0.138	28
	両腕	0.050	0.795	29
	体幹領域	0.392	0.035 *	29
	両脚	0.334	0.077	29

Pearson の相関分析による解析(* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$)

表 26 DXA 法による大腿骨頸部の骨密度と
筋肉，脂肪，全重量の部位ごとの組織重量率との相関

測定組織	測定部位	相関係数	<i>p</i> 値	n
筋肉組織 重量率	全身	-0.474	0.014 *	29
	頭部除く全身	-0.469	0.016 *	29
	両腕	-0.433	0.027 *	29
	体幹領域	-0.312	0.113	30
	両脚	-0.363	0.069	28
脂肪組織 重量率	全身	0.425	0.031 *	29
	頭部除く全身	0.428	0.029 *	29
	両腕	0.386	0.051	29
	体幹領域	0.297	0.133	30
	両脚	0.304	0.131	28
骨塩量 重量率	全身	0.294	0.145	29
	頭部除く全身	0.420	0.037 *	28
	両腕	0.227	0.265	29
	体幹領域	0.213	0.296	29
	両脚	0.579	0.002 **	29

Pearson の相関分析による解析 (* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$)

表 27 DXA 法による Total hip の骨密度と
筋肉，脂肪，全重量の部位ごとの組織重量率との相関

測定組織	測定部位	相関係数	<i>p</i> 値	n
筋肉組織 重量率	全身	-0.415	0.035 *	26
	頭部除く全身	-0.413	0.036 *	26
	両腕	-0.445	0.023 *	26
	体幹領域	-0.187	0.351	27
	両脚	-0.399	0.043 *	26
脂肪組織 重量率	全身	0.353	0.770	26
	頭部除く全身	0.360	0.071	26
	両腕	0.382	0.054	26
	体幹領域	0.169	0.401	27
	両脚	0.317	0.115	26
骨塩量 重量率	全身	0.402	0.042 *	26
	頭部除く全身	0.596	0.002 **	26
	両腕	0.311	0.122	26
	体幹領域	0.320	0.111	26
	両脚	0.722	<0.001 **	26

Pearson の相関分析による解析 (* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$)

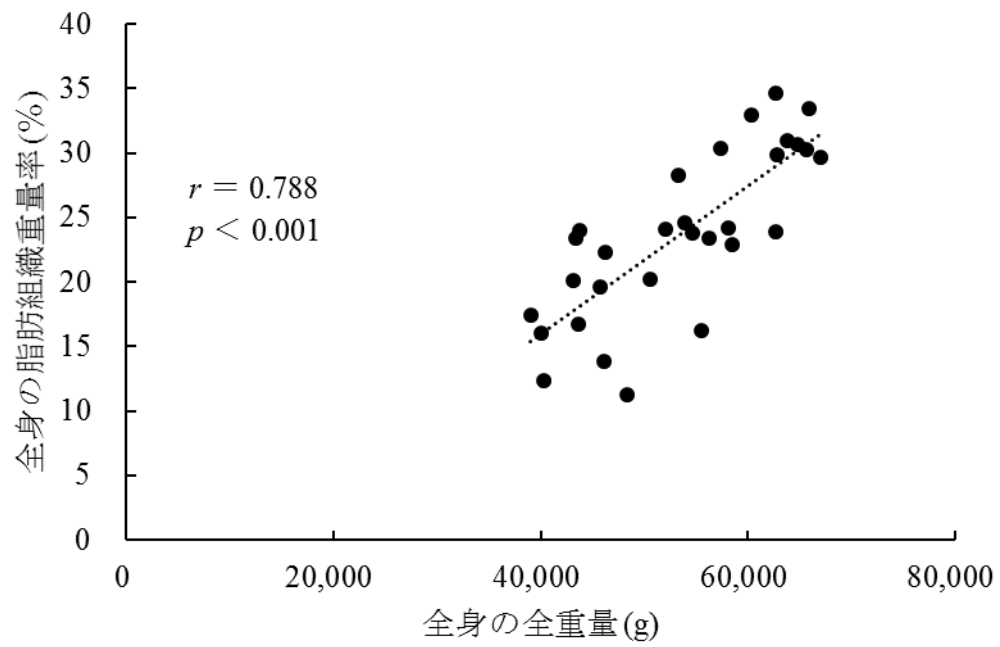


図10 全身の全重量と全身の脂肪組織重量率の相関

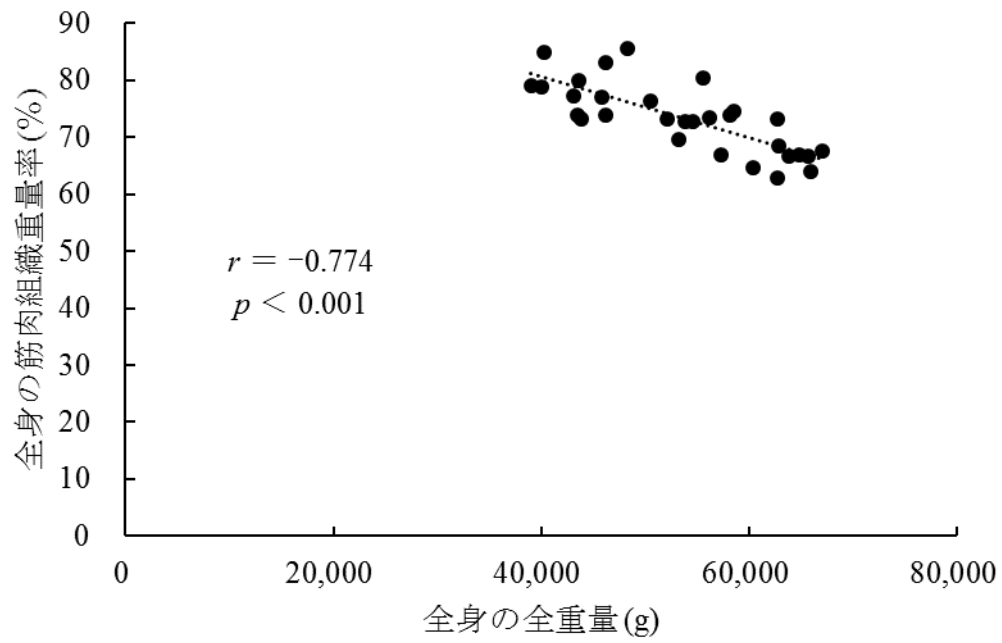


図11 全身の全重量と全身の筋肉組織重量率の相関

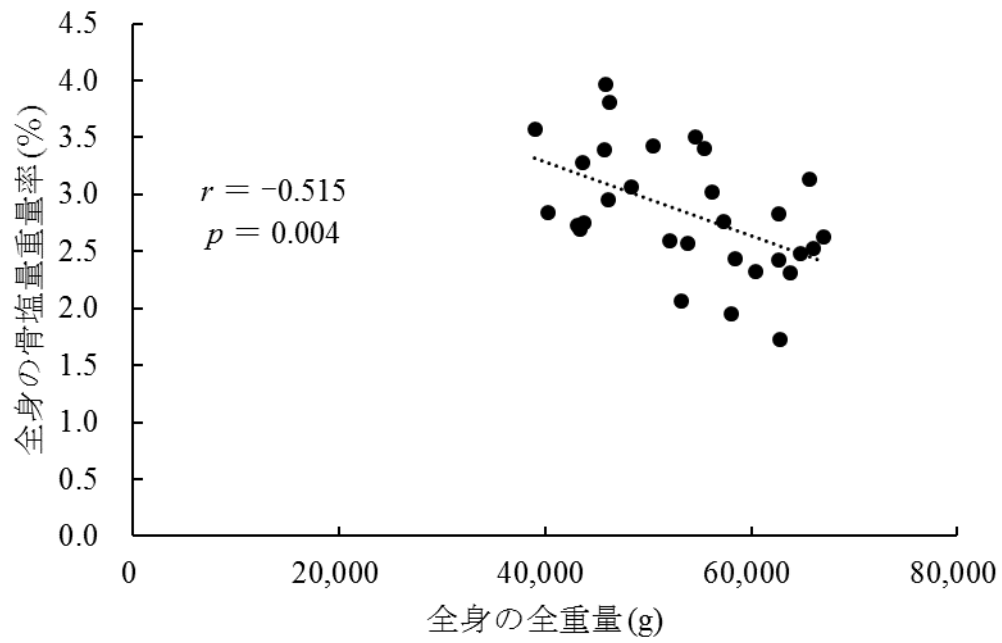


図12 全身の全重量と全身の骨塩量重量率の相関

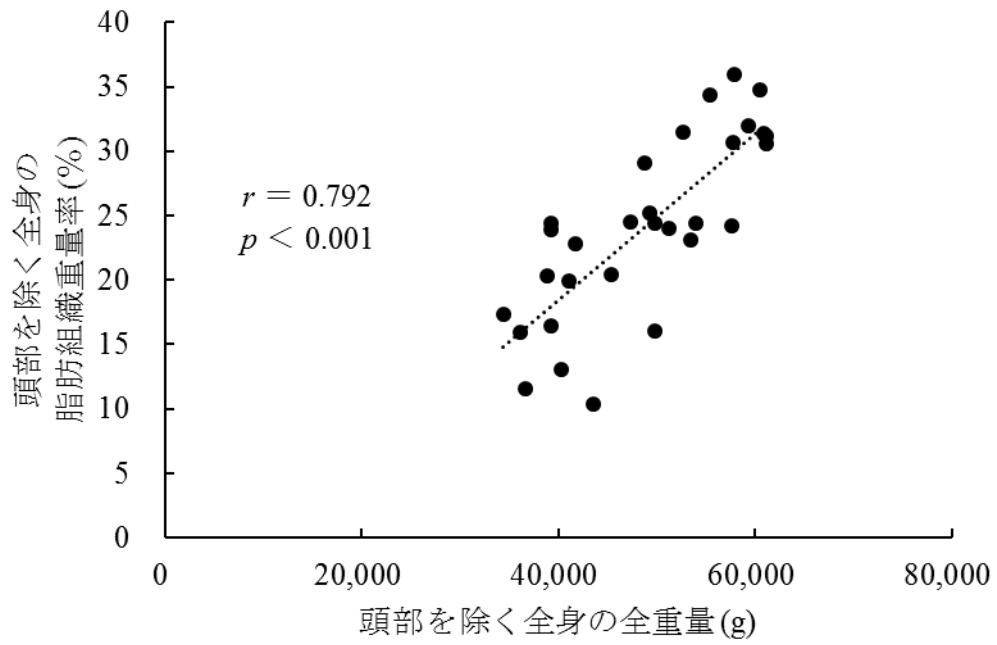


図13 頭部を除く全身の全重量と
頭部を除く全身の脂肪組織重量率の相関

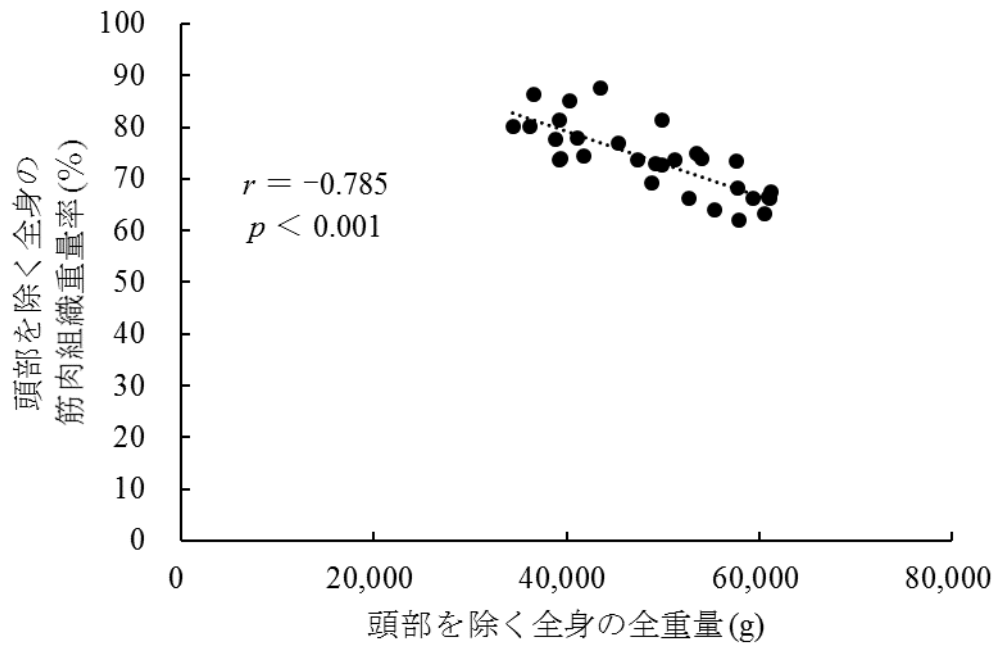


図14 頭部を除く全身の全重量と
頭部を除く全身の筋肉組織重量率の相関

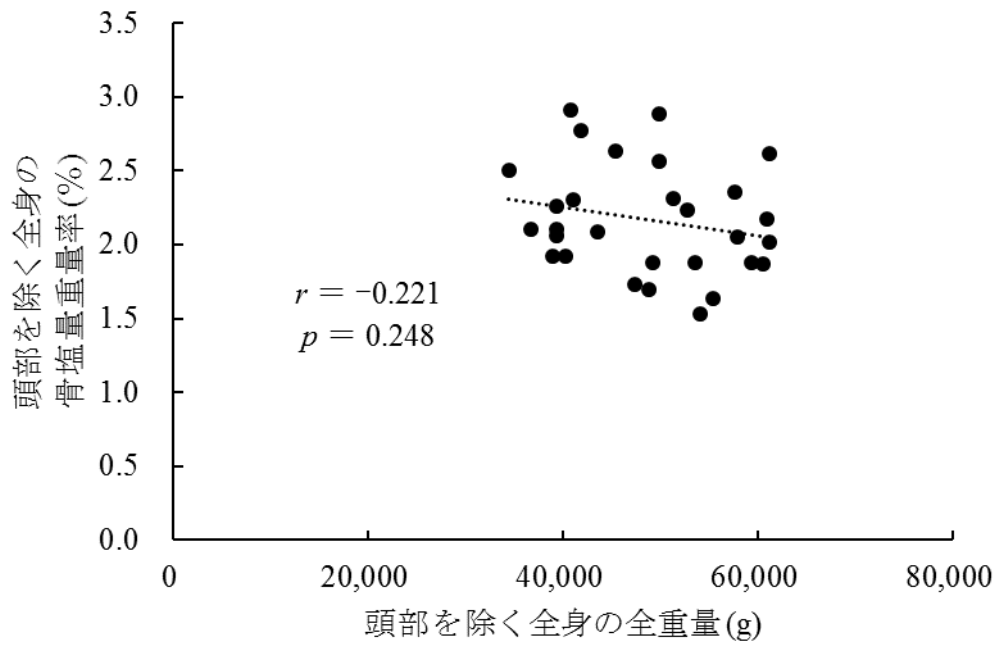


図15 頭部を除く全身の全重量と
頭部を除く全身の骨塩量重量率の相関

表 28 身長と DXA 法による
各部位の骨密度との相関

測定部位	相関係数	<i>p</i> 値	n
腰椎(L2-4)	0.401	0.028 *	30
大腿骨頸部	0.280	0.158	27
Total hip	0.214	0.285	27

Pearson の相関分析による解析(* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$)

表 29 各運動強度別の 1 日当たりの活動時間(分) (n = 21)

	Mean	±	SD	Min.	Max.
装着時間	865.8	±	103.2	699.0	1050.3
SB	685.9	±	107.4	456.3	885.3
LPA	176.5	±	86.2	39.3	440.3
MVPA	3.4	±	4.3	0.3	17.3

1 日は 1440 分だが，風呂及び睡眠時間や 1.0 METs の状態で一時間以上経過した時間は活動時間に含めていない

SB : 覚醒時間における sedentary behavior (座位行動) 1.5 METs 以下

LPA : Light physical activity (軽強度活動時間) 1.51~2.99 METs

MVPA : Moderate to vigorous physical activity

(中・高強度活動時間) 3.0 METs 以上

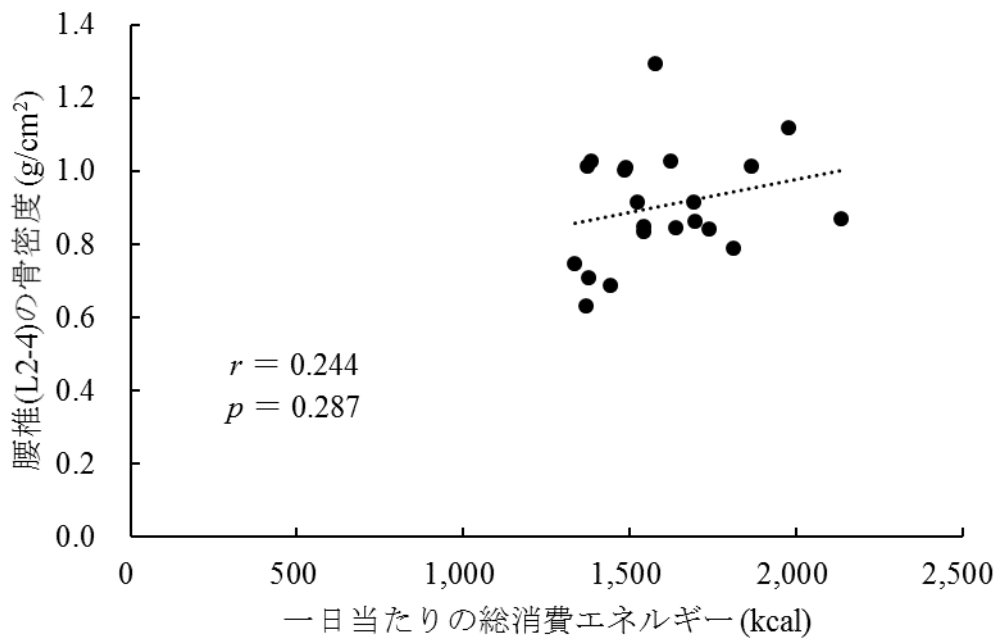


図16 一日当たりの総消費エネルギーと
腰椎(L2-4)の骨密度の相関

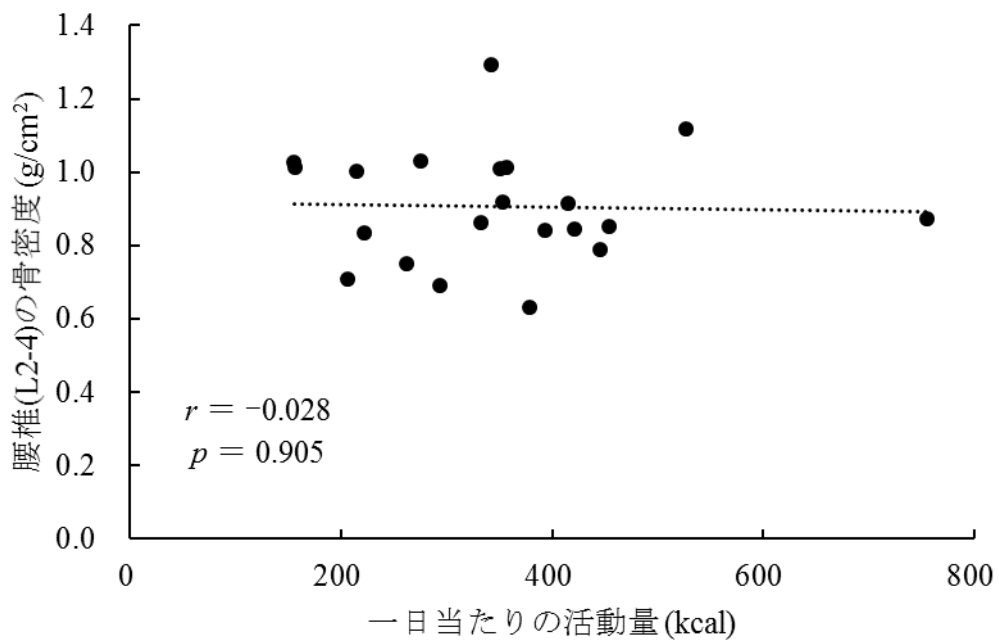


図17 一日当たりの活動量と腰椎(L2-4)の骨密度の相関

表 30 QUS 法による踵骨の%YAM と
DXA 法による各部位の%YAM の相関

DXA 法による 測定部位	相関係数	<i>p</i> 値	n
腰椎(L2-4)	-0.147	0.601	15
大腿骨頸部	0.328	0.274	13
Total hip	0.043	0.888	13

%YAM は Mean ± 2SD を採用

Pearson の相関分析による解析

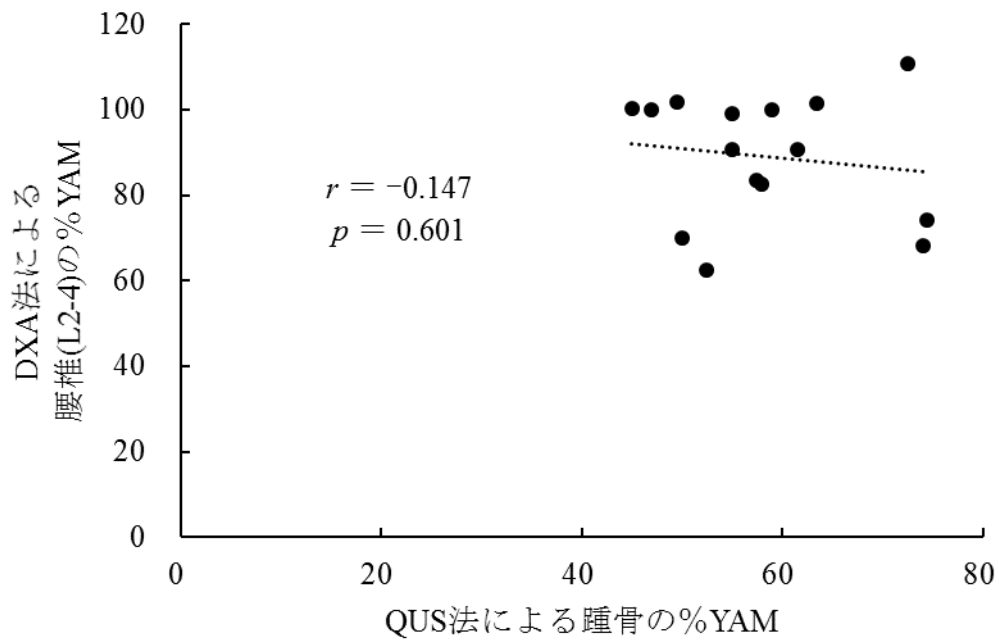


図18 QUS法による踵骨の%YAMとDXA法による腰椎(L2-4)の%YAMの相関

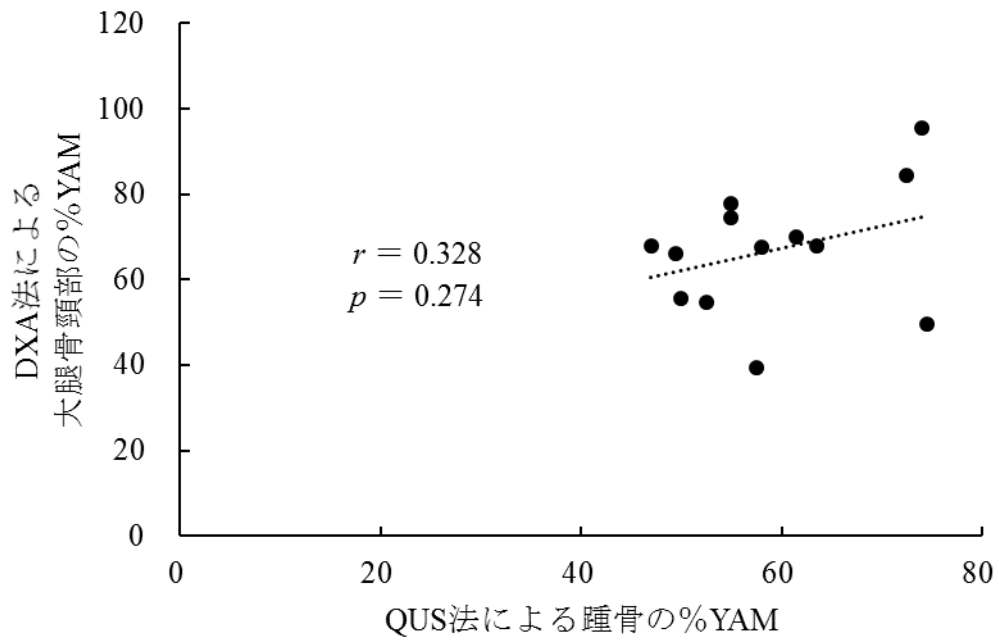


図19 QUS法による踵骨の%YAMと
DXA法による大腿骨頸部の%YAMの相関

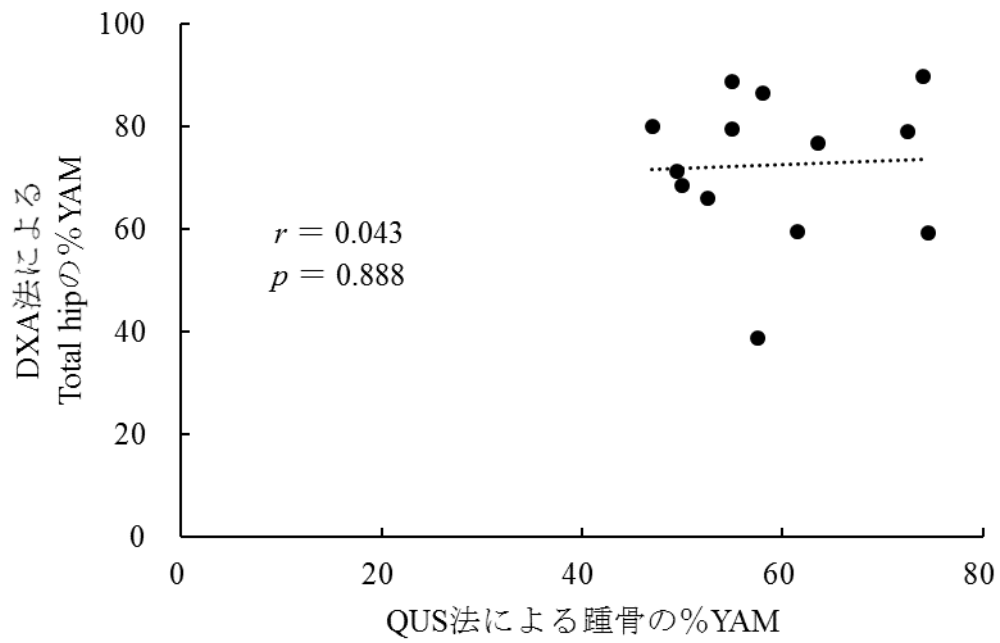


図20 QUS法による踵骨の%YAMと
DXA法によるTotal hipの%YAMの相関

表 31 測定項目の因子負荷量

測定項目	成分			
	1	2	3	4
① 年齢	.090	-.318	-.069	.873
② 身長 (m)	.419	.124	.824	.121
③ 体重 (kg)	.695	-.633	.178	-.031
④ BMI	.523	-.730	-.254	-.129
A 全身の骨密度	.656	.654	-.294	.139
B 頭部を除く全身の骨密度	.853	.367	-.031	.203
C 頭部の骨密度	.282	.701	-.417	-.045
D 腰椎(L2-4)の骨密度	.686	.195	.095	.199
E 大腿骨頸部の骨密度	.836	.121	.145	-.343
F Total hip の骨密度	.843	.220	.087	-.155
I 脂肪組織重量率	.484	-.793	-.210	-.019
II 筋肉組織重量率	-.541	.738	.235	.017
III 骨組織重量率	.234	.950	-.102	.026
固有値	4.64	4.28	1.19	1.04
寄与率 (%)	35.7	32.9	9.1	8.0
累積寄与率 (%)	35.7	68.6	77.8	85.8

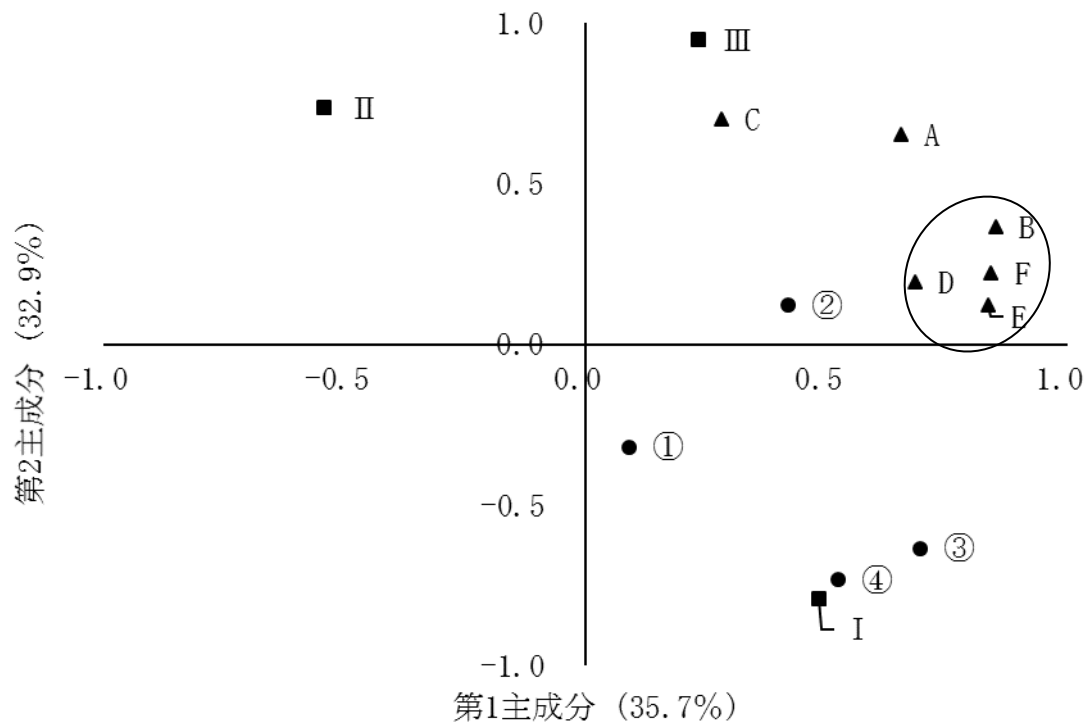


図21 主成分分析の結果 (第1主成分×第2主成分)

① 年齢 ② 身長 ③ 体重 ④ BMI

A 全身の骨密度 B 頭部を除く全身の骨密度 C 頭部の骨密度

D 腰椎(L2-4)の骨密度 E 大腿骨頸部の骨密度 F Total hipの骨密度

I 脂肪組織重量率 II 筋肉組織重量率 III 骨組織重量率

第三章 肢体不自由者における骨粗鬆症予防対策の提案

1 はじめに

男性の肢体不自由者の骨密度について第二章にて調査してきたところ、骨密度に関係する要因がある程度明確になった。そこで、肢体不自由者における骨粗鬆症予防対策を提案するために、3つのキーワード「身体障がい者(Physical disability)」「身体活動(Motor Activity)」「活動基準(Activity Standard)」「健常者(Health person)」を用いて論文検索を試みた。論文検索には、PubMed, 医中誌, CiNiiの3つの検索サイトを使用し、過去20年間(1998~2019年)の文献数を検索した(表32~34)。

PubMed 検索による「Motor Activity」で検索した論文合計数は250,568件、「Activity Standard」で検索した論文合計数は61,680件であった。それらの研究内容をみると、children, adolescents, adultsなどの年代層の研究や sarcopenia や frailty などの疾患を対象とした研究が多い傾向であった。身体障がい者の身体活動(「Motor Activity」+「Physical disability」)では5,147件、健常者の身体活動(「Motor Activity」+「Health person」)では27,832件、障がい者の活動基準(「Activity Standard」+「Physical disability」)では688件、健常者の活動基準(「Activity Standard」+「Health person」)では3,565件と、活動基準に関する論文は健常者の研究が顕著に多いことが確認できた。

医中誌及び CiNii の論文数も、PubMed 検索と同様あるいは類似傾向であった。

上述の通り、肢体不自由者の身体活動や活動基準に関する報告は少ないことが明確であった。本研究の二章より、年齢に関連なく肢体不自由者の骨密度は、健常者に比べ低値傾向にあったことから、肢体不自由者の骨粗鬆症予防対策を提案し、QOL向上の一助となることを目的とした。

2 方法

2-1 肢体不自由者の身体活動

被検者は二章 2-1 で示した被検者のうち，第二章 2-4 の活動量計 (EW4800, パナソニック社) による身体活動測定の同意が得られた 21 名とした．一日当たりの総エネルギー消費量及び強度ごとの活動時間は，装着した活動量計より算出した．また，日本人の食事摂取基準を参照し，被検者の身長，体重，年齢，性別からエネルギー消費量 (30 kcal/kg 体重/日)，及び基礎代謝量を算出した．なお，エネルギー消費量は，健常者の 30～40 kcal/kg 体重/日の範囲のうち，本研究の肢体不自由者の多くは車いす使用者であるため，身体活動量が低いと予想できる．そのため，低値である 30 kcal/kg 体重/日を採用した．一日当たりのエネルギー消費量から基礎代謝量を減じて，一日当たりの身体活動量を求めた．

さらに，体組成と身体活動の関係を明らかにするために，頭部を除く全身の骨密度を従属変数とし，体重，BMI，骨密度(腰椎(L2-4)，大腿骨頸部，Total hip)，脂肪組織の重量率，総エネルギー消費量，活動量の計 8 項目を独立変数としてステップワイズ法による重回帰分析を行った．統計解析には SPSS Statistics 23 を用いた．

2-2 肢体不自由者の身体活動の向上方法

被検者の個人ごとの身体活動の結果をもとに，先行研究や肢体不自由者施設等を経験した理学療法士が提唱する身体活動の向上方法を参考に提案した^{57,66,72)}．

2-3 肢体不自由者の骨粗鬆症予防のための献立作成

献立作成の栄養計算にはエクセル栄養君(Ver.8)を使用し，エクセルを用いて集計した。

被検者らは障がい者支援施設に入所しているため，施設で作成した給与エネルギー量，及び栄養素等摂取量を利用して献立作成をする必要がある。しかし，彼らの入所施設の給与栄養目標量(約束食事箋)等入手できなかつたため，被検者の身体活動量(三章 2-1)等を参照し，対象モデルを検討した。対象モデルの献立の給与エネルギー量や各栄養素の基準は，日本人の食事摂取基準 2020 年版を準拠した。被検者らは，肢体不自由者だが健常者のエネルギー消費量(30 kcal/kg 体重/日)範囲の低値を用いて算出した。対象モデルの給与エネルギー及び栄養素の基準値は表 35 の通りである。エネルギー，たんぱく質，脂質，炭水化物，ミネラル 5 種(ナトリウム(食塩相当量)，カルシウム，マグネシウム，リン，鉄)，ビタミン 5 種(ビタミン A，ビタミン D，ビタミン K，ビタミン B₁，ビタミン B₂，ビタミン C)を参照値とした。

3 結果及び考察

3-1 肢体不自由者の身体活動の実態

肢体不自由者は各々の障がいの程度により，肢体の可動域はそれぞれ異なるうえ，身体活動量は健常者と比較して非常に低い。本研究の被検者も表 29 で示した通り，活動時間と活動強度は共に低かった。そこで肢体不自由者の身体活動量と骨密度についての関係を詳細に検討するにあたり，活動エネルギーを算出し，表 36 に個人ごとの一日当たりの活動時間と被検者の特性を示した。被検者らの一日当たりのエネルギー消費量は，1,335～2,135 kcal で，平均 $1,600 \pm 209$ kcal であった。一日当たりのエネルギー消費量から基

礎代謝量を減じた活動量は、156～756 kcal の範囲で、平均 348 ± 134 kcal であった。被検者らは車いすでの移動のため、身体活動量は中・高強度活動時間が 0.3～17.3 分/日と非常に少なかった。

全身の骨密度について身体活動との関係から重回帰式で示すことはできないかと考え、重回帰分析を行った結果、頭部を除く全身の骨密度は腰椎(L2-4)と Total hip の骨密度を独立変数とする下記の重回帰式で示すことができた。

$$Y = 0.308 X_1 + 0.282 X_2 + 0.319$$

Y：頭部を除く全身の骨密度

X₁：腰椎(L2-4)の骨密度、X₂：Total hip の骨密度

標準化係数 β は腰椎(L2-4)の骨密度：0.59、Total hip の骨密度：0.42 であった(表 37)。この結果は、頭部を除く全身の骨密度が腰椎(L2-4)や Total hip の骨密度が上昇すると増加し、腰椎(L2-4)の骨密度の方がより強く関連することを示した。分散分析の結果は有意で、調整済み決定係数は $R^2 = 0.64$ で、VIF 値は 2 以下であった。また、ダービンワトソン比は 1.69 であり、残差や頻度の大きな偏りはみられなかった。表 37 の重回帰分析では独立変数として用いた一日当たりの総エネルギー消費量や、活動量などの活動の強度や時間に関わる変数は除外された。これは被検者の運動強度及び活動時間が著しく低いことに起因すると考えられる。

3-2 肢体不自由者の身体活動量の向上法の提案

骨密度と運動との関係を検討した先行研究は、健常者を対象としたものが多く^{57,66,72)}、本研究の被検者である肢体不自由者の身体活動量を向上には不向きであり、提案方法を選択できなかった。そこで、肢体不自由者施設の理学療法士による聞き取りによる方法を検討した。

本研究では、肢体不自由者も健常者と同様に骨粗鬆症予防には、骨への刺激、特に荷重(重力)をかけることが有効であったため、理

学療法にその旨を説明したうえで、身体活動の向上方法の提案について検討依頼した。肢体不自由者の荷重刺激は、「姿勢、骨、筋肉(筋肉トレーニング)」の3つのアプローチ法が重要であるとの提案であった。荷重の重要性から、立位姿勢をある一定時間維持すること、骨への刺激には足で床を蹴る・踏む等を行うこと、身体の可動可能な部分の筋肉を動かすことの3つを提案された。具体的には補助器具等などを使用して立位姿勢を保つ、または、立位と座位の姿勢をゆっくり数回繰り返す(例：10～20回/1回，3セット/日(朝・昼・夕))。介助者が必要な場合は介助者に介助してもらいながら実施する。その他に自立的に立位が困難な肢体不自由者の場合は、立位姿勢を保つ機器を使用するなど方法はさまざまあった。座位や臥位の時間をできる限り減らすことが求められた。肢体不自由者の生活活動を検証するためには、立位・座位・臥位の状態を把握できる生活活動度計 A-MES(株式会社 ソリッドブレインズ)の利用も有効方法の一つであった。よって、肢体不自由者の活動向上の支援は理学療法士とともに個別に検討・支援する必要性が求められた。

3-3 食事（指導）の提案

本研究では施設入所者のうち、脳血管疾患による肢体不自由者で男性、BMIが正常範囲内、かつ推定したエネルギー摂取量が1,600～1,800 kcal/日の被検者を対象(被検者番号4～11)とした。そして、被検者らの障がい者支援施設の肢体不自由者に対する食事摂取基準を参照し、一食当たりの参照値を示した(表35)。たんぱく質は、骨粗鬆症やサルコペニアの予防には重要であることから1.0～1.2 g/kg 体重/日、及びエネルギー産生栄養素バランスを加味し、55.6～66.7 g/日(12～16 % E)とした。脂質は、35.6～50.0 g/日(20～25 % E)とした。ビタミンは、ビタミン A 900 µgRAE/日、ビタミン D 8.5 µg/日、ビタミン K 150 µg/日、ビタミン B₁ 1.3 mg/日、ビタミン B₂ 1.5 mg/日、ビタミン C 100 mg/日とした。ミネラルは、ナ

トリウム(食塩相当量) 600 mg/日(1.5 g/日), 食塩の目標量 7.5g 未満, カルシウム 750 mg/日, マグネシウム 370 mg/日, リン 1000 mg/日, 鉄 7.5 mg/日とした.

骨粗鬆症予防のためにカルシウムの給与量の増加は重要であるが, カルシウムだけを増加させても骨密度の上昇は望めない. エネルギー及びたんぱく質を確保したうえで, ビタミン D, ビタミン K, マグネシウムを充分給与する必要がある. そこで被検者の年齢層を考慮し, 和食を中心とした二日分の献立を表 38, 39 に提案し, 工夫ポイントを挙げる. カルシウムは, 意識して食品を選択しなければ, 栄養素の不足を招いてしまう. そのため日常の食事でも減少しやすい栄養素を増加させるため, 汁物やお浸しの小鉢などの副菜一品料理を取り入れ, 主菜と組み合わせが可能な料理を意識した. なお, カルシウムを多く含む食品には, 小魚, 干しえび, 牛乳・乳製品, 大豆・大豆加工食品, 緑黄色野菜のうち葉物野菜類(かぶ葉, 小松菜, 大根葉, つるむらさきなど)がある.

ビタミン D は, 骨リスクを上昇させないために重要であり, 魚類やキノコ類に多く含まれる. 魚を中心とした料理を献立に取り入れなければ, 栄養素の不足に陥るため, 日常の食事でも魚類の給与(摂取)が困難な場合は, 肝油ドロップも有効な補給法と考える. さらに, ビタミン D は日照により皮膚で産生されるため, 日照時間を考慮に入れることも忘れてはならない.

骨形成に関与しているビタミン K は, 納豆, 緑黄色野菜のうち葉物野菜類(モロヘイヤ, あしたば, つるむらさき, かぶ葉, ほうれん草など)に多く含まれる. また, 骨の弾性維持に関与しているマグネシウムは, たんぱく質, カルシウム, ビタミン D, ビタミン K の給与量を配慮することにより充分量を補うことができる. 万が一, マグネシウムの不足が生じた場合は, 主食をご飯にし, 魚介類, 大豆・大豆加工食品を使用した献立に考慮するとよい.

二日間の献立は, 食事摂取基準より作成した参照値にエネルギー及び栄養素が近似した提案ができた(表 40). エネルギー, たんぱ

く質，脂質，炭水化物は参照値の範囲内であり，骨代謝に関与するカルシウム，ビタミン D，ビタミン K，マグネシウムも十分な給与量であった．提案した骨粗鬆症予防のための献立は，優れた献立であると考えられる．本提案献立は，他の疾患は考慮していないため，被検者の疾患や服薬，及び禁忌食品に対しても配慮し食事提供を行う必要が求められる．

3-4 栄養アセスメント評価

栄養アセスメントの方法は，①身体計測，②生理・生化学的検査，または臨床検査，③問診・観察，または臨床診査，④食事調査である．①～④を踏まえ骨粗鬆症予防のアセスメント評価の項目を検討した．また，脳血管疾患であるため服薬状況や，その他の疾患についても確認しておく必要がある．

①身体測定

身長と体重，皮下脂肪厚，上腕囲，上腕筋囲，上腕筋面積，ウエスト周囲長，機器による測定(生体電気インピーダンス(bioelectric impedance analysis : BIA)法，生体内電気伝導度測定(total body electrical conductivity : TOBEC)法，DXA 法など)がある．

②生理・生化学的検査，または臨床検査

尿検査(尿たんぱく質，尿糖等)，血液検査(一般検査，糖代謝，たんぱく質代謝，脂質代謝等)がある．

③問診・観察，または臨床診査

既往歴，現病歴，体重歴，臨床症状など，アンケートや質問票で収集する．服薬状況や禁忌食品の記載事項の確認や，自覚症状を見落とさないことが重要である．

④食事調査

隠然法，食事記録法，食事思い出し法，食物摂取頻度法，食事歴法，生体指標による方法など食事調査法はさまざまあるため，目的や状態に合わせて選択する．身体障がい者等の施設入所者の場合は，

施設の給与栄養目標量(約束食事箋)を使用する。個別に対応する場合には栄養素のチェックシート(表 41, 42)も活用すると良い。

⑤その他

被検者によっては、①～④の他に特記すべき項目があるため、被検者に見合った対応を行う。本被検者においては、身体活動状況(表 43)や日光浴状況(表 44)等も含める。

3-5 肢体不自由者の骨粗鬆症予防の PDCA サイクルの提案

以上の指導方法及び評価方法から肢体不自由者のための骨粗鬆症予防の PDCA サイクルを図 22 に示す⁷³⁾。

まず、肢体不自由者を対象に、DXA 法や QUS 法、骨代謝マーカーなどによって骨評価し、問題のある者に対して面談を行うことで、食生活や運動、身体状況等の個別の問題点の抽出を行う。これによって骨粗鬆症の予防計画を作成、実行し、計画の評価を 3-4 で示した評価ツールや DXA 法や QUS 法、骨代謝マーカーなどの骨評価で評価を行う。さらに評価ツールにより、骨密度の維持や改善、食生活や運動の持続について改善点を精査し、次の計画に活かすサイクルを肢体不自由者の骨粗鬆症予防のための PDCA サイクルとして提案する。

本サイクルの注意点として、食事指導に用いる栄養素の基準値は表 35 の基準値を使用するが、脳血管疾患の被検者の中にはワーファリンを服用する患者もいることが予想される。この場合、3-3 の献立で提案した納豆や青野菜(ほうれん草、モロヘイヤなど)を控える必要がある。骨粗鬆症予防には食事指導・支援や活動(運動)指導・支援、薬の服用などが挙げられ、クライアント(被検者)によって予防法や対策が異なる。そのため関わる医療従事者(管理栄養士、調理師、理学療法士、看護師、医師など)も異なるため、スクリーニングやアセスメント方法を確立し、多職種と連携しやすい環境を作り、骨粗鬆症予防対策をはかることが重要と考える。

最後に，本項にて肢体不自由者の骨粗鬆症予防の PDCA サイクルを提案したが，実際の運用には至れなかった．今後の課題として試みることを検討したい．

表 32 身体障がい者に関するキーワード検索の結果
(PubMed 2020.3.3)

キーワード 1	キーワード 2	n
Physical disability		44,808
Motor activity		250,568
Activity standard		61,680
Physical disability	Motor activity	5,147
Physical disability	Activity standard	688
Healthy person	Motor activity	27,832
Healthy person	Activity standard	3,565

表 33 身体障がい者に関するキーワード検索の結果
(医中誌 2020.3.3)

キーワード 1	キーワード 2	n
身体障がい者		44,126
身体活動		63,295
活動基準		115
身体障がい者	身体活動	749
身体障がい者	活動基準	0
健常者	身体活動	617
健常者	活動基準	1

表 34 身体障がい者に関するキーワード検索の結果
(CiNii 2020.3.3)

キーワード 1	キーワード 2	n
身体障がい者		3,205
身体活動		5,771
活動基準		293
身体障がい者	身体活動	18
身体障がい者	活動基準	0
健常者	身体活動	96
健常者	活動基準	0

表 35 障がい者支援施設の肢体不自由者に対する食事摂取基準

エネルギー 及び栄養素等	単位	食事摂取基準(参照値(日))	
エネルギー	kcal	1,600～1,800	推定エネルギー必要量
たんぱく質	g	68～80	フレイル,サルコペニアの予防
脂質	g	35.6～50.0	目標量
炭水化物	g	220.0～292.5	
ビタミン A	μgRAE	900	推奨量
ビタミン D	μg	8.5	目安量
ビタミン K	μg	150	目安量
ビタミン B ₁	mg	0.97	推奨量
ビタミン B ₂	mg	1.08	推奨量
ビタミン C	mg	100	推奨量
ナトリウム	mg	600	推定平均必要量
食塩相当量	g	7.5 未満	目標量
カルシウム	mg	750	推奨量
マグネシウム	mg	309	推奨量
リン	mg	1,000	目安量
鉄	mg	7.5	推奨量

表36 個人ごとの一日当たりの活動量と被検者の特性

被検者 番号	障がい 者手帳 の等級	基礎疾患	年齢	身長 (cm)	体重 (kg)	BMI	腰椎 (L2-4) 骨密度	大腿骨 頸部 骨密度	Total hip 骨密度	装着時間 (分/日)	SB (分/日)	LPA (分/日)	MVPA (分/日)	基礎代 謝量 (kcal/日)	総消費エ ネルギー (kcal/日)	活動量 (kcal/日)	移動 方法
1	5(精神)	脳血管疾患	75	153.5	64.4	27.3	1.01			699.0	608.3	89.0	1.8	1217	1373	157	車イス
2	1	脳血管疾患	63	170.0	78.1	27.0	1.01			843.0	735.5	106.8	0.8	1511	1868	356	車イス
3	1	脳血管疾患	62	162.0	67.9	25.9	0.87	0.54	0.67	913.8	456.3	440.3	17.3	1379	2135	756	車イス
4	1	脳血管疾患	71	160.0	56.0	21.9	0.71	0.44	0.60	801.8	685.8	115.5	0.5	1169	1375	206	車イス
5	1	脳血管疾患	64	170.5	63.5	21.8	0.86	0.61	0.70	937.8	794.5	142.3	1.0	1363	1695	332	車イス
6	1	脳血管疾患	69	162.0	55.1	21.0	1.29	0.52	0.78	927.5	724.8	202.0	0.8	1236	1579	343	車イス
7	2	脳血管疾患	55	172.0	59.3	20.0	0.79	0.59	0.62	972.0	723.3	246.5	2.3	1368	1813	445	車イス
8	1	脳血管疾患	62	168.5	56.3	19.8	0.92	0.59	0.78	810.0	550.3	259.3	0.5	1276	1691	415	車イス
9	2	脳血管疾患	41	179.0	62.7	19.6	1.12	0.67	0.69	974.0	674.0	299.8	0.3	1450	1977	527	車イス
10	1	脳血管疾患	61	164.5	51.6	19.1	1.03	0.54	0.67	924.5	885.0	39.3	0.3	1230	1386	156	車イス
11	2	脳血管疾患	68	168.5	53.1	18.7	0.84	0.31	0.34	784.0	596.5	177.8	9.8	1219	1640	422	車イス
12	1	脳血管疾患	64	174.0	55.1	18.2	0.83	0.53	0.76	674.5	577.5	94.0	3.0	1319	1541	222	車イス
13	2	脳血管疾患	66	158.5	44.7	17.8	0.85	0.29	0.41	1050.3	781.0	265.0	4.3	1088	1541	454	車イス
14	3	脳血管疾患	61	161.5	44.4	17.0	0.69	0.75	0.79	834.0	655.8	177.5	0.8	1148	1442	294	車イス
15	2	脳血管疾患	59	166.0	40.5	14.7	1.01	0.54	0.70	840.5	670.5	168.0	2.0	1138	1488	350	車イス
16	1	脳性麻痺	41	147.5	62.0	28.5	0.84	0.56	0.53	891.0	725.5	153.8	11.8	1345	1738	393	車イス
17	2	脳性麻痺	63	150.5	40.0	17.7	0.75	0.39	0.52	1028.8	885.3	140.8	2.8	1074	1335	261	車イス
18	1	小脳変性症	73	163.5	68.2	25.5	1.00	0.61	0.70	687.8	551.8	132.5	3.5	1269	1483	214	車イス
19	2	小脳変性症	64	148.5	38.6	17.5	0.63	0.43	0.58	950.0	788.5	160.3	1.3	990	1369	379	車イス
20	3	不明	66	175.5	58.6	19.0	1.03	0.52	0.62	843.0	728.5	113.8	0.8	1349	1623	275	車イス
21	2	ペラグラ脳症	59	160.0	45.5	17.8	0.92	0.55	0.52	794.3	605.3	182.3	6.8	1169	1522	353	杖
		平均	62.2	163.6	55.5	20.8	0.91	0.53	0.63	865.8	685.9	176.5	3.4	1252.6	1600.6	348.0	
		標準偏差	8.3	8.5	10.2	3.8	0.15	0.11	0.12	103.2	107.4	86.2	4.3	127.3	209.3	133.7	

表 37 頭部を除く全身の骨密度に関わる要因(重回帰分析)

	非標準化係数		標準化	有意確率 <i>P</i>
	B	標準誤差	係数 <i>β</i>	
(定数)	0.32	0.08		< 0.01
腰椎(L2-4)の骨密度	0.31	0.08	0.59	< 0.01
Total hip の骨密度	0.28	0.10	0.42	0.01
調整済み $R^2 = 0.64$				

除外された要因：体重，BMI，大腿骨頸部の骨密度，脂肪組織の重量率，総エネルギー消費量，活動量

表38-1 肢体不自由者を対象とした献立 (一日目 朝)

料理名	食品名	重量 (g)	エネルギー (kcal)	水分 (g)	たんぱく質 (g)	脂質 (g)	炭水化物 (g)	ナトリウム (mg)	カルシウム (mg)	マグネシウム (mg)	リン (mg)	鉄 (mg)	ビタミンD (µg)	ビタミンK (µg)	ビタミンB1 (mg)	ビタミンB2 (mg)	ビタミンC (mg)	食塩相当量 (g)
ご飯	めし(精白米・水稲)	170	286	102.0	4.3	0.5	63.1	2	5	12	58	0.2	0.0	0	0.03	0.02	0	0.0
納豆	挽きわり納豆	40	78	24.4	6.6	4.0	4.2	1	24	35	100	1.0	0.0	372	0.06	0.14	0	0.0
みそ汁	木綿豆腐	15	11	13.0	1.0	0.6	0.2	9	13	20	17	0.1	0.0	2	0.01	0.00	0	0.0
(豆腐, わかめ)	油揚げ	5	21	2.0	1.2	1.7	0.0	0	16	8	18	0.2	0.0	3	0.00	0.00	0	0.0
	根深ねぎ・葉、軟白・生	3	1	2.7	0.0	0.0	0.2	0	1	0	1	0.0	0.0	0	0.00	0.00	0	0.0
	乾燥わかめ・素干し	0.5	1	0.1	0.1	0.0	0.2	33	4	6	2	0.0	0.0	3	0.00	0.00	0	0.1
	かつお・昆布だし	120	2	119.0	0.4	0.0	0.4	41	4	5	16	0.0	0.0	0	0.01	0.01	0	0.1
	減塩みそ	8	15	3.9	0.9	0.5	2.0	328	5	5	13	0.1	0.0	0	0.01	0.01	0	0.8
ほうれん草と茸の和え物	ほうれん草(通年)・葉・生	50	10	46.2	1.1	0.2	1.6	8	25	35	24	1.0	0.0	135	0.06	0.10	18	0.0
	ぶなしめじ・生	20	4	18.2	0.5	0.1	1.0	1	0	2	20	0.1	0.1	0	0.03	0.03	0	0.0
	減塩しょうゆ(こいくち)	3	2	2.2	0.2	0.0	0.3	99	1	2	5	0.1	0.0	0	0.00	0.01	0	0.2
	みりん・本みりん	2	5	0.9	0.0	0.0	0.9	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0.00	0.00	0	0.0
	清酒・普通酒	1	1	0.8	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0.00	0.00	0	0.0
	ごま・いり	1	6	0.0	0.2	0.5	0.2	0	12	4	6	0.1	0.0	0	0.00	0.00	0	0.0
果物	いちご・生	100	34	90.0	0.9	0.1	8.5	0	17	13	31	0.3	0.0	0	0.03	0.02	62	0.0
合計		538.5	475	425.4	17.4	8.3	82.7	521	125	146	308	3.2	0.1	516	0.25	0.35	80	1.5

表38-2 肢体不自由者を対象とした献立 (一日目 昼)

料理名	食品名	重量 (g)	エネルギー (kcal)	水分 (g)	たんぱく質 (g)	脂質 (g)	炭水化物 (g)	ナトリウム (mg)	カルシウム (mg)	マグネシウム (mg)	リン (mg)	鉄 (mg)	ビタミンD (µg)	ビタミンK (µg)	ビタミンB1 (mg)	ビタミンB2 (mg)	ビタミンC (mg)	食塩相当量 (g)
ジャムパン	食パン	70	182	27.2	6.3	2.9	32.6	329	16	13	48	0.4	0.0	0	0.05	0.03	0	0.8
いちご・ジャム(低糖度)		10	20	5.1	0.1	0.0	4.8	1	1	1	1	0.0	0.0	0	0.00	0.00	1	0.0
スクランブルエッグ	鶏卵・全卵・生	60	91	45.7	7.4	6.2	0.2	84	31	7	108	1.1	1.1	8	0.04	0.26	0	0.2
グ	こしよ・白、粉(トマトソース)	少々																
チャウダー	トマト・生	60	11	56.4	0.4	0.1	2.8	2	4	5	16	0.1	0.0	2	0.03	0.01	9	0.0
	パセリ・葉・生	1	0	0.8	0.0	0.0	0.1	0	3	0	1	0.1	0.0	9	0.00	0.00	1	0.0
	有塩バター	5	37	0.8	0.0	4.1	0.0	38	1	0	1	0.0	0.0	1	0.00	0.00	0	0.1
	こしよ・白、粉	少々																
	じゃがいも・生	40	30	31.9	0.6	0.0	7.0	0	1	8	16	0.2	0.0	0	0.04	0.01	14	0.0
	たまねぎ・りん茎・生	20	7	17.9	0.2	0.0	1.8	0	4	2	7	0.0	0.0	0	0.01	0.00	2	0.0
	あさり・生	15	5	13.5	0.9	0.0	0.1	131	10	15	13	0.6	0.0	0	0.00	0.02	0	0.3
	豚・ベーコン・ベーコン	5	20	2.3	0.6	2.0	0.0	40	0	1	12	0.0	0.0	0	0.02	0.01	2	0.1
	有塩バター	4	30	0.6	0.0	3.2	0.0	30	1	1	0.0	0.0	0.0	1	0.00	0.00	0	0.1
	普通牛乳	100	67	87.4	3.3	3.8	4.8	41	110	10	93	0.0	0.3	2	0.04	0.15	1	0.1
	アサリのゆで汁	80	0	80.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0.00	0.00	0	0.0
	クリーム、乳脂肪	8	35	4.0	0.2	3.6	0.2	2	5	0	4	0.0	0.0	1	0.00	0.01	0	0.0
	パセリ・葉・生	0.5	0	0.4	0.0	0.0	0.0	0	1	0	0	0.0	0.0	4	0.00	0.01	1	0.0
	食塩	0.5	0	0.0	0.0	0.0	0.0	195	0	0	0	0.0	0.0	0	0.00	0.00	0	0.5
	こしよ・白、粉	少々																
合計		479	536	374.0	20.1	26.0	54.5	893	188	63	319	2.5	1.5	28	0.23	0.51	30	2.3

1回の食事当り、お茶・白湯などの水分を180ml程度を提供する。

表38-3 肢体不自由者を対象とした献立（二日目 夜）

料理名	食品名	重量 (g)	エネルギー (k.c.a.l)	水分 (g)	たんぱく質 (g)	脂質 (g)	炭水化物 (g)	ナトリウム (mg)	カルシウム (mg)	マグネシウム (mg)	リン (mg)	鉄 (mg)	ビタミンD (μg)	ビタミンK (μg)	ビタミンB1 (mg)	ビタミンB2 (mg)	ビタミンC (mg)	食塩相当量 (g)
ひじきごめし(精白米・水稲)		170	286	102.0	4.3	0.5	63.1	2	5	12	58	0.2	0.0	0	0.03	0.02	0	0.0
飯	にんじん・根(皮つき)生	10	4	8.9	0.1	0.0	0.9	3	3	1	3	0.0	0.0	2	0.01	0.01	1	0.0
	ほしじき(紙蓋で蒸し煮後)ゆで	8	1	7.6	0.1	0.0	0.3	4	8	3	0	0.2	0.0	3	0.00	0.00	0	0.0
	しらす干し-微乾燥品	5	6	3.5	1.2	0.1	0.0	80	11	4	24	0.0	2.3	0	0.01	0.00	0	0.2
	かつおだし	150	3	149.1	0.6	0.0	0.0	32	3	5	27	0.0	0.0	0	0.00	0.02	0	0.2
	みりん・本みりん	3	7	1.4	0.0	0.0	1.3	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0.00	0.00	0	0.0
	減塩しょうゆ(こいくち)	10	7	7.4	0.8	0.0	0.9	330	3	7	17	0.2	0.0	0	0.01	0.02	0	0.8
	ごま-いり	1	6	0.0	0.2	0.5	0.2	0	12	4	6	0.1	0.0	0	0.00	0.00	0	0.0
鶏ささみのチーズ巻き	成鶏・ささ身-生	60	68	43.9	14.8	0.7	0.0	24	5	13	120	0.4	0.0	11	0.05	0.07	0	0.1
	プロセスチーズ	20	68	9.0	4.5	5.2	0.3	220	126	4	146	0.1	0.0	0	0.01	0.08	0	0.6
	しそ・葉-生	2	1	1.7	0.1	0.0	0.2	0	5	1	1	0.0	0.0	14	0.00	0.01	1	0.0
	なたね油	4	37	0.0	0.0	4.0	0.0	0	0	0	0	0.0	0.0	5	0.00	0.00	0	0.0
	清酒・普通酒	0.5	1	0.4	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0.00	0.00	0	0.0
	じゃがいもでん粉	0.5	2	0.1	0.0	0.0	0.4	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0.00	0.00	0	0.0
	薄力粉(1等)	0.5	2	0.1	0.0	0.0	0.4	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0.00	0.00	0	0.0
	レタス・サラダな・葉-生	20	3	19.0	0.2	0.0	0.5	1	11	3	10	0.5	0.0	22	0.01	0.03	3	0.0
小松菜のおひたし	こまつな・葉-生	70	10	65.9	1.1	0.1	1.7	11	119	8	32	2.0	0.0	147	0.06	0.09	27	0.0
	減塩しょうゆ(こいくち)	2	1	1.5	0.2	0.0	0.2	66	1	1	3	0.0	0.0	0	0.00	0.00	0	0.2
	かつお・削り節	0.2	1	0.0	0.2	0.0	0.0	1	0	0	1	0.0	0.0	0	0.00	0.00	0	0.0
切り干し大根の煮物	にんじん・根、皮つき-生	20	8	17.8	0.1	0.0	1.9	6	6	2	5	0.0	0.0	3	0.01	0.01	1	0.0
	大根・切り干し大根	10	30	0.8	1.0	0.1	7.0	21	50	16	22	0.3	0.0	0	0.04	0.02	3	0.1
	油揚げ	10	41	4.0	2.3	3.4	0.0	0	31	15	35	0.3	0.0	7	0.01	0.00	0	0.0
	かつお・昆布だし	100	2	99.2	0.3	0.0	0.3	34	3	4	13	0.0	0.0	0	0.01	0.01	0	0.1
	減塩しょうゆ(こいくち)	9	6	6.7	0.7	0.0	0.8	297	3	7	15	0.2	0.0	0	0.01	0.02	0	0.7
	車糖・上白糖	4	15	0.0	0.0	0.0	4.0	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0.00	0.00	0	0.0
	さやえんどう・若ざや-生	3	1	2.7	0.1	0.0	0.2	0	1	1	2	0.0	0.0	1	0.00	0.00	2	0.0
あんぱん豆腐	普通牛乳	70	47	61.2	2.3	2.7	3.4	29	77	7	65	0.0	0.2	1	0.03	0.11	1	0.1
	てんぐさ・角寒天	1.2	2	0.2	0.0	0.0	0.9	2	8	1	0	0.1	0.0	0	0.00	0.00	0	0.0
	水	80	0	80.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0.00	0.00	0	0.0
	車糖・上白糖(シロップ)	10	38	0.1	0.0	0.0	9.9	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0.00	0.00	0	0.0
	水	40	0	40.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0.00	0.00	0	0.0
	車糖・上白糖	20	77	0.1	0.0	0.0	19.9	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0.00	0.00	0	0.0
合計		913.9	779	734.4	35.0	17.5	118.5	1162	489	119	606	4.7	2.5	217	0.30	0.50	38	3.0

1回の食事当り、お茶・白湯などの水分を180ml程度を提供する。

表39-1 肢体不自由者を対象とした献立 (二日目 朝)

料理名	食品名	重量 (g)	エネルギー kcal	水分 g	たんぱく質 g	脂質 g	炭水化物 g	ナトリウム mg	カルシウム mg	マグネシウム mg	リン mg	鉄 mg	ビタミンD µg	ビタミンK µg	ビタミンB1 mg	ビタミンB2 mg	ビタミンC mg	食塩相当量 g
パン	食パン	70	182	272	6.3	2.9	32.6	329	16	13	48	0.4	0.0	0	0.05	0.03	0	0.8
コンソメ	キャベツ・生	20	5	18.5	0.3	0.0	1.0	1	9	3	5	0.1	0.0	16	0.01	0.01	8	0.0
スープ	にんじん・根(皮つき)・生	10	4	8.9	0.1	0.0	0.9	3	3	1	3	0.0	0.0	2	0.01	0.01	1	0.0
	さやえんどう・若ざや・生	10	4	8.9	0.3	0.0	0.8	0	4	2	6	0.1	0.0	5	0.02	0.01	6	0.0
	乾しいたげ・乾	1	2	0.1	0.2	0.0	0.6	0	0	1	3	0.0	0.1	0	0.01	0.01	0	0.0
	洋風だし	120	7	117.4	1.6	0.0	0.4	216	6	7	44	0.1	0.0	0	0.02	0.06	0	0.6
	普通牛乳	80	54	69.9	2.6	3.0	3.8	33	88	8	74	0.0	0.2	2	0.03	0.12	1	0.1
ポテトサラダ	じゃがいも・生	100	76	79.8	1.6	0.1	17.6	1	3	20	40	0.4	0.0	0	0.09	0.03	35	0.0
	じゃやうり・生	15	2	14.3	0.2	0.0	0.5	0	4	2	5	0.0	0.0	5	0.00	0.00	2	0.0
	豚・ハム・ブレス	10	12	7.3	1.5	0.5	0.4	93	1	1	26	0.1	0.0	0	0.06	0.02	4	0.2
	たまねぎ・りん茎・生	10	4	9.0	0.1	0.0	0.9	0	2	1	3	0.0	0.0	0	0.00	0.00	1	0.0
	セロリー・葉柄・生	10	2	9.5	0.0	0.0	0.4	3	4	1	4	0.0	0.0	1	0.00	0.00	1	0.0
	マヨネーズ・卵黄型	15	103	3.0	0.4	11.2	0.1	116	3	0	11	0.1	0.1	21	0.00	0.01	0	0.3
	こしやう・白・粉	少々																
	トト・生	25	5	23.5	0.2	0.0	1.2	1	2	2	7	0.1	0.0	1	0.01	0.01	4	0.0
	レタス・サラダな・葉・生	10	1	9.5	0.1	0.0	0.3	1	6	1	5	0.2	0.0	11	0.01	0.01	1	0.0
果物	キウイフルーツ(緑肉種)・生	100	53	84.7	1.0	0.1	13.5	2	33	13	32	0.3	0.0	0	0.01	0.02	69	0.0
合計		606.0	513.9	491.4	16.4	18.0	74.9	797.8	182.2	78.3	316.6	2.0	0.5	63.0	0.3	0.4	132.7	2.1

表39-2 肢体不自由者を対象とした献立 (二日目 朝)

料理名	食品名	重量 (g)	エネルギー kcal	水分 g	たんぱく質 g	脂質 g	炭水化物 g	ナトリウム mg	カルシウム mg	マグネシウム mg	リン mg	鉄 mg	ビタミンD µg	ビタミンK µg	ビタミンB1 mg	ビタミンB2 mg	ビタミンC mg	食塩相当量 g
天ぷら	うどん・ゆで	220	231	165.0	5.7	0.9	47.5	264	13	13	40	0.4	0.0	0	0.04	0.02	0	0.7
どん	ブラックタイガー・養殖・生	60	49	47.9	11.0	0.2	0.2	90	40	22	126	0.1	0.0	0	0.04	0.02	0	0.2
	薄力粉・1等	15	55	2.1	1.2	0.2	11.4	0	3	2	9	0.1	0.0	0	0.02	0.00	0	0.0
	鶏卵・全卵・生	15	23	11.4	1.8	1.5	0.0	21	8	2	27	0.3	0.3	2	0.01	0.06	0	0.1
	水	10	0	10.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0.00	0.00	0	0.0
	調合油	6	55	0.0	0.0	6.0	0.0	0	0	0	0	0.0	0.0	10	0.00	0.00	0	0.0
	葉ねぎ・葉・生	3	1	2.7	0.1	0.0	0.2	0	2	1	1	0.0	0.0	3	0.00	0.00	1	0.0
	かつお・昆布だし	150	3	148.8	0.5	0.0	0.5	51	5	6	20	0.0	0.0	0	0.02	0.02	0	0.2
	減塩しょうゆ(こいくち)	6	4	4.5	0.5	0.0	0.5	198	2	4	10	0.1	0.0	0	0.00	0.01	0	0.5
	みりん・本みりん	5	12	2.4	0.0	0.0	2.2	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0.00	0.00	0	0.0
里芋のそぼろ煮	さと・いも・生	80	46	67.3	1.2	0.1	10.5	0	8	15	44	0.4	0.0	0	0.06	0.02	5	0.0
	さやえんどう・若ざや・生	20	7	17.7	0.6	0.0	0.0	11	2	5	13	0.2	0.0	9	0.03	0.02	12	0.0
	若鶏・ひき肉・生	20	37	14.0	3.5	2.4	0.0	19	2	5	22	0.2	0.0	5	0.02	0.03	0	0.0
	かつおだし	90	2	89.5	0.4	0.0	0.0	99	1	2	5	0.0	0.0	0	0.00	0.01	0	0.1
	減塩しょうゆ(こいくち)	3	2	2.2	0.2	0.0	0.3	99	1	2	5	0.1	0.0	0	0.00	0.01	0	0.2
	車糖・上白糖	1	4	0.0	0.0	0.0	1.0	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0.00	0.00	0	0.0
モロヘイヤのおひたし	モロヘイヤ・茎葉・生	70	27	60.3	3.4	0.4	4.4	1	182	32	77	0.7	0.0	448	0.13	0.29	46	0.0
	かつお・昆布だし	6	0	6.0	0.0	0.0	0.0	2	0	0	1	0.0	0.0	0	0.00	0.00	0	0.0
たし	減塩しょうゆ(こいくち)	4	3	3.0	0.3	0.0	0.4	132	1	3	7	0.1	0.0	0	0.00	0.01	0	0.3
	かつお・かつお節	0.5	2	0.1	0.4	0.0	0.0	1	0	0	4	0.0	0.0	0	0.00	0.00	0	0.0
合計		784.5	563	654.8	30.9	11.7	80.5	889	276	115	421	2.7	0.3	478	0.37	0.53	63	2.3

1回の食事当り、お茶・白湯などの水分を180ml程度を提供する。

表39-3 肢体不自由者を対象とした献立（二日目 夜）

料理名	食品名	重量 (g)	エネルギー (kcal)	水分 (g)	たんぱく質 (g)	脂質 (g)	炭水化物 (g)	ナトリウム (mg)	カルシウム (mg)	マグネシウム (mg)	リン (mg)	鉄 (mg)	ビタミンD (μg)	ビタミンK (μg)	ビタミンB1 (mg)	ビタミンB2 (mg)	ビタミンC (mg)	食塩相当量 (g)
ご飯	めし(精白米・水稲)	170	286	102.0	4.3	0.5	63.1	2	5	12	58	0.2	0.0	0	0.03	0.02	0	0.0
じゃが芋	じゃがいも-生	30	23	23.9	0.5	0.0	5.3	0	1	6	12	0.1	0.0	0	0.03	0.01	11	0.0
のみそ汁	たまねぎ・りん茎-生	20	7	17.9	0.2	0.0	1.8	0	4	2	7	0.0	0.0	0	0.01	0.00	2	0.0
	油揚げ-生	5	21	2.0	1.2	1.7	0.0	0	16	8	18	0.2	0.0	3	0.00	0.00	0	0.0
	葉ねぎ・葉-生	3	1	2.7	0.1	0.0	0.2	0	2	1	1	0.0	0.0	3	0.00	0.00	1	0.0
	かつお・昆布だし	150	3	148.8	0.5	0.0	0.5	51	5	6	20	0.0	0.0	0	0.02	0.02	0	0.2
	減塩みそ	10	19	4.8	1.1	0.6	2.5	410	6	7	16	0.2	0.0	0	0.01	0.01	0	1.0
焼き魚	まいわし・丸干し	50	97	27.3	16.4	2.8	0.4	750	220	50	285	2.2	25.0	1	0.01	0.21	0	1.9
	だいこん・根・皮むき-生	40	14	36.2	0.2	0.1	3.2	12	25	9	8	0.1	0.0	0	0.01	0.00	3	0.0
	しそ・葉-生	1	0	0.9	0.0	0.0	0.1	0	2	1	1	0.0	0.0	7	0.00	0.00	0	0.0
かぼちゃ	かぼちゃ(日本)-生	80	39	69.4	1.3	0.1	8.7	1	16	12	34	0.4	0.0	21	0.06	0.05	13	0.0
の巾着餃	車糖・上白糖	3	12	0.0	0.0	0.0	3.0	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0.00	0.00	0	0.0
り	食塩	0.1	0	0.0	0.0	0.0	0.0	39	0	0	0	0.0	0.0	0	0.00	0.00	0	0.1
野菜サラ	きゅうり-生	20	3	19.1	0.2	0.0	0.6	0	5	3	7	0.1	0.0	7	0.01	0.01	3	0.0
ダ	キャベツ-生	40	9	37.1	0.5	0.1	2.1	2	17	6	11	0.1	0.0	31	0.02	0.01	16	0.0
	セロリー・葉柄-生	15	2	14.2	0.1	0.0	0.5	4	6	1	6	0.0	0.0	2	0.00	0.00	1	0.0
	たまねぎ・りん茎-生	10	4	9.0	0.1	0.0	0.9	0	2	1	3	0.0	0.0	0	0.00	0.00	1	0.0
	マヨネーズ・卵黄型	13	89	2.6	0.3	9.7	0.1	100	3	0	9	0.1	0.1	18	0.00	0.01	0	0.3
	にんじん・根(皮つき)-生	10	4	8.9	0.1	0.0	0.9	3	3	1	3	0.0	0.0	2	0.01	0.01	1	0.0
合計		670.1	632	526.8	26.9	15.6	93.7	1375	338	125	497	3.7	25.1	94	0.21	0.36	51	3.5

1回の食事当り、お茶・白湯などの水分を180ml程度を提供する。

表 40 障がい者支援施設の男性肢体不自由者に対する
食事摂取基準(参照値)と献立案の比較

エネルギー 及び栄養素等	単位	参照値(日)	一日当たりの 栄養素平均値*
エネルギー	kcal	1,600～1,800	1,749 ± 41
たんぱく質	g	68～80	73.4 ± 0.8
脂質	g	35.6～50.0	48.5 ± 3.2
炭水化物	g	220.0～292.5	252.4 ± 3.4
ビタミン A	μgRAE	900	962 ± 7
ビタミン D	μg	8.5	15.0 ± 10.9
ビタミン K	μg	150	698 ± 63
ビタミン B ₁	mg	1.30	0.84 ± 0.06
ビタミン B ₂	mg	1.50	1.30 ± 0.07
ビタミン C	mg	100	197 ± 49
ナトリウム	mg	600	2,819 ± 243
食塩相当量	g	7.5 未満	7.2 ± 0.7
カルシウム	mg	750	800 ± 3
マグネシウム	mg	370	323 ± 5
リン	mg	1,000	1,234 ± 1
鉄	mg	7.5	9.4 ± 1.0

*表 38, 39 の栄養素平均値

表 41 カルシウムの自己チェック表

	0点	0.5点	1点	2点	4点	点数
1 牛乳を毎日どのくらい飲みますか？	ほとんど食べない	月 1～2回	週 1～2回	週 3～4回	ほとんど毎日	
2 ヨーグルトをよく食べますか？	ほとんど食べない	週 1～2回	週 3～4回	ほとんど毎日	ほとんど毎日2個	
3 チーズなどの乳製品やスキムミルクをよく食べますか？	ほとんど食べない	週 1～2回	週 3～4回	ほとんど毎日	2種類以上毎日	
4 大豆、納豆など豆類をよく食べますか？	ほとんど食べない	週 1～2回	週 3～4回	ほとんど毎日	2種類以上毎日	
5 豆腐、がんも、厚揚げなどの大豆製品をよく食べますか？	ほとんど食べない	週 1～2回	週 3～4回	ほとんど毎日	2種類以上毎日	
6 ほうれんそう、小松菜、チンゲン菜などの青菜をよく食べますか？	ほとんど食べない	週 1～2回	週 3～4回	ほとんど毎日	2種類以上毎日	
7 海藻類をよく食べますか？	ほとんど食べない	週 1～2回	週 3～4回	ほとんど毎日		
8 シンヤモ、丸干しいわしなど骨ごと食べられる魚を食べますか？	ほとんど食べない	月 1～2回	週 1～2回	週 3～4回	ほとんど毎日	
9 しらす干し、干し海老など小魚を食べますか？	ほとんど食べない	週 1～2回	週 3～4回	ほとんど毎日	2種類以上毎日	
10 朝食、昼食、夕食と1日に3食を食べますか？		1日 1～2食		欠食が多い	きちんと3食	

合計点数	判定	コメント
20点以上	良い	1日に必要な800mg以上とれています。このままバランスのとれた食事を続けましょう。
16～19点	少し足りない	1日に必要な800mgに少し足りません。20点になるよう、もう少しカルシウムをとりましょう。
11～15点	足りない	1日に600mgしかとれていません。このままでは骨がもろくなってしまいます。あと5～10点増やして20点になるよう、毎日の食事を工夫しましょう。
8～10点	かなり足りない	必要な量の半分以下しかとれていません。カルシウムの多い食品を今の2倍とるようにしましょう。
0～7点	まったく足りない	カルシウムがほとんどとれていません。このままでは骨が折れやすくなってとても危険です。食事をきちんと見直しましょう。

骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン2015年版より引用

表 42 簡易ビタミンKチェック表

簡易ビタミンK摂取調査票

納豆(1パック-50g)	①ほとんど食べない	②週1～3回	③週4～5回	④1日1回以上
野菜(1回の食事あたり)	①ほとんど食べない	②少し食べる	③普通に食べる	④たっぷり食べる

野菜の「普通に食べる」はきざんだ野菜を片手に1杯くらい、あるいは小鉢1杯くらいが目安

簡易ビタミンK摂取調査の点数

納豆	①0点	②10点	③25点	④40点
野菜	①0点	②10点	③15点	④25点

合計点数が40点未満の場合には、ビタミンK摂取不足が予想される。血清のucOCの測定を行うことも勧められる。

骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン2015年版より引用

表 43 運動評価表

運動評価表

開始日 令和 年 月 日 ()

氏名： _____

記入例	運動内容		立つ、座るの反復運動					
	セット数/日		10回×5セット					
	曜日	水	木	金	土	日	月	火
	一週目	△	○	○	△	×	○	△
	二週目	○	○	○	×	△	△	○

○：指定のセット数をこなした

△：指定のセット数の半分をこなした

×：運動をしなかった

運動 1	運動内容							
	セット数/日							
	曜日							
	一週目							
	二週目							

運動 2	運動内容							
	セット数/日							
	曜日							
	一週目							
	二週目							

運動 3	運動内容							
	セット数/日							
	曜日							
	一週目							
	二週目							

運動 4	運動内容							
	セット数/日							
	曜日							
	一週目							
	二週目							

表 44 日光浴チェック表

今月は 月	日光浴チェック表	氏名： _____
------------	-----------------	-----------

日	どの時間帯ですか？ 当てはまる時間帯に 丸を付けてください	日光浴を何分 行いましたか？	日	どの時間帯ですか？ 当てはまる時間帯に 丸を付けてください	日光浴を何分 行いましたか？
1	朝 昼 夕	分	16	朝 昼 夕	分
2	朝 昼 夕	分	17	朝 昼 夕	分
3	朝 昼 夕	分	18	朝 昼 夕	分
4	朝 昼 夕	分	19	朝 昼 夕	分
5	朝 昼 夕	分	20	朝 昼 夕	分
6	朝 昼 夕	分	21	朝 昼 夕	分
7	朝 昼 夕	分	22	朝 昼 夕	分
8	朝 昼 夕	分	23	朝 昼 夕	分
9	朝 昼 夕	分	24	朝 昼 夕	分
10	朝 昼 夕	分	25	朝 昼 夕	分
11	朝 昼 夕	分	26	朝 昼 夕	分
12	朝 昼 夕	分	27	朝 昼 夕	分
13	朝 昼 夕	分	28	朝 昼 夕	分
14	朝 昼 夕	分	29	朝 昼 夕	分
15	朝 昼 夕	分	30	朝 昼 夕	分
			31	朝 昼 夕	分

昼間の日光浴時間の目安(朝夕は目安時間より多めに日光浴をしましょう)

3～5月 20～30分の日光浴をしましょう。
6～8月 給水をして、1日当たり15分を目安に日光浴をしましょう。 直射日光では無く、木陰で十分紫外線は浴びることが出来ます。
9～11月 20～30分の日光浴をしましょう。
12～2月 30分以上の日光浴をしましょう。 特に北側の地域に住んでいる場合は、長めの日光浴が大事です。

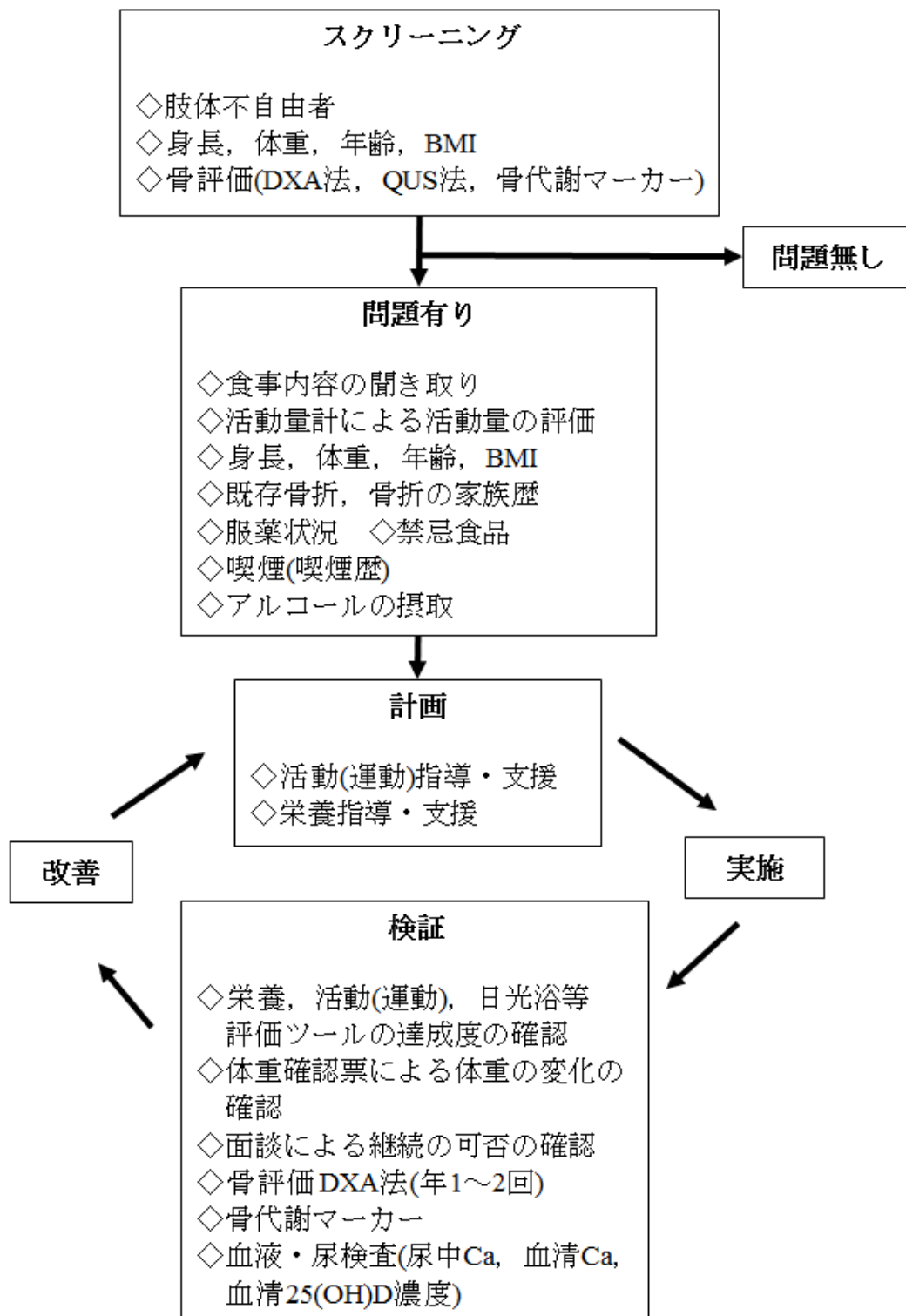


図 22 肢体不自由者の骨粗鬆症予防の PDCA サイクル

第四章 総括

本研究の目的は、肢体不自由の身体障がいを持つ男性の骨密度に関わる要因を検討することである。この検討のために障がい者支援施設に入所中であり平均年齢61.5 ± 8.9歳の肢体不自由者の男性33名を対象にDXA法を用いた体組成の測定を行った。

本研究の被検者は、腰椎(L2-4)では31名のうち5名(16.1%)、大腿骨頸部では28名のうち19名(67.9%)、Total hipでは28名のうち15名(53.6%)が骨粗鬆症と判定された。本研究の被検者の骨粗鬆症の罹患率は一般の日本人男性を対象とした大規模調査の先行研究と比較して、どの年齢階級と比較しても高い傾向であった¹⁷⁾。また、骨粗鬆症と骨減少のいずれかの判定を受けたものは腰椎(L2-4)で31名中11名(35.5%)、大腿骨頸部で28名中26名(92.9%)、Total hipで28名中21名(75.0%)であった。

肢体不自由者の年齢と骨密度

一般に骨密度に影響を与える因子として知られる年齢について検討をした^{41,42,44)}。骨密度は18歳頃に最大骨量となり、最大骨量の獲得以降に性別や部位の違いにもよるが加齢と共に減少することが知られている⁸⁾。本研究の被検者においても健常者と同じように加齢による骨密度の減少や年齢階級による骨密度の変化があるのかを検討した。しかし、本研究の被検者において年齢とDXA法によって測定された全身の各部位の骨密度は相関を認めなかった。更に64歳以下と65歳以上の二つの年齢層に分け、年齢層によって骨密度に差が出るのかを検定したが有意な差はない結果となった。これにより、本研究の被検者らは年齢以外の要因が骨密度の低下に強く関与していると考えた。

肢体不自由者の部位別骨密度

DXA法によって測定された腰椎(L2-4)、大腿骨頸部、Total hip

の骨密度が体の各部位の骨密度と相関するのかを検討した。本研究の被検者は、腰椎(L2-4)よりも大腿骨頸部とTotal hipにおいて骨粗鬆症及び骨減少の判定を受ける者が多かった。健常者を対象としたいくつかの先行研究では、腰椎(L2-4)や大腿骨頸部が各部位の骨密度と有意に相関することが報告されている^{43,45,46)}。このため、健常者において腰椎(L2-4)、大腿骨頸部、Total hipの骨密度は全身の骨密度の傾向を検討するために有用と思われるが、本研究の被検者である肢体不自由者では腰椎(L2-4)は大腿骨頸部とTotal hipとは有意に相関せず、それぞれ有意に相関する部位は異なる結果となった。このため、肢体不自由者の男性において、骨折の好発部位とされる腰椎と大腿骨はそれぞれ個別に測定する必要があることが示唆された。

体組成と骨密度

腰椎(L2-4)の骨密度は体幹領域の全重量と、大腿骨頸部とTotal hipの骨密度は両脚の全重量と有意に相関した。また、骨密度と筋肉組織重量率の相関を検討したところ、大腿骨頸部とTotal hipの骨密度は全身や頭部を除く全身、両腕の筋肉組織重量率と有意な負の相関を示した。また、有意であるか否かを問わず、腰椎(L2-4)、大腿骨頸部、Total hipの骨密度は全身の各部位の筋肉組織重量率との相関係数が負の値となった。組織の全重量は脂肪組織重量率(体脂肪率)と有意な正の相関を示し、筋肉組織重量率及び骨塩量重量率とは有意な負の相関を示していたことにより、本研究の被検者において筋肉組織重量率が高いことは筋肉組織重量が高いとは限らず、脂肪組織重量が少ないことが反映すると考えられた。そのため、骨密度は筋肉組織重量率が高いほど、すなわち脂肪組織重量率が低いほど低値を示すと考えられる。

活動強度と骨密度

活動量計を用いて1日当たりの平均の活動時間を算出し、SB、

LPA, MVPAの三つの運動強度に分類し, それぞれの強度ごとの活動時間を求めた. 被検者の平均活動時間はSBが685.9分, LPAが176.5分, MVPAは3.4分となり, 健常者において通常歩行程度の強度とされる3.0 METs以上の強度の運動は殆どしておらず, 日常の多くの時間を読書や食事, 談笑するといった, その場を動かずに手元を動かす程度の活動に費やしていたと考えられる. 本研究の被検者の骨密度が低い原因として, LPA及びMVPAといった強度の高い活動が少ないことが骨のリモデリングに影響を与え, 骨量が維持できないことが示唆された^{9, 56, 57, 69}).

DXA法とQUS法

本研究では肢体不自由者に対するQUS法による骨評価とDXA法による骨密度測定との関連についても検討した. 骨密度の評価はDXA法による測定がゴールドスタンダードとされるが, 簡易的なスクリーニングとしてQUS法は広く利用されている⁴⁷). 骨粗鬆症の診断基準として用いられるDXA法を用いた腰椎(L2-4)と大腿骨頸部, Total hipの三部位の骨密度から算出された若年成人比較%(以下%YAM)が, QUS法による踵骨の%YAMと関連するのかを検討したが, いずれも有意な相関を示さなかった. これは単純にDXA法とQUS法の測定原理の違いによるものとも解釈できる. しかし, 本研究の被検者である肢体不自由者は, 障がいの程度によって被検者ごとに身体の動かせる部位に違いがあり, 健常者とは物理刺激を受ける箇所が違うことが影響することが原因と考えることもできる. このため, 肢体不自由者に対するQUS法による骨評価はあくまで測定部位のみの判定とするにとどめるべきと考える.

肢体不自由者の骨粗鬆症予防対策の提案

骨密度と身体活動の関係の重回帰分析を行った結果, 標準化係数 β は腰椎(L2-4)の骨密度:0.59, Total hipの骨密度:0.42であった. 重回帰分析では独立変数として用いた一日当たりの総エネルギー

消費量や、活動量などの活動の強度や時間に関わる変数は除外された。被検者の運動強度及び活動時間が著しく低いことに起因すると推察した。

肢体不自由者の荷重刺激は、「姿勢，骨，筋肉(筋肉トレーニング)」の3つのアプローチ法が重要であり，立位姿勢をある一定時間維持すること，骨への刺激には足で床を蹴る・踏む等を行うこと，身体の可動可能な部分の筋肉を動かすことの3つを提案した。肢体不自由者の生活活動を検証するためには，立位・座位・臥位の状態を把握できる生活活動度計A-MES(株式会社 ソリッドブレインズ)の利用も有効方法の一つであった。さらに，肢体不自由者の活動向上の支援は理学療法士とともに個別に検討・支援する必要が求められた。

骨粗鬆症予防のためにカルシウムの給与量の増加は重要であるが，カルシウムだけを増加させても骨密度の上昇は望めない。エネルギー及びたんぱく質を確保したうえで，ビタミンD，ビタミンK，マグネシウムを充分給与する必要があるため，被検者の年齢層を考慮し，和食を中心とした二日分の提案献立した。エネルギー，たんぱく質，脂質，炭水化物は参照値の範囲内であり，骨代謝に關与するカルシウム，ビタミンD，ビタミンK，マグネシウムも十分な給与量であった。なお，ビタミンDは日照により皮膚で産生されるため，日照時間を考慮に入れることも忘れてはならない。提案した骨粗鬆症予防のための献立は，優れた献立であると思われた。

アセスメント方法は，①身体計測，②生理・生化学的検査，または臨床検査，③問診・観察，または臨床診査，④食事調査である。①～④を踏まえ骨粗鬆症予防のアセスメント評価の項目を検討した。また，脳血管疾患であるため服薬状況や，その他の疾患についても確認しておく必要があった。

食事，活動(運動)，アセスメント方法を具体的に実施するための肢体不自由者の骨粗鬆症予防のPDCAサイクルを提案した。

本研究より，男性肢体不自由者の骨粗鬆症判定では，DXA 法による腰椎(L2-4)と大腿骨頸部，または腰椎(L2-4)と Total hip の 2カ所の組合せによる骨密度測定が有用であることが示唆された。また，肢体不自由者の活動不足が確認できたことから，骨粗鬆症リスクの予防や改善には意識的な活動時間や活動強度を増加させることが重要と推察された。肢体不自由者は，寝たきり，車いすや歩行器の使用を含む座位中心の生活，障がいによる麻痺などにより，重量刺激(物理的刺激)は個人ごとに異なる。そこで肢体不自由者の骨粗鬆症予防のために，食事(たんぱく質，カルシウム，ビタミン D，ビタミン K，マグネシウム)指導，活動(運動)指導(物理刺激法)，骨代謝マーカーの測定等の観点から，肢体不自由者の骨粗鬆症予防の PDCA サイクルの提案を試みた。肢体不自由者の QOL 向上の一助となると考える。

参考文献

- 1) 骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン作成委員会. “第 I 章 骨粗鬆症の定義・疫学および成因”. 骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン2015年版. 骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン作成委員会編. (株)ライフサイエンス出版, 2015, 1-11.
- 2) Kumamoto, K.; Nakamura, T.; Suzuki, T.; Gorai, I.; Fujinawa, O.; Ohta, H.; Shiraki, M.; Yoh, K.; Fujiwara, S.; Endo, N.; Matsumoto, T. Validation of the Japanese Osteoporosis Quality of Life Questionnaire. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*. 2010, Vol.28, 1-7.
- 3) 松本浩実, 中祖直之, 松浦晃宏, 秋田朋子, 荻野浩. ロコモティブシンドロームの重症度と転倒頻度, 低骨密度およびサルコペニアの関連性について. *理学療法*. 2016, Vol.43, 38-46.
- 4) Nakamura, K. Locomotive syndrome: disability-free life expectancy and locomotive organ health in a “super-aged” society. *Journal of Orthopaedic Science*. 2009, Vol.14, 1-2.
- 5) Watanabe, Y.; Ohshima, H.; Mizuno, K.; Sekiguchi, C.; Fukunaga, M.; Kohri, K.; Rittweger, J.; Felsenberg, D.; Matsumoto, T.; Nakamura, T. Intravenous pamidronate prevents femoral bone loss and renal stone formation during 90-day bed rest. *Journal of Bone and Mineral Research*. 2005, Vol.37, 103-111.
- 6) Endo, N. Osteoporosis as a Cause of Locomotive Syndrome: The Influence on Functional Mobility and Activities of Daily Living. *Clinical Reviews in Bone and Mineral Metabolism*. 2016, Vol.14, 74-76.
- 7) 内閣府. “平成30年版高齢社会白書（全体版）”. 2018.
<https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2018/html/zenbun/index.html> (入手日2019.10.15.)

- 8) Orito, S.; Kuroda, T.; Onoe, Y.; Sato, Y.; Ohta, H.
Age-related distribution of bone and skeletal parameters in 1,322 Japanese young women. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*. 2009, Vol.27, 698-704.
- 9) 山口(渡辺)彩子, 綾部誠也, 千葉仁志, 小林範子, 佐久間一郎, 石井好二郎. 若年女性における二重X線吸収法を用いて評価した骨密度と幼児期から青年期までの運動習慣. *体力科学*. 2014, Vol.63, 305-312.
- 10) Sheridan, KJ. Osteoporosis in adults with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 2009, Vol.51, 38-51.
- 11) National Institutes of Health. Osteoporosis Prevention, Diagnosis, and Therapy. NIH Consensus Statement Online 2000 March 27-29; 17(1): 1-36.
<https://consensus.nih.gov/2000/2000osteoporosis111html.htm> (入手日2019.6.1)
- 12) WHO Study Group. Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis. *World Health Organ Technical Report Series*. 1994, 843, 1-129.
- 13) 日本骨代謝学会, 日本骨粗鬆症学会合同原発性骨粗鬆症診断基準改定検討委員会. 原発性骨粗鬆症の診断基準(2012年度改訂版). *Osteoporosis Japan*. 2013, Vol.21, 9-21.
- 14) 野田知之, 尾崎敏文. 大腿骨頸部・転子部骨折のガイドライン. *岡山医学会雑誌*. 2010, Vol.122, 253-257.
- 15) 屋良貴宏, 石田洋一郎, 花岡篤哉, 今村竜治, 田口敏彦. 90歳以上の骨粗鬆症患者の大腿骨近位部骨折の生命予後と機能予後の検討. *整形外科と災害外科*. 2007, Vol.56, 193-196.
- 16) 福永仁夫. 骨密度測定と骨粗鬆症の臨床研究. *川崎医会誌*. 2010, Vol.36, 1-9.

- 17) Yoshimura, N.; Muraki, S.; Oka, H.; Mabuchi, A.; En-Yo, Y.; Yoshida, M.; Saika, A.; Yoshida, H.; Suzuki, T.; Yamamoto, S.; Ishibashi, H.; Kawaguchi, H.; Nakamura, K.; Akune, T. Prevalence of knee osteoarthritis, lumbar spondylosis, and osteoporosis in Japanese men and women: the research on osteoarthritis/osteoporosis against disability study. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*. 2009, Vol.27, 620-628.
- 18) Yoshimura, N.; Muraki, S.; Oka, H.; Kawaguchi, H.; Nakamura, K.; Akune, T. Cohort Profile: Research on Osteoarthritis/Osteoporosis Against Disability study. *International Journal of Epidemiology*. 2010, Vol.39, 988-995.
- 19) 山田志津香, 林善彦. 骨芽細胞分化と骨形成に関する転写因子とシグナル伝達機構. 生体医工学. 2006, Vol.44, 490-495.
- 20) Andrew, T.; Antoniadou, L.; Scurrah, KJ.; Macgregor, AJ.; Spector, TD. Risk of wrist fracture in women is heritable and is influenced by genes that are largely independent of those influencing BMD. *Journal of Bone and Mineral Research*. 2005, Vol.20, 609-616.
- 21) Nguyen, TV.; Eisman, JA. Genetics of Fracture: Challenges and Opportunities. *Journal of Bone and Mineral Research*. 2000, Vol.15, 1253-1256.
- 22) 竹内豊, 大南博和, 中橋乙起, 池田翔子. ビタミンD 結合タンパク質の遺伝子多型と疾患. ビタミン. 2013, Vol.87, 506-513.
- 23) 川口浩. 骨粗鬆症の基礎と最近の話題. 脊椎外科. 2015, Vol.29, 259-266.

- 24) 蔵田耕作, 日垣秀彦, 三浦裕正, 村上輝夫, 岩本幸英. 機械的
刺激によるリモデリング過程における骨組織の機械的物性の
変化. 日本機械学会論文集. 2000, Vol.66, 184-190.
- 25) 塚原典子. 骨と栄養・食生活—骨に対する運動スポーツ効果を
保証するために—. 日本運動生理学雑誌. 2012, Vol.19, 47-52.
- 26) Matsumoto, H.; Tanaka, S. Validity of the Stages of Exercise
Behavior Change Based on Body Composition by Using DXA
in Female Japanese University Students. *International
Journal of Sport and Health Science*. 2013, Vol.11, 29-32.
- 27) 真田樹義, 宮地元彦, 山元健太, 村上晴香, 谷本道哉, 大森由
美, 河野寛, 丸藤祐子, 埜智史, 家光素行, 田畑泉, 樋口満,
奥村重年. 日本人成人男女を対象としたサルコペニア簡易評
価法の開発. 体力科学. 2010, Vol.59, 291-302.
- 28) 山下和彦, 中島香奈子, 安在絵美, 楠田佳緒, 佐藤満, 岩上優
実, 川澄正史, 太田裕治, 井野秀一, 伊福部達. 骨粗鬆症検診
における骨密度と下肢筋力を用いた転倒リスクの基礎的評価.
生体医工学. 2013, Vol.51, 1-8.
- 29) 友光達志. QUS使用の実際. *Osteoporosis Japan*. 2005, Vol.13,
27-30.
- 30) 厚生労働省社会・援護局障害保健福祉部. “平成28年生活のし
づらさなどに関する調査”. 2018.
[https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/dl/seikatsu_chousa_c_h
28.pdf](https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/dl/seikatsu_chousa_c_h28.pdf) (入手日2019.4.3.)
- 31) 厚生労働省社会・援護局障害保健福祉部企画課. “平成18年身
体障害児・者実態調査結果”. 2008.
[https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/shintai/06/dl/01.
pdf](https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/shintai/06/dl/01.pdf) (入手日2019.4.3.)

- 32) 植松潤治, 石塚千恵, 柳恵子, 富田豊, 高谷清, 島田司巳. 重症心身障害児(者)の全身骨骨塩量・下肢骨骨塩量の評価-dual energy X-ray absorptiometry(DEXA)による測定-. 脳と発達. 1995, Vol.27, 203-209.
- 33) Henderson, RC.; Berglund, LM.; May, R.; Zemel, BS.; Grossberg, RI.; Johnson, J.; Plotkin, H.; Stevenson, RD.; Szalay, E.; Wong, B.; Kecskemethy, HH.; Harcke, HT. The relationship between fractures and DXA measures of BMD in the distal femur of children and adolescents with cerebral palsy or muscular dystrophy. *Journal of Bone and Mineral Research*. 2010, Vol.25, 520-526.
- 34) Sahin, L.; Ozoran, K.; Gündüz, OH.; Uçan, H.; Yücel, M. Bone Mineral Density in Patients with Stroke. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2001, Vol.80, 592-596.
- 35) Yoon, Y, K.; Kim, A, R.; Kim, O, Y.; Lee, K.; Suh, Y, J.; Cho, S. Factors Affecting Bone Mineral Density in Adults with Cerebral Palsy. *Annals of Rehabilitation Medicine*. 2012, Vol.36, 770-775.
- 36) 白垣潤, 岩崎信明, 中山純子, 藤田和弘, 大戸達之, 松井陽. 脳性麻痺における身体部位別骨密度と運動機能障害. 脳と発達. 2001, Vol.33, 37-43.
- 37) Schnitzer, T, J.; Harvey, R, L.; Nack, S, H.; Supanwanid, P.; Maskala-Streff, L.; Roth, E. Bone Mineral Density in Patients with Stroke: Relationship with Motor Impairment and Functional Mobility. *Topics in Stroke Rehabilitation*. 2012, Vol.19, 436-443.

- 38) 相原宏州, 伊木雅之. 青少年を対象とした、骨量を最大化するための、6年間の縦断研究の貫徹. 健康医科学. 2003, Vol.3, 1-9.
- 39) 魏長年, 米満弘之, 芝山秀太郎, 上田厚. Dual-energy X-ray Absorptiometry法における日本人骨塩量及び骨密度の部位別、年齢別、性別分布の特徴. 日衛誌. 1997, Vol.51, 742-748.
- 40) Iki, M.; Tamaki, J.; Kadowaki, E.; Sato, Y.; Dongmei, N.; Winzenrieth, R.; Kagamimori, S.; Kagawa, Y.; Yoneshima, H. Trabecular Bone Score (TBS) Predicts Vertebral Fractures in Japanese Women Over 10 Years Independently of Bone Density and Prevalent Vertebral Deformity: The Japanese Population-Based Osteoporosis (JPOS) Cohort Study. *Journal of Bone and Mineral Research*. 2014, Vol.29, 399-407.
- 41) 境田雅章, 藤井勝紀, 穂丸武臣, 花井忠征, 酒井俊郎. 幼児の身体組成および骨密度(SOS値)の加齢変化と身体組成間の関係. 発育発達研究. 2007, Vol.35, 1-9.
- 42) 小坂谷典子, 塚原典子, 江澤郁子. 閉経期日本人女性における腰椎骨密度の5年間の減少に対する関連因子. 日本栄養・食糧学会誌. 1999, Vol.52, 307-313.
- 43) 吉川邦彦. 日本人成人男性における骨密度の加齢変化: 骨代謝マーカーとの関連. 川崎医学会誌. 2007, Vol33, 35-42.
- 44) Raffat, SK.; Shaikh, AB.; Sarim, M.; Syed, AR. Bone mineral density comparison of total body, lumbar and thoracic: an exploratory study. *Journal of the Pakistan Medical Association*. 2015, Vol.65, 388-391.

- 45) Abrahamsen, B.; Stilgren, LS.; Hermann, AP.; Tofteng, CL.; Bärenholdt, O.; Vestergaard, P.; Brot, C.; Nielsen, SP. Discordance between changes in bone mineral density measured at different skeletal sites in perimenopausal women--implications for assessment of bone loss and response to therapy: The Danish Osteoporosis Prevention Study. *Journal of Bone and mineral Research*. 2001, Vol.16, 1212-1219.
- 46) 高田信二郎, 井形高明, 吉田成仁, 柏口新二, 藤井幸治, 稲次正敬, 岩佐悟. 四肢・骨盤平均骨密度と腰椎平均骨密度との間の相関-DXAの応用-. *リハビリテーション医学*. 1997, Vol.34, 52-54.
- 47) Chin, KY.; Ima-Nirwana, S. Calcaneal Quantitative Ultrasound as a Determinant of Bone Health Status: What Properties of Bone Does It Reflect? *International Journal of Medical Sciences*. 2013, Vol.10, 1778-1783.
- 48) 今本喜久子, 西藤成雄, 山村恭代, 山本逸雄. 剖検体摘出踵骨の骨密度 - DXA法, QCT法及びUSD法による測定値の相関 -. *日本老年医学会雑誌*. 1996, Vol.33, 597-602.
- 49) Tromp, AM.; Smit, JH.; Deeg, DJ.; Lips, P. Quantitative ultrasound measurements of the tibia and calcaneus in comparison with DXA measurements at various skeletal sites. *Osteoporosis International*. 1999, Vol.9, 230-235.
- 50) Trimpou, P.; Bosaeus, I.; Bengtsson, BA.; Landin-Wilhelmsen, K. High correlation between quantitative ultrasound and DXA during 7 years of follow-up. *European Journal of Radiology*. 2010, Vol.73, 360-364.

- 51) 安藤徹, 田島直也, 帖佐悦男, 柏木輝行, 園田典生, 後藤啓輔.
超音波骨量測定法 (QUS) の有用性の検討: 二重エネルギーX
線吸収測定法 (DXA) との比較. 整形外科と災害外科. 1997,
Vol.46, 310-312.
- 52) Sioen, I.; Goemare, S.; Ahrens, W.; De, Henauw, S.; De,
Vriendt, T.; Kaufman, JM.; Ottevaere, C.; Roggen, I.;
Swolin-Eide, D.; Tubić, B.; Vyncke, K.; Mårild, S. The
relationship between paediatric calcaneal quantitative
ultrasound measurements and dual energy X-ray
absorptiometry (DXA) and DXA with laser (DXL) as well as
body composition. *International Journal of Obesity*. 2011,
Vol.35, 125-130.
- 53) 厚生労働省. “身体障害者手帳の概要”.
[https://www.mhlw.go.jp/bunya/shougaihoken/
shougaihashatechou/dl/gaiyou.pdf](https://www.mhlw.go.jp/bunya/shougaihoken/shougaihashatechou/dl/gaiyou.pdf) (入手日2019.4.3.)
- 54) 吉村典子, 笠松隆洋, 森岡聖次, 橋本勉. 和歌山県下一漁村住
民の骨密度調査(第2報)骨密度に影響を与える要因の分析. 日
衛誌. 1996, Vol.51, 677-684.
- 55) 吉川雅則, 米田尚弘, 夫彰啓, 山本智生, 竹中英昭, 仲谷宗裕,
小林厚, 徳山猛, 岡本行功, 成田亘啓. DXAによる肺気腫患者
の体成分分析および肺機能との関連性の検討. 日胸疾会誌.
1996, Vol.34, 953-958.
- 56) Ishikawa, S.; Kim, Y.; Kang, M.; Morgan, D, W. Effects of
Weight-Bearing Exercise on Bone Health in Girls: A
Meta-Analysis. *Sports Medicine*. 2013, Vol.43, 875-892.
- 57) 松原建史, 酒井由美子, 柳川真美, 肘井千賀, 沼田信, 江上薫,
山口靖子, 峰祐子, 前田龍, 田中宏暁, 進藤宗洋, 小池城司.
ベンチステップ運動でのトレーニングが閉経女性の骨密度、骨
塩量と骨代謝に及ぼす影響. 体力化学, 2013, Vol.62, 95-103.

- 58) Pang, MY.; Eng, JJ. Muscle strength is a determinant of bone mineral content in the hemiparetic upper extremity: Implications for stroke rehabilitation. *Bone*. 2005, Vol.37, 103-111.
- 59) Blain, H.; Vuillemin, A.; Teissier, A.; Hanesse, B.; Guillemin, F.; Jeandel, C. Influence of muscle strength and body weight and composition on regional bone mineral density in healthy women aged 60 years and over. *Gerontology*. 2001, Vol.47, 207-212.
- 60) 熊谷秋三, 田中茂穂, 岸本裕歩, 内藤義彦. 三軸加速度センサー内臓活動量計をもちいた身体活動量, 座位行動の調査と身体活動疫学研究への応用. *運動疫学研究*. 2015, Vol.17, 90-103.
- 61) 柳川真美, 樋口慶亮, 松原建史, 沼田信, 種田潔, 酒井由美子, 小池城司, 進藤宗洋. アロメトリー式を用いた一般成人有経女性の身体部位別の骨塩量の評価基準値と有用性の検証. *体力科学*. 2014, Vol.63, 259-267.
- 62) 土岐岳子, 三宅健夫, 横山英世, 金子美佐子, 小峰靖代, 原野悟, 萩原淳, 長澤誠一郎, 笹木淳司, 中山清, 野崎貞彦, 大坪修. 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*. 1999, Vol.65, 273-281.
- 63) 日本骨代謝学会骨粗鬆症診断基準検討委員会. 原発性骨粗鬆症の診断基準(2000年度改訂版). *日本骨代謝学会雑誌*. 2001, Vol.18, 76-82.
- 64) 厚生労働省. “「健康づくりのための身体活動基準2013」及び「健康づくりのための身体活動指針(アクティブガイド)」について”. 2013.
<https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xple-att/2r9852000002xpqt.pdf> (入手日2019.4.3.)

- 65) 長野真弓, 森山善彦, 畑山知子, 野藤悠, 西内久人, 熊谷秋三. 地域在住高齢者における縦断的調査への不参加および途中脱落に関連する心身機能と背景因子の探索. *体力科学*. 2016, Vol.65, 315-326.
- 66) Kato, T.; Terashima, T.; Yamashita, T.; Hatanaka, Y.; Honda, A.; Umemura, Y. Effect of low-repetition jump training on bone mineral density in young women. *Journal of Applied Physiology*. 2006, Vol.100, 839-843.
- 67) 鈴木政登, 清水桃子, 河辺典子, 高尾匡, 町田勝彦, 川上憲司. 健康女性の最大酸素摂取量、血清脂質、体組成、骨密度の加齢変化及び習慣的運動の影響. *体力科学*. 1996, Vol.45, 329-344.
- 68) 増田利隆, 松枝秀二, 喜多河佐知子, 長尾光城, 長尾憲樹. 車椅子バスケットボール選手のDEXA法による体組成と基礎代謝量. *川崎医療福祉学会誌*. 2007, Vol.17, 121-127.
- 69) 福島垂穂. 重症心身障害者の骨密度に影響する諸因子について. *近畿大医誌*. 1997, Vol.22, 175-182.
- 70) Han, D.; Lee, B. Bone Mineral Density Variation in Children with Cerebral Palsy Based on the Differences in Weight Bearing. *Journal of Physical Therapy Science*. 2012, Vol.24, 877-880.
- 71) Lazoura, O.; Papadaki, P, J.; Antoniadou, E.; Groumas, N.; Papadimitriou, A.; Thriskos, P.; Fezoulidis, I, V.; Vlychou, M. Skeletal and Body Composition Changes in Hemiplegic Patients. *Journal of Clinical Densitometry*. 2010, Vol.13, 175-180.
- 72) 浅井英典, 鳥居順子, 大柿哲朗, 田中伸司, 飯尾篤, 潮田珠身, 一色昌栄. 長期間の運動および栄養学的介入指導が中高齢女性の骨密度および体力に及ぼす影響について. *日本生理人類学会誌*. 2001, Vol.6, 179-186.

- 73) 本田佳子,土江節子 ,曾根博仁 . “栄養ケアプロセス” . 栄養科学イラストレイテッド 臨床栄養学 基礎編 改訂第2版.羊土社,2016 , 50

謝辞

本研究は高崎健康福祉大学大学院健康福祉学研究科の田中進教授のご指導のもとで遂行されました。終始ご指導を賜りましたことを心よりお礼申し上げます。

本研究を進めるにあたり、ご指導、ご鞭撻を賜りました山形県立米沢栄養大学大学院健康栄養科学研究科の大和田浩子教授に深く感謝申し上げます。

本研究の被検者のデータの収集についてご指導を賜りました山形県立米沢栄養大学健康栄養学部の金谷由希講師に感謝の意を表します。

博士論文の主査を務めていただき、熱心にご指導を賜りました高崎健康福祉大学大学院健康福祉学研究科の村松芳多子教授に深謝の意を表します。

博士論文の副査を務めていただき、多くの適切な助言を賜りました高崎健康福祉大学大学院健康福祉学研究科の綾部園子教授、岡村信一教授に心より感謝いたします。

本研究の被検者のDXA測定をしていただきました竹メディカルサービスの竹ヶ原泰彦様にお礼申し上げます。

最後に、心身ともに支えてくれた家族に感謝いたします。