

保育・福祉勤労者における体力指標と骨密度との関連 —前腕骨骨密度を中心として—

Relation between the physical strength index and bone mineral density in childcare and welfare workers

飯田 忠行*
間瀬 純治*
小野 雄一郎*

太田 充彦*
蛭田 秀一**

井上 顕*
島岡 みどり**

Tadayuki IIDA*
Junji MASE*
Yuichiro ONO*

Atsuhiko OTA*
Shuichi HIRUTA*

Ken INOUE*
Midori SHIMAOKA**

Along with rapid population aging, the mean lifespan of females has been steadily extended, leading to a number of serious problems, such the increasing incidence of femoral neck fractures due to osteoporosis in the bedridden elderly. It has been reported that walking 10,000 steps a day and high-intensity exercise prevent a decrease in the bone mineral density (BMD) as effective countermeasures against osteoporosis; however, up to the present, there have been few studies examining the relationship between the BMD of each region and types of exercise. Considering such a situation, this study aimed to clarify the relationship between the forearm BMD and physical strength indicators in healthy male and female workers engaged in childcare and welfare services.

Fifty-seven males and 268 females aged 21 to 63, living in Aichi Prefecture, were studied. A physical strength test was conducted to measure the following items: left and right grip strength; forward bending in a standing position; vertical jump; maximum oxygen uptake; and sit-ups. The left forearm BMD (g/cm^2) was measured using X-ray equipment. The correlation between the left forearm BMD, physical characteristics, and physical strength test results was examined by calculating Pearson's correlation coefficient and performing partial correlation analysis adjusting for the age and/or body weight.

The BMD was shown to be correlated with the age in those aged 40 and over; the BMD tended to decrease with the age. A significant correlation was observed between the BMD and body weight in males, and between the BMD and height and body weight in females under the age of 40. The BMD was significantly correlated with both the height and body weight in females aged 40 and over.

Among the physical strength items, the BMD was shown to be significantly correlated with the vertical jump height in males, and the left and right grip strength in females under the age of 40. In females aged 40 and over, the BMD was not significantly correlated with any item.

Key words: Bone mineral density, physical strength, workers, males, females

I. 緒言

日本の高齢化は類のない速さで進行しており、65歳以

上の高齢者が人口の占める割合は、現在で20.1%、2020年には28.85%に達すると予想されている (the Statistics Bureau and the Director-General for Policy Planning)。その

* 藤田保健衛生大学医学部公衆衛生学教室
** 名古屋大学総合保健体育科学センター
* Department of Public Health, Fujita Health University School of Medicine
** Research Center of Health, Physical Fitness, and Sports, Nagoya University

ような中、骨粗鬆症が原因とされる骨折のために寝たきりの生活を強いられる高齢者が急増してきたことから、生活習慣と骨密度の関連に関するさまざまな研究が注目され報告されてきた⁽¹⁻⁵⁾。

生活習慣の管理の中で、栄養摂取にも増して重要なのが、運動の励行といわれている。Wolffら⁽⁶⁾は、メタアナリシスを行い、運動は少なくとも椎体および大腿骨頸部の骨密度減少を防止すると結論づけている。さらに、Wallaceら⁽⁷⁾は、運動群では非運動群に比べて、腰椎および大腿骨頸部の骨密度が維持、あるいは増加したと報告している。また、最近の報告⁽⁸⁾では、運動強度が中等度のレジスタンス・エクササイズを行うと、少なくとも8時間後には血中NTXなどの骨吸収マーカーが低下したとしている。これらより、運動の励行は骨吸収に直接関与し、骨密度減少に予防効果があるといった見解は一致している。しかしながら、筋力と骨密度との関係を検討した研究は少ない。Shinakiら⁽⁹⁾は背筋力と腰椎骨密度との間に正の相関を示したとし、Söötら⁽¹⁰⁾は下肢の筋力と骨密度との関連を示唆している。このように、横断的研究では漠然と骨の周囲筋である筋肉の収縮と荷重による刺激の影響が骨密度を高めるとしている。しかしながら、女性における研究が多く、男女の勤労者に対して同時に検討を行った研究はほとんどない。この理由は、筋力と骨密度減少との関係を明らかにするためには縦断的なフィールド調査が不可欠であるが、これまでフィールド調査では筋力測定および体力調査が行われていなかったことが考えられる。

そこで、我々は保育・福祉勤労者の一般健常男女を対象に体力指標と前腕骨骨密度との関連の解明を目指した。

II. 研究方法

SUBJECTS:

愛知県在住の21~63歳の男女を対象に、2011年9月に体力調査および骨密度測定を実施した。参加希望者を募り研究内容および方法などに関する十分な説明を事前に行い、文書により同意を得た。男性57名、女性268名が参加した。調査当日において腰痛および高血圧が確認された者を除外し、体力調査、骨密度測定のすべてを行った男性52名、女性247名を解析対象とした。本研究はヘルシンキ宣言に従い、藤田保健衛生大学倫理審査委員会の承諾のもとに行われた(研究承認番号: 11-127号)。

MEASUREMENT:

身体的特徴、体力調査、骨密度の測定を行った。身体的特徴は身長と体重を測定した。体力調査は、握力右、

握力左、立位体前屈、垂直跳、最大酸素摂取量、上体おこしを行った。握力は、握力計(TOEI LIGHT CO., LTD: 握力計 ST100)を用い、左右交互に2回ずつ測定し、左右それぞれの高い値とした。立位体前屈は、2回測定を行い、距離の長いほうを測定値とした。垂直跳は、デジタル垂直跳び測定器(竹井機器工業: ジャンプメーター MD)を用い、2回測定を行い、距離の長いほうを測定値とした。最大酸素摂取量は自転車エルゴメーター(コンビ: EZ201)を用いて測定した。上体起こしは、30秒間の回数を計測し、1回のみとした。骨密度はX線骨密度測定装置(日立アロカメディカル株式会社: DCS 600EX-I)を用い、左前腕におけるBone Mineral Density (g/cm^2) (BMD)を測定した。本装置における調査期間中のキャリブレーションは、日立アロカメディカル株式会社が定める正常範囲であった。

DATA ANALYSIS:

解析対象者の身体的特徴、体力調査結果、骨密度測定値において、それぞれの平均値、標準偏差、最小値、最大値を求めた。年齢と前腕骨骨密度との関係をグラフに表した。本グラフと先行研究⁽¹¹⁾による骨密度減少の年齢区分を検討し、女性においては40歳未満と40歳以上の2群に分けた。したがって、男性、女性40歳未満、女性40歳以上の3群に分け、各群で検討を行った。そして、骨密度に影響を及ぼす年齢と体重の調整を検討した⁽¹²⁻¹⁴⁾。前腕骨骨密度と年齢との関連を明らかにするため、Pearson相関係数を求めた。年齢と関連のあった女性の40歳以上の群では、年齢を調整した前腕骨骨密度と身長・体重との偏相関分析を行い、その他の群では前腕骨骨密度と身長・体重との相関分析を行った。また、前腕骨骨密度と体力調査との関係は、年齢および体重で関連が認められた女性の40歳以上の群では年齢と体重を調整した偏相関分析を、体重の関連が認められた男性および女性の40歳未満の群では体重を調整した偏相関分析を行った。検定は危険率5%以下を統計学的に有意とした。統計処理には、SPSS16.0J (SPSS Japan Inc., 東京)を使用した。

III. 結果

表1に対象者の身体的特徴、体力調査結果、骨密度測定値を示す。平均値において、年齢と体前屈で女性の方が高値であった。その他の身長、体重、体力調査結果、骨密度測定値の各項目では、男性の方が高値であった。

図1に年齢と骨密度測定値との関係を示す。また、表2に年齢と骨密度との相関係数を示す。男性においては、年齢と骨密度との間には関連が認められず、年齢が上昇しても骨密度はほぼ横ばい傾向であった。女性の

保育・福祉勤労者における体力指標と骨密度との関連

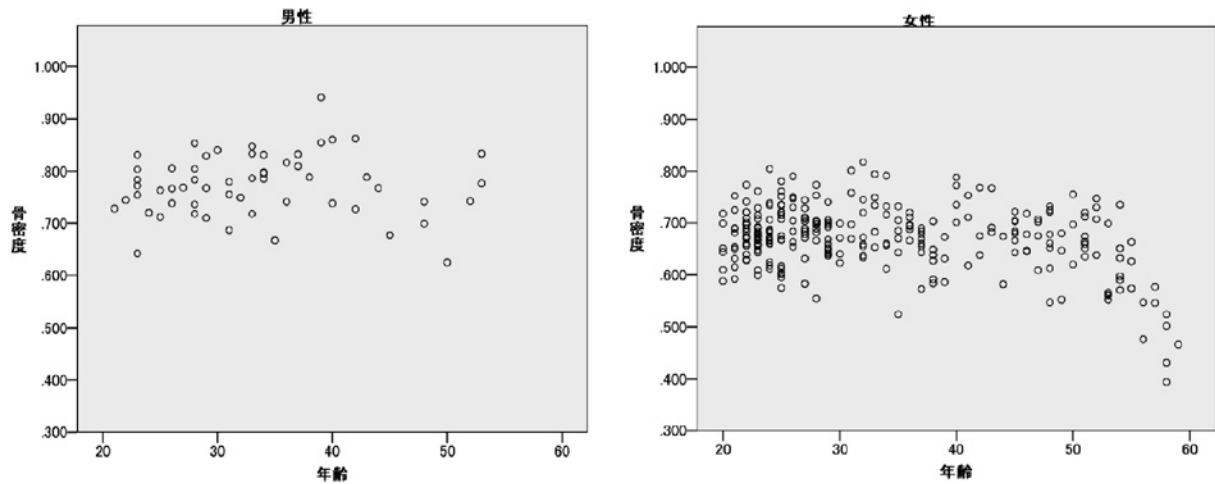


図1 年齢と骨密度との関係

表1 対象者の身体的特徴、体力調査結果、骨密度測定値

	男性 n=57					女性 n=247				
	平均値	標準偏差	最小値	-	最大値	平均値	標準偏差	最小値	-	最大値
年齢 (y)	33.5 (8.6)		21.0	-	53.0	33.8 (11.2)		21.0	-	53.0
身長 (cm)	168.4 (5.6)		156.7	-	184.1	157.0 (5.2)		156.7	-	184.1
体重 (kg)	66.6 (14.4)		49.2	-	116.9	52.3 (8.4)		49.2	-	116.9
握力右 (kg)	41.9 (7.1)		19.9	-	56.8	27.2 (4.1)		19.9	-	56.8
握力左 (kg)	41.1 (6.7)		19.7	-	58.3	25.6 (4.0)		19.7	-	58.3
体前屈 (cm)	6.3 (8.1)		-11.9	-	24.4	8.1 (7.5)		-11.9	-	24.4
垂直跳 (cm)	50.8 (7.9)		32.0	-	71.0	35.1 (5.5)		32.0	-	71.0
最大酸素摂取量 (ml/min)	2.7 (.7)		1.5	-	5.5	1.8 (.4)		1.5	-	5.5
上体おこし (cm)	22.2 (4.1)		11.0	-	32.0	15.6 (4.7)		11.0	-	32.0
骨密度 (mg/cm ²)	.77 (.06)		.63	-	.94	.67 (.06)		.63	-	.94

表2 骨密度と年齢、身長、体重との関連

男性	年齢		身長		体重	
	相関係数	有意確率	相関係数	有意確率	相関係数	有意確率
骨密度	.022	.873	.117	.388	.304	.021

女性：40歳未満	年齢		身長		体重	
	相関係数	有意確率	相関係数	有意確率	相関係数	有意確率
骨密度	-.049	.503	.296	p<0.001	.323	p<0.001

女性：40歳以上	年齢		身長*		体重*	
	相関係数	有意確率	相関	有意確率	相関	有意確率
骨密度	-.657	p<0.001	.256	.025	.273	.016

*：年齢調整後の偏相関分析

40歳未満においても男性と同様であった。女性の40歳以上では、年齢との関連が認められ、年齢の上昇とともに骨密度が減少する傾向であった。

表2の骨密度と身長・体重との関係において、男性と

女性40歳未満は年齢を調整していない相関係数を示し、40歳以上は年齢を調整した偏相関分析の相関を示した。男性では体重、40歳未満の女性では身長と体重で、有意な相関が認められた。40歳以上の女性では身長と体重

表3 骨密度と体力調査結果との関連

男性*												
	握力(右)		握力(左)		体前屈		垂直跳		最大酸素摂取量		上体おこし	
	相関	有意確率	相関	有意確率	相関	有意確率	相関	有意確率	相関	有意確率	相関	有意確率
骨密度	.108	.452	.207	.145	.041	.777	.282	.045	.220	.121	.089	.535
女性：40歳未満*												
	握力(右)		握力(左)		体前屈		垂直跳		最大酸素摂取量		上体おこし	
	相関	有意確率	相関	有意確率	相関	有意確率	相関	有意確率	相関	有意確率	相関	有意確率
骨密度	.153	.041	.222	.003	-.008	.919	.073	.332	.055	.464	-.019	.805
女性：40歳以上**												
	握力(右)		握力(左)		体前屈		垂直跳		最大酸素摂取量		上体おこし	
	相関	有意確率	相関	有意確率	相関	有意確率	相関	有意確率	相関	有意確率	相関	有意確率
骨密度	.129	.298	.134	.280	-.071	.566	.055	.660	.159	.199	-.029	.815

*：体重調整後の偏相関分析

**：年齢および体重調整後の偏相関分析

ともに有意な相関が認められた。

表3に骨密度と体力調査結果との関連を示す。男性および40歳未満の女性においては、体重調整後の偏相関分析を、40歳以上の女性においては、年齢および体重を調整した偏相関分析を行った。男性では垂直跳びで有意な相関を示した。40歳未満の女性では握力(右)と握力(左)で有意な相関を示した。しかし、40歳以上の女性ではいずれの体力調査結果と骨密度との間には有意な関連が認められなかった。

IV. 考察

本研究では、保育・福祉勤労者において性別・年代別に検討し、骨密度に体力指標が関連することを見出した。男性においては垂直跳びとの関連が認められ、瞬発力が骨密度に影響を及ぼすことが考えられた。これは、Frostのメカノスタット理論⁽¹⁵⁻¹⁷⁾が関連していると考えられる。骨密度増加のメカニズムは微細骨折(microcrack)によるカルシウムの沈着促進が考えられる。骨に作用する力学的負荷は骨に歪み(stain)を生じ、一定閾値以上の歪みにより骨内部の微細な骨折が発生する。それを修復する伝達機構(メカノスタット)によってモデリングおよびリモデリングを介しカルシウムの沈着が促進されて骨密度が増加すると考えられる。腰山ら⁽¹⁸⁾はこの理論により骨に荷重負担のかからない水泳が最も低値を示し、瞬発力やジャンプ力を必要とするバスケットボールやハンドボールが高値を示したと報告している。本研究の男性の垂直跳びと骨密度との関連は、力学的負荷によるメカノスタット理論によって骨密度が増加していたことが示唆される。

40歳未満の女性においては、握力と骨密度との間に関連が認められた。握力は、手指関節屈曲であり、浅指屈

筋、虫様筋、骨間筋群が主動筋として働く⁽¹⁹⁾。したがって、これらの筋肉を動かす力が発達しているほど、手部を動かすことができ、結果として前腕骨骨密度が上昇していると考えられる。Rittwegerら⁽²⁰⁾は、筋力増強により筋断面積を増加させた後の骨横断面積が増加したことを報告している。これらより、力学的負荷→筋力増加→骨密度の維持というプロセスが考えられ、本研究の40歳未満の女性の骨密度維持は日常生活における力学的負荷が筋力増加を促し、骨密度が増加していたことが示唆される。

40歳以上の女性においては、体力調査結果と骨密度との間に関連が認められなかった。したがって、40歳以上の女性では骨密度に対して年齢や体重が主な影響因子と考えられる。身体各部への体重による荷重が骨に対して機械的刺激を与えることにより、骨を作る骨芽細胞を活性化させて骨組織の微細構造を強化する^(21, 22)ためと考えられている。

今回、解析対象者の体格条件はわが国の他の調査における同年齢の平均値⁽²³⁾に近似した値であり、本研究除外者との比較においても近似した値であった。それゆえ、少なくとも対象者の体格条件からみた本研究結果の一般男女への外的妥当性が示唆された。しかし、人の筋力発揮は個人の体調、動機づけ、身体能力、栄養状態、遺伝など様々な因子により影響される⁽²⁴⁾。これらの因子を除外して測定することは困難であり、人を対象とした研究の限界である。そして、対象者が医療機関の患者や施設入所者ではなく、骨密度測定健康調査への自由意志による参加者であるため、対象者が健康状態の良い者あるいは健康意識の高い者に偏っている可能性がある。今後、一層広い集団を対象に検討する必要がある。

結論

本研究では、保育・福祉勤労者において性別・年代別に検討し、体力指標と前腕骨骨密度との関連の解明を目指した。

年齢と骨密度との関連においては、40歳以上では、年齢との関連が認められ、年齢の上昇とともに骨密度が減少する傾向であった。骨密度と身長・体重との関係において、男性では体重、40歳未満の女性では身長と体重で、有意な相関係数が認められた。40歳以上の女性では身長と体重ともに有意な相関が認められた。

体力調査結果と骨密度との関連では、男性で垂直跳びで有意な相関を示した。40歳未満の女性では握力(右)と握力(左)で有意な相関を示した。しかし、40歳以上の女性ではいずれの体力調査結果と骨密度との間には有意な関連が認められなかった。

参考文献

- 1) Bevier WC, Wiswell RA, Pyka G, Kozak KC, Newhall KM, Marcus R. Relationship of body composition, muscle strength, and aerobic capacity to bone mineral density in older men and women. *J Bone Miner Res.* 1989;4(3):421-32.
- 2) Hughes VA, Frontera WR, Dallal GE, Lutz KJ, Fisher EC, Evans WJ. Muscle strength and body composition associations with bone density in older subjects. *Med Sci Sports Exerc.* 1995;27(7):967-74.
- 3) Nichols DL, Sanborn CF, Bonnick SL, Gench B, DiMarco N. Relationship of regional body composition to bone mineral density in college females. *Med Sci Sports Exerc.* 1995;27(2):178-82.
- 4) Taaffe DR, Pruitt L, Lewis B, Marcus R. Dynamic muscle strength as a predictor of bone mineral density in elderly women. *J Sports Med Phys Fitness.* 1995 ;35(2):136-42.
- 5) Geinoz G, Rapin CH, Rizzoli R, Kraemer R, Buchs B, Slosman D, Michel JP, Bonjour JP. Relationship between bone mineral density and dietary intakes in the elderly. *Osteoporos Int.* 1993; 3(5):242-8.
- 6) Wolff I, van Croonenborg JJ, Kemper HC, Kostense PJ, Twisk JW. The effect of exercise training programs on bone mass: a meta-analysis of published controlled trials in pre- and postmenopausal women. *Osteoporos Int.* 1999;9(1):1-12.
- 7) Wallace BA, Cumming RG. Systematic review of randomized trials of the effect of exercise on bone mass in pre- and postmenopausal women. *Calcif Tissue Int.* 2000; 67(1):10-8.
- 8) Whipple TJ, Le BH, Demers LM, Chinchilli VM, Petit MA, Sharkey N, Williams NI. Acute effects of moderate intensity resistance exercise on bone cell activity. *Int J Sports Med.* 2004; 25(7):496-501.
- 9) Shinaki M, Macphee MC. Relationship between bone mineral density of spine and strength of extensors in healthy postmenopausal women. *Mayo Clin Proc* 1986; 61: 116-122.
- 10) Sööt T, Jürimäe T, Jürimäe J, Gapeyeva H, Pääsuke M. Relationship between leg bone mineral values and muscle strength in women with different physical activity. *J Bone Miner Metab.* 2005; 23(5):401-6.
- 11) 伊木雅之, Namiraa D.M., 佐藤裕保, 濱西千秋, 鏡森定信, 香川芳子, 米島秀夫: 健常日本人女性における Hip Structure Analysis 指標値の基本的特性と10年間の変化 JPOS コホート研究. *Osteoporosis Japan* 2010;18(2): 257-260.
- 12) Tschopp O, Boehler A, Speich R, Weder W, Seifert B, Russi EW, Schmid C. Osteoporosis before lung transplantation: association with low body mass index, but not with underlying disease. *Am J Transplant* 2002; 2(2):167-72
- 13) Nguyen TV, Center JR, Eisman JA. Osteoporosis in elderly men and women: effects of dietary calcium, physical activity, and body mass index. *J Bone Miner Res* 2000; 15(2):322-331
- 14) Hatori M, Hasegawa A, Adachi H, Shinozaki A, Hayashi R, Okano H, Mizunuma H, Murata K. The effects of walking at the anaerobic threshold level on vertebral bone loss in postmenopausal women. *Calcif Tissue Int.* 1993; 52(6):411-4.
- 15) Frost HM. Bone "mass" and the "mechanostat": a proposal. *Anat Rec.* 1987 ;219(1):1-9.
- 16) Frost HM. Vital biomechanics: proposed general concepts for skeletal adaptations to mechanical usage. *Calcif Tissue Int.* 1988; 42(3):145-56.
- 17) Frost HM. The role of changes in mechanical usage set points in the pathogenesis of osteoporosis. *J Bone Miner Res.* 1992; 7(3):253-61.
- 18) 腰山誠, 高橋直光, 飯村洋子, 村上和広: 高校生における骨量の検討. *予防医学ジャーナル.* 2000 ; 357 : 49-51.
- 19) 奈良勲, 岡西哲夫: 筋力 .2006年. 医歯薬出版株式会社 (東京) pp96
- 20) Rittweger J, Beller G, Ehrig J, Jung C, Koch U, Ramolla J, Schmidt F, Newitt D, Majumdar S, Schiessl H, Felsenberg D. Bone-muscle strength indices for the human lower leg. *Bone.* 2000; 27(2):319-26.
- 21) Y Ikeda Y, Iki M, Morita A, Aihara H, Kagamimori S, Kagawa Y, Matsuzaki T, Yoneshima H, Marumo F; JPOS Study Group.: Ultrasound bone densitometry of the calcaneus, determined with Sahara, in healthy Japanese adolescents: Japanese Population-based Osteoporosis (JPOS) Study. *J Bone Miner Metab.* 2004;22(3):248-53.
- 22) Mishell DR Jr. *Reproductive Endocrinology.* 1992. Mosby, Inc. America. *Comprehensive Gynecology*, 2nd ED, 79-140. Chapt 4 in a book
- 23) Health and Welfare Statistics Association: *Journal of Health and Welfare Statistics*, 58(9).452, Kosaido Co.,Ltd,Tokyo. 2011
- 24) McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Exercise Physiology. Energy, Nutrition and Human Performance*, 5th edition. Philadelphia Williams & Wilkins, 529-537, 2000