

女子の中中学生以前からの 運動習慣は高齢期の骨密度と関連する —高齢女性ソフトバレーボール選手の横断研究 から—

Starting exercise in junior high school or elementary school is related to
bone mineral density in elderly women
— A cross-sectional study of elderly female soft volleyball players—

武井聖良*1,2, 鳥居 俊*3, 増島 篤*4, 岩本 潤*5
今井一博*6, 瀬尾理利子*7, 中嶋寛之*7

キー・ワード：Bone mineral density, elderly woman, exercise during the growth period
骨粗鬆症, 高齢女性, 発育期の運動習慣

【要旨】 【目的】運動によって骨密度を増加させるには発育期が最も効果的である。本研究の目的は、高齢女性ソフトバレーボール選手において、現在の骨密度に関係する因子を明らかにすることである。

【方法】対象は、64歳以上の女性ソフトバレーボール選手80名とした。運動歴や骨粗鬆症治療歴等の聞き取り調査と、身長・体重測定、Dual Energy X-Ray Absorptiometry法による骨密度測定を行った。小中学生時代に定期的な運動をしていた者（運動群）と、していなかった者（非運動群）のT score, Z scoreを比較した。また骨粗鬆症治療を受けていた者（7名）を除外し、T score及びZ scoreを目的変数、各年代別運動量や年齢、「小中学生時に運動が好きだったか否か」等を説明変数として、ステップワイズ法を用いた重回帰分析を行った。

【結果】運動群（59名）は非運動群（21名）に比べ、T score, Z scoreが有意に高かった（ $p < 0.05$ ）。重回帰分析の結果、T score, Z scoreの決定変数として「小中学生時に運動が好き」のみが選択された（回帰係数推定値=9.9, 12.1, $p < 0.05$ ）。

【結論】現在運動習慣のある高齢女性の中で、小中学生時に運動習慣があった者ほど現在のT score, Z scoreが高かった。

はじめに

超高齢社会となった現在の日本において、90～100歳まで自立した生活を維持するには、運動器

*1 東京大学大学院医学系研究科外科学専攻感覚運動機能医学講座整形外科

*2 早稲田大学大学院スポーツ科学研究科

*3 早稲田大学スポーツ科学学術院

*4 帝京平成大学現代ライフ学部経営学科

*5 慶友整形外科病院

*6 東京大学大学院総合文化研究科生命環境科学系

*7 横浜市スポーツ医科学センター

は100年の耐用性が望まれる。しかし実状では、要介護者の病因と年齢分布¹⁾によると、75歳以上の後期高齢者における運動器の機能不全による要介護者が多く、85歳以上になるとさらにこの傾向が強くなり、骨粗鬆症による骨折や関節疾患で要介護となる高齢者が多いことがわかる。

特に女性では、閉経後の骨粗鬆症による骨折が多いことが問題である。一般的には、発育スパーク期の5年間に生涯最大到達骨塩量の39%を獲得し²⁾、骨塩量は20歳頃に最大となり、40歳頃までは維持されるが40歳代後半から次第に低下す

る。骨塩量が基準値以下に低下すると骨粗鬆症となるため、発育期の最大到達骨塩量が高めることで将来の骨粗鬆症の予防に備えることができる。欧米では発育期における運動介入研究が複数報告^{3,4)}されており、初経前と初経後の女子においてジャンプ・着地による昇降運動の介入を9ヵ月間行った研究では、初経前の女子でのみ腰椎および大腿骨頸部で骨塩量増加が得られ⁴⁾、女子において運動によって効果的に骨塩量増加を得るには初経前が臨界期であることが示されている。システムティックレビューにおいても、運動により全身・腰椎・大腿骨頸部の骨塩量を増加させるには初経前が最も効果的であることが明らかにされている^{5,6)}。

欧米では、発育期におけるジャンプ指導等による運動介入研究が盛んに行われ、発育期の運動や跳躍動作は骨形成を促すことが知られているが、日本人女性において発育期の運動が高齢期の骨塩量におよぼす影響を調べた研究はない。

本研究の目的は、現在運動習慣のある高齢女性において、発育期における運動習慣と生涯の骨塩量増加との関連性を検討することである。高齢女性のバレーボール愛好者に運動歴の調査と Dual Energy X-Ray Absorptiometry 法 (以下 DXA 法) による全身骨密度測定を行い、発育期に運動習慣があった者となかった者を横断的に比較した。

対象および方法

ソフトバレーボールサークルに所属し定期的に運動している 64-85 歳 (72.2 ± 4.8 歳) の女性のバレーボール愛好家 80 名を対象とした。調査は 2018 年 10 月から 2019 年 4 月にかけて行い、対象者全員に対して身長・体重測定、全身骨密度測定を行い、質問用紙を用いて過去の運動歴等を聴取した。

全身骨密度は、DXA 法装置 (Discovery A 型 QDR-4500A ; Hologic 社製) を用いて、全身・腰椎・両下肢の骨密度を測定した。質問用紙では、小学生時代、中学生時代、高校生時代、18 歳から 40 歳、40 歳以降の 5 つのカテゴリ毎における定期的な活動に参加していたスポーツ種目、持続年数、1 週あたりの活動回数、1 回あたりの活動時間を聴取し、小中学校時代の総運動時間、高校生から 40 歳までの総運動時間をそれぞれ算出した。40 歳以降の運動時間については、現在の年齢から 40

を引いた年数で 40 歳以降の総運動時間を除して「40 歳以降の年間平均運動時間」を算出した。40 歳になる時点で定期的な運動をしておらず、例えば 50 歳で運動を開始している場合は、現在の年齢から運動開始年齢 (50 歳) を引いた年数で 50 歳以降の総運動時間を除して「40 歳以降の年間平均運動時間」として算出した。質問用紙では、運動歴の他に「小中学生時代に体育の授業が好きであったか否か」、初経年齢、閉経年齢、出産回数、骨折歴、既往歴について聴取した。

小中学生時代の運動習慣の有無が現在の骨密度に及ぼす影響を検討するため、小中学生時代に部活動等の週 1 回以上の定期的なスポーツ参加があった者を運動群とし、なかった者を非運動群とした。運動群と非運動群の、年齢、身長、体重、Body mass index (BMI)、Skeletal mass index (SMI)、初経年齢、40 歳以降の年間平均運動時間、T score (若年成人比較)、Z score (同年齢比較)、全身・腰椎・両下肢の骨密度を、対応のない t 検定を用いて比較し、骨粗鬆症の治療歴の有無を Fisher の正確確率検定を用いて比較した。さらに、当時の女子の小中学生時代の運動部参加者が少なかったため体育や運動が好きでも運動部に入っていなかった人たちは日常生活での身体活動が多いと考えて、次に述べる 3 群間の比較も追加した。非運動群の中でも「小中学生時代に体育の授業が好きだったか」という質問に対して「はい」と回答した者を体育好き非運動群、「いいえ」と回答した者を体育嫌い非運動群とし、骨粗鬆症の治療歴のあった者を除いた上で運動群、体育好き非運動群、体育嫌い非運動群の 3 群に分類した。そして 3 群間の、年齢、身長、体重、BMI、SMI、初経年齢、40 歳以降の年間平均運動時間、T score、Z score、全身・腰椎・両下肢の骨密度を、一元配置分散分析 ANOVA 検定及び Bonferroni post hoc test を用いて比較した。

次に、現在の T score と Z score に最も強く関係する因子を明らかにするため、骨粗鬆症の治療歴があった者を除き、目的変数を T score、Z score として、ステップワイズ法を用いた重回帰分析を行った。説明変数は、先行研究からリスクファクターとして考えられるものを選択し、小中学校の総運動時間、高校生から 40 歳の総運動時間、40 歳以降の年間平均運動時間、年齢、SMI、月経年数、出産回数、「小中学生時に体育が好きまたは週 1

表 1 運動群と非運動群の年齢, 身長, 体重, BMI, SMI, 初経年齢, 40歳以降の年間平均運動時間の比較 (対応のない t 検定)

	運動群 (n=59) 平均±標準偏差	非運動群 (n=21) 平均±標準偏差	p
年齢 (歳)	71.8±4.6	73.0±5.6	0.37
身長 (cm)	155.1±4.8	154.6±3.2	0.62
体重 (kg)	54.0±6.9	51.3±6.3	0.12
BMI [†] (kg/m ²)	22.4±2.7	21.5±2.5	0.15
SMI [§] (kg/m ²)	6.2±0.7	6.1±0.6	0.47
初経年齢 (歳)	13.6±1.6	13.7±1.5	0.73
40歳以降の年間平均運動時間 (時間/year)	215.0±159.6	226.8±183.6	0.78

BMI[†]: Body mass index, SMI[§]: Skeletal mass index

p value: obtained with t test.

表 2 運動群と非運動群の骨粗鬆症治療歴の比較 (Fisher の正確確率検定)

	治療歴 (+) (n=7)	治療歴 (-) (n=73)	p
運動群 (n=59)	4 名	55 名	0.37
非運動群 (n=21)	3 名	18 名	

p value: obtained with Fisher's exact test

回以上の定期的なスポーツ参加」を選択した。

データは平均±標準偏差で表示した。統計処理は SPSS (IBM 社, version 26.0) を用い, いずれも危険率 5% 未満をもって有意とした。

本研究は著者および共著者の所属機関の倫理委員会において審査を受け承認を得た (倫理委員会承認番号: 2018-212) 上で, 被検者に説明し文書にて同意を得て実施した。

結 果

本研究の対象 80 名のうち, 運動群は 59 名, 非運動群は 21 名であった。運動群のスポーツ参加経験は, 小学生時代は, 野球 (3 名), 陸上 (3 名), ドッチボール (3 名) が最も多く, 中学生時代はバレーボール (32 名) が最も多く, 次いでテニス (7 名) が多かった。運動群と非運動群とでは, 年齢, 身長, 体重, BMI, SMI, 初経年齢, 40歳以降の年間平均運動時間に有意差はなかった (表 1)。続発性骨粗鬆症をきたす可能性のある疾患を有した者が 2 名 (乳癌治療歴 1 名, 胃切除 1 名) おり, いずれも運動群に属していた。ステロイド薬の使用歴, 内分泌性疾患, 慢性腎臓病, 関節リウマチの既往のある者はいなかった。骨粗鬆症の治療歴があった者は全体の 80 名中 7 名で, 運動群 59 名中 4 名, 非運動群 21 名中 3 名であり, 両群間

で骨粗鬆症の治療歴に有意な差はなかった (表 2)。また, 35 名に骨折歴があり, 運動群は 25 名, 非運動群は 10 名と両群間で有意差はなかった ($p=0.79$)。骨折の 66% はスポーツに起因するものだった。運動群は非運動群と比較して, 全身・両下肢の骨密度, T score, Z score が有意に高かった ($p<0.05$, 表 3)。骨粗鬆症の治療歴がある 7 名を除いた 73 名を運動群 (55 名), 体育好き非運動群 (12 名), 体育嫌い非運動群 (6 名) の 3 群に分け比較すると, 年齢, 身長, 体重, BMI, SMI, 初経年齢, 40歳以降の年間平均運動時間に有意差はなかったが, T score, Z score は 3 群間でも有意差があり ($p<0.05$), 体育嫌い非運動群は運動群と比較して有意に T score (79.2 ± 8.5 vs $89.5\pm 9.7\%$, $p=0.03$), Z score (96.7 ± 10.5 vs $109.2\pm 11.8\%$, $p=0.03$) が低かった (図 1)。

目的変数を T score, Z score として, 骨粗鬆症の治療歴があった者を除いた 73 名に対してステップワイズ法を用いた重回帰分析を行った結果, 「小中学生時に体育が好きまたは週 1 回以上の定期的なスポーツ参加」であったことが, T score (回帰係数推定値: 9.9, $p<0.05$: 表 4) と Z score (回帰係数推定値: 12.1, $p<0.05$: 表 5) に関連していた。

表3 運動群と非運動群の全身・両下肢の骨密度, T score, Z score の比較 (対応のないt検定)

骨密度	運動群 (n=59) 平均±標準偏差	非運動群 (n=21) 平均±標準偏差	p
全身 (g/cm ²)	0.99±0.10	0.93±0.1	0.03*
腰椎 (g/cm ²)	1.03±0.19	0.94±0.2	0.09
右下肢 (g/cm ²)	1.02±0.11	0.96±0.11	0.03*
左下肢 (g/cm ²)	1.02±0.11	0.97±0.08	0.04*
T score (%)	89.6±9.4	84.8±7.7	0.04*
Z score (%)	109.4±11.4	103.6±9.4	0.04*

p value : obtained with t test, *p<0.05.

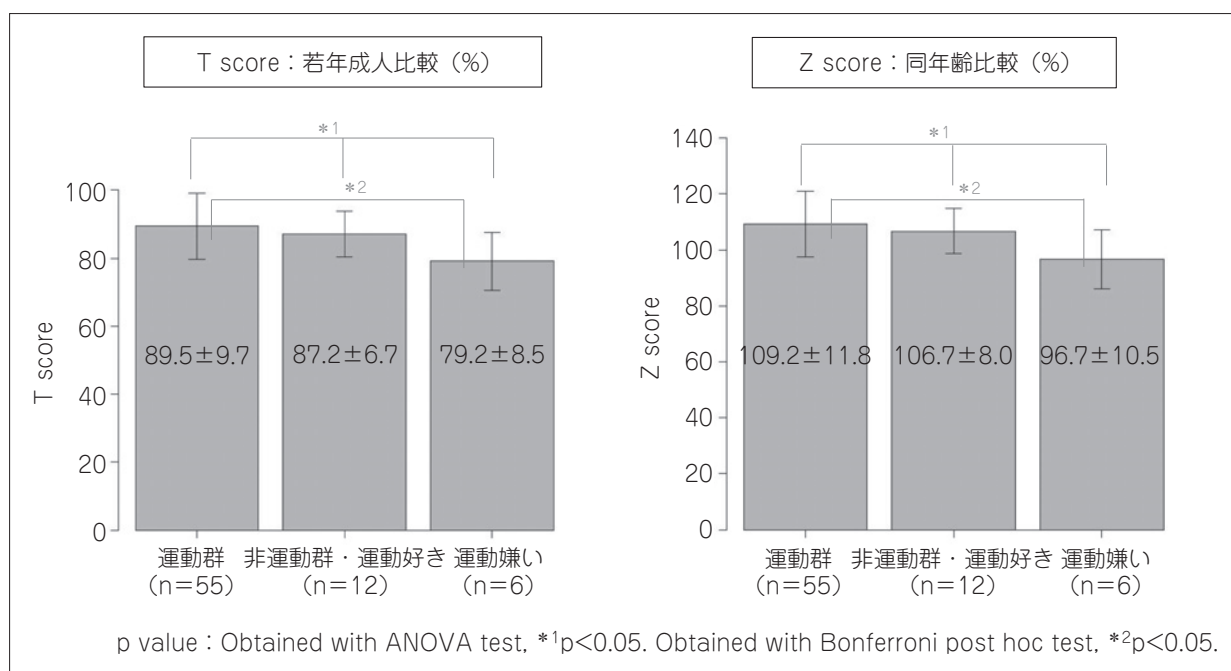


図1 運動群, 体育好き非運動群, 体育嫌い非運動群の3群間のT score, Z score (一元配置分散分析ANOVA検定, Bonferroni post hoc test)

表4 目的変数をT scoreとしてステップワイズ法を用いた重回帰分析結果

目的変数: T score					
説明変数	回帰係数推定値	標準誤差	t	p	
小中学生時に体育が好き または 定期的なスポーツ参加	9.91	3.92	2.53	0.014*	

R²=0.1 *p<0.05

表5 目的変数をZ scoreとしてステップワイズ法を用いた重回帰分析結果

目的変数: Z score					
説明変数	回帰係数推定値	標準誤差	t	p	
小中学生時に体育が好き または 定期的なスポーツ参加	12.11	4.76	2.55	0.013*	

R²=0.1 *p<0.05

表 6 本研究の対象と厚生労働省調査の比較

	本研究 平均±標準偏差	厚生労働省調査 (2017) ¹⁴⁾ 平均±標準偏差
年齢 (歳)	72.2±4.8	72±2.0
身長 (cm)	154.9±4.4	150.7±5.8
体重 (kg)	53.3±6.9	52.4±9.1
BMI [¶] (kg/m ²)	22.2±2.7	23.1±3.9
SMI [§] (kg/m ²)	6.2±0.7	6.5±0.5

BMI[¶] : Body mass index, SMI[§] : Skeletal mass index

考 察

本研究では、定期的な運動習慣のある高齢女性を対象に発育期の運動歴を調査し、発育期における運動習慣が現在の骨密度に与えた影響を検討した。小中学生時代に運動習慣があった者または運動が好きだったと回答した者は、運動が嫌いで運動習慣がなかったと回答した者に比べて現在の骨密度が有意に高かった。重回帰分析においても、小中学生時代の運動習慣の有無または運動が好きだったか否かが、現在の骨密度に最も関連していた。

欧米での発育期における運動介入研究により、女子において運動によって効果的に骨塩量増加を得るには初経前が臨界期であることが報告⁴⁾されている。日本での発育期を対象とした観察研究においても、初経発来が骨量の急激な増加と密接に関連していることが示されている⁷⁻¹¹⁾。本研究の対象の初経平均年齢は13±1.6歳であり、中学1年生から3年生の間に初経が発来していたことを考慮すると、小中学生時代の運動習慣は初経前の運動習慣と捉えられ、先行研究と同様に、初経前の運動習慣が効果的な骨塩量増加につながり発育期の最大到達骨塩量を高めたと考察できる。

小中学生時代に週1回以上の定期的なスポーツ参加がなかった非運動群の中でも体育の授業が好きだったと回答した者を体育好き非運動群(12名)に分類したが、部活動に参加してなくても小中学生時代から運動が好きだったということが現在の骨密度と関連していた。彼女たちが小中学生時代に部活動に参加しなかった理由は、「帰りが遅くなる」、「家族に反対された」、「家の仕事を手伝う必要があった」、等の回答があった。小中学生時代から運動が好きだった彼女達は、部活動以外での運動習慣や、一生涯を通して活動的な生活を送ってきたことにより、現在の骨密度が高められ

た可能性がある。

本研究の結果から、幼少時から運動・体育を好きかどうか、発育期の最大到達骨塩量高められるかどうかにつながると言える。しかし現代の課題として、運動が嫌いな子供が増えていることが問題となっており、女子中学生の2割が1週間の総運動時間が60分未満であるという報告¹²⁾がある。スポーツ庁による調査¹³⁾でも、中学生女子の21.7%がスポーツを「嫌い」または「やや嫌い」と回答しており、将来的な骨粗鬆症を予防するために、学校や自治体と協力して発育期の運動が嫌いな女子を減らす対策を行うことが求められる。その一方で、発育期の女子の骨密度低下をきたす可能性のある問題として、オーバートレーニングによる女性アスリートの三主徴(利用可能エネルギー不足、月経異常、低骨密度)^{14,15)}にも注意する必要がある。運動によるエネルギー消費量に見合った食事からのエネルギー摂取量を確保し、発育期の女性アスリートの骨粗鬆症を防ぐといった対策も、生涯の最大骨塩量を高めるためには重要である。

本研究の対象80名の体格は、厚生労働省による平成29年「国民健康・栄養調査」¹⁶⁾にある同年代のデータと比較すると、平均身長は約5cm高く、平均体重は約1kg重い傾向があった(表6)。その理由として、本研究の対象がソフトバレーボール愛好家であり、その約4割は中学生時代にバレーボール部に所属しており、高身長の手が多いという競技特性が考えられる。本研究の対象者のBMI及びSMIは同年代よりも低い値であった一方、本研究の対象者のZ scoreは運動群、非運動群ともに100%を超えており(表3)、同年齢比較において骨密度が高いことを示している。これは、現在の運動習慣を反映した結果であると考えられる。子供のころは運動が嫌いだったが現在ソフトバレーボールを楽しむようになったきっかけとし

て、「仲間に誘われて」「仲間と一緒にだから楽しい」という回答が多く、高齢者がスポーツに親しみやすいコミュニティ作りも骨粗鬆症予防につながると考えられる。

本研究の限界点は、定期的な運動習慣のある高齢女性のみを対象としている点である。平成29年「国民健康・栄養調査」¹⁶⁾において、65歳以上の女性で1回30分以上の運動を週2回以上実施している割合は約4割であり、本研究の対象者は同年代の高齢女性よりも現在の運動量が多い女性達であると考えられる。現在運動習慣のない女性においても、本研究と同様に発育期における運動習慣が現在の骨密度に影響しているかどうかについて、今後さらに検証する必要がある。また、過去の運動歴や初経年齢が被験者の記憶に基づいたものであること、喫煙、飲酒、食習慣などのその他の交絡因子の存在は考慮できていないことも限界点として挙げられるが、本邦において現在運動習慣のある高齢女性を対象として発育期における運動習慣や運動の好き嫌いが生涯の骨塩量増加に与えた影響を検討した研究は本研究が初めてであり、発育期の運動習慣や運動が好きであったことが高齢期の骨密度に影響を大きく与える因子の一つと捉え、他の交絡因子も考慮したさらなる研究が行われることに期待したい。

結語

現在運動習慣のある高齢女性の中で、小中学生時に運動習慣があった者、運動が好きだった者ほど現在の骨密度が高かった。

女性において、小中学生時の運動習慣は将来の骨粗鬆症予防につながることが示唆され、運動が嫌いな女子に対する対策が必要である。

謝辞

本研究を行うにあたり、被験者の募集、測定の前準備及び実施にあたっては、横浜ソフトバレーボール連盟の和田隼夫氏、尾高正子氏に多大なご協力を頂き、深謝の意を表す。また、被験者の皆様と、測定場所と測定機器をご提供して頂き測定にご協力して下さった横浜市スポーツ医学センターのスタッフの皆様へ感謝する。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

文献

- 1) 林 泰史. 高齢者の介護と運動器障害の現状. *Modern Physician*. 2010; 30: 470-472.
- 2) Baxter-Jones AD, Faulkner RA, Forwood MR, et al. Bone mineral accrual from 8 to 30 years of age: an estimation of peak bone mass. *J Bone Miner Res*. 2011; 8: 1729-1739.
- 3) Fuchs RK, Bauer JJ, Snow CM. Jumping improves hip and lumbar spine bone mass in prepubescent children: a randomized controlled trial. *J Bone Miner Res*. 2001; 16(1): 148-156.
- 4) Heinonen A, Sievänen H, Kannus P, et al. High-impact exercise and bones of growing girls: a 9-month controlled trial. *Osteoporos Int*. 2000; 11(12): 1010-1017.
- 5) Specker B, Thiex NW, Sudhagoni RG. Does Exercise Influence Pediatric Bone? A Systematic Review. *Clin Orthop Relat Res*. 2015; 473(11): 3658-3672.
- 6) Santos L, Elliott-Sale KJ, Sale C. Exercise and bone health across the lifespan. *Biogerontology*. 2017; 18(6): 931-946.
- 7) Hirota T, Kusu T, Hirota K. Improvement of nutrition stimulates bone mineral gain in Japanese school children and adolescents. *Osteoporos Int*. 2005; 16(9): 1057-1064.
- 8) 秋坂真史, 座光寺秀元, 有泉 誠. 女子高校生のライフスタイルと踵骨骨密度に関する研究. *日本衛生学雑誌*. 1997; 52: 481-489.
- 9) 野井真吾, 小沢治夫, 小磯 透, 他. 女子中高生の骨強度の特徴とその要因に関する検討. *体力科学*. 2000; 49: 513-522.
- 10) 石川和子, 太田壽城, 瀧本秀美, 他. 女子高校生の超音波法による踵骨骨量と生活習慣との関連. *日本臨床スポーツ医学会誌*. 2000; 8: 38-42.
- 11) 広田孝子, 城谷万希子, 木藤由紀子, 他. 思春期・青年期女子における腰椎ならびに大腿骨近位部の骨密度に影響を及ぼす因子について. 生活環境が子どもの健康や心身の発達におよぼす影響に関する研究. In: 平成5年度厚生省心身障害研究報告書. 96-98, 1993.
- 12) 全国調査からみる子どもの運動・スポーツの現状と課題. 笹川スポーツ財団; 2018.
- 13) 第2期スポーツ基本計画について(答申). スポーツ庁政策課; 2017.

- 14) De Souza MJ, Nattiv A, Joy E, et al. 2014 Female Athlete Triad Coalition Consensus Statement on Treatment and Return to Play of the Female Athlete Triad: 1st International Conference held in San Francisco, California, May 2012 and 2nd International Conference held in Indianapolis, Indiana, May 2013. *Br J Sports Med.* 2014; 48(4): 289. College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad. *Med Sci Sports Exerc.* 2007; 39(10): 1867-1882.
- 15) Nattiv A, Loucks AB, Manore MM, et al. American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad. *Med Sci Sports Exerc.* 2007; 39(10): 1867-1882.
- 16) 厚生労働省による平成29年「国民健康・栄養調査」.

(受付：2020年5月11日，受理：2021年3月11日)

Starting exercise in junior high school or elementary school is related to bone mineral density in elderly women — A cross-sectional study of elderly female soft volleyball players—

Takei, S.^{*1,2}, Torii, S.^{*3}, Masujima, A.^{*4}, Iwamoto, J.^{*5}
Imai, K.^{*6}, Seo, R.^{*7}, Nakajima, H.^{*7}

^{*1} Department of Orthopedic Surgery, Graduate School of Medicine, The University of Tokyo

^{*2} Graduate School of Sport Sciences, Waseda University

^{*3} Faculty of Sport Sciences, Waseda University

^{*4} Department of Business, Faculty of Modern Life, Teikyo Heisei University

^{*5} Keiyu Orthopedic Hospital

^{*6} Department of Life Sciences, Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo

^{*7} Yokohama Sports Medical Center

Key words: Bone mineral density, elderly woman, exercise during the growth period

[Abstract] Objective: The most effective way to increase bone mineral density (BMD) is to exercise during the growth period. The purpose of this study was to clarify the factors related to the present BMD of elderly female soft volleyball players.

Method: The subjects were 80 female soft volleyball players over the age of 64. We conducted a hearing survey of their exercise history and treatment for osteoporosis, and measured their height, weight, and BMD by the Dual Energy X-Ray Absorptiometry method. We compared the T-scores and Z-scores of those who exercised regularly (exercise group) and those who did not (non-exercise group) during their elementary and junior high school years. We excluded those who had been treated for osteoporosis, and performed multiple regression analysis with the T- and Z-scores as objective variables.

Results: The T- and Z-scores were significantly higher in the exercise group (59 subjects) than the non-exercise group (21 subjects) ($p < 0.05$). The results of multiple regression analysis showed that only "I liked exercise in the prepubertal period" was selected as a decision variable of the T- and Z-scores (regression coefficient estimate = 9.9, 12.1, $p < 0.05$).

Conclusion: Among elderly women with a current exercise habit, those who had an exercise habit during the growth period had higher current T- and Z-scores.