

簡単なジャンプ運動の有経女性における骨密度への影響をみる介入研究

佐近 慎平 小松 正子

キーワード：骨密度，女性，運動，無作為割付介入研究

Effect of a simple-jumping exercise on bone mineral density in pre-menopausal women

Shinpei Sakon Shoko Komatsu

Abstract

The purpose of this study was to assess the effects of a simple-jumping exercise on bone mineral density (BMD) in pre-menopausal women (aged 19-44 years) using a randomized control trial. The exercise program consisted of 50 vertical jumps / day, the mean height was 8.5 cm, 6 days /week for 22 weeks. When measured by a ultrasound device, the exercise group (n=6) maintained BMD of calcaneus and that of the control group (n=4) decreased by 3.2%. This difference became bigger in the subjects only who answered "no change in their diet during the study period"; the exercise group (n=4, +2.0% in BMD) vs. the control group (n=5, -3.2%). Especially, a young woman (19 years old) in the exercise group obtained a big increase in BMD (+14%). The change in BMD and the body balance showed a significant correlation ($r=0.88$). It was suggested that this simple-jumping program could reduce the fracture risk by improving body balance as well as BMD.

Key words : bone mineral density, pre-menopausal woman, jumping exercise, randomized control trial

1. 緒言

人口の高齢化の進展により骨粗鬆症 (osteoporosis) に対する国民の関心は、非常に高くなってきている。しかしながら現状では骨粗鬆症予防に対する正しい理解は、必ずしも十分に浸透していない。骨粗鬆症という病名の周知度は相当に高いと思われ、「骨が弱くなり折れやすくなる病気」と認識されている。加齢により発症し、日常生活動作 (activities of daily living ; ADL), 生活の質 (quality of life ; QOL) ¹⁾ を脅かす骨粗鬆症という疾患に対する関心が高まっていることを反映していよう。骨粗鬆症は、長年の生活習慣に基づく多元的な要因によって

発症する疾患であるが、女性においては、加齢による骨量減少、特に閉経による内分泌代謝的变化 (女性ホルモン、エストロゲン分泌の欠落) による急激な骨量減少が、重要な因子となる。骨粗鬆症は、重篤な合併症である骨折を引き起こしやすい。骨量減少の予防としては、第一に 10 歳代後半から 20 歳代前半に形成される、最大骨量 (peak bone mass ; PBM) を可能な限り大きくすることであり、第二には、閉経後、とりわけ閉経直後の骨量の急激な低下を最小限に止めることである。女性の加齢に伴う骨量の変化をみると、20 歳前後で最大骨量になり、その後、1 年間に約 1% ずつ骨量が減少する傾向にある。

- ・女性では50歳で閉経を迎えると、50～55歳の5年間に年平均3%、5年間で15%もの骨量を失うとされている。^{2・13)}

女性において、中学、高校時代の成長期に熱心にスポーツ活動を行った群が骨量を多く獲得し、PBM増大にスポーツが大きな貢献をしている^{14・21)}。しかし、この年齢の女性では骨量獲得に月経の規則性が必須であり、長距離走、激しい活動で体脂肪率を15%以下にし、運動負荷による精神的ストレスが高い状態を継続することは女性ホルモンの代謝の面から好ましくない²²⁾。また、種類別に見ると、骨に強い歪みを生じる種目、バスケットボール、バレーボールのようなジャンプ系、または、短距離走、重量挙げのような瞬発力が必要な種目は獲得骨量が多い。エアロビクス、水泳、マラソンなどの持久力を必要とし、骨にかかる負荷が低い種目では、骨密度付加効果が低いと考えられる²³⁾。

Wallace²⁴⁾ Halioua²⁵⁾らの総説によると、運動と骨密度研究領域においては、レジスタンス・トレーニングでの研究が大半を占め、有経女性に対しての効果は報告されているが、閉経後の女性においては1%前後の増加と、さほどの効果は見られない^{26・32)}。また、有酸素運動での効果も同様である^{33・34)}。

Heinonenら^{35・36)}によると、有酸素ジャンプエクササイズを実施し、踵骨において、18ヶ月後は1.9%増加、26ヶ月後では2.5%増加した。大腿骨末端、大腿骨、膝蓋骨、脛骨近辺、踵骨において、コントロール群と有意差を示した(運動群:+1.7~4.0%対コントロール群:-0.9~1.5%)。また、Basseyら^{37・38)}によると、1セット10回を5セットの垂直ジャンプ(地面から8.5cm跳躍)を1日1回、週6日間行い、5ヶ月後に、大腿骨骨密度(bone mineral density:BMD)の2.8%増が報告されている。

このように、これまでの運動と骨密度に関する介入研究では、施設に通う(レジスタンス・トレーニング、エアロビクスなど)、施設を必要としない運動も更衣も含めて合計1時間程度かかるで行う研究が多かったことを踏まえ、本研究では、Basseyらの開発した簡単なジャンプ運動(自宅で行え、普段着で合計10分程度)に着目し、若年女性において、その効果と骨密度との関連を明らかにすることとした。

II. 研究方法

1. 対象

A町、またはA町周辺に住む、有経(閉経から12ヶ月前)の女性、ただし、母乳栄養中、運動が不適、骨に影響のある薬を飲んでいる人は除く18名とした。対象者の募集は、A町の広報誌掲載、およびB大学、各種ジュニア教室等において、母親向け広報用パンフレット配布により行った。なお、対象者に対しては、本研究の目的・

測定内容についての説明会を実施し、承諾書を得た上で行った。

2. 介入方法

無作為割付介入研究(Randomized Control Trial:RCT)、交互法によった。研究説明会にて、くじによる無作為割付を行った。開始時、第I期終了時、第II期終了時に、骨密度、ジャンプ力、大腿筋力、閉眼片足立ちおよび体格の測定、生活習慣等に関する質問表調査を実施した。

3. 研究期間

研究期間は、第I期(平成14年12月~平成15年5月)、第II期(平成15年6月~平成16年10月)とした。

4. 骨密度測定

骨密度測定には、超音波骨評価装置AOS-100(アロカ社)を用いた。本装置の特性として、①骨粗鬆症検診で用いられている、②測定、取り扱いが簡便である、③二重エネルギーX線吸収法(Dual Energy X-ray Absorptiometry;DXA法)による測定との相関も報告されている^{39・40)}、④更に全国で所有している大学が多く、保健センターのスタッフで賄うことが出来る、などが挙げられる。

測定部位は踵骨とした。踵骨は海綿骨が大部分を占め、骨代謝回転が早く、測定が安易な部分である。また、骨折の起こりにくい部分ではあるが、骨折歴と踵骨骨密度の強い相関因子として認められたことから、踵骨骨密度測定により将来の骨折の起こり易さを予知できるのではないかと考えられる。

5. 身体機能測定

身長、体重、BMI、左右膝伸展力、左右膝屈曲力、ジャンプ力、閉眼片足バランスを計測した。

6. ジャンプ運動について

Basseyのジャンプ^{37・38)}と同様に、垂直ジャンプ(8~9cm)、1秒間に1回ジャンプ、10回+ウォーキング15秒間を5setとした。着地は、①つま先、②足首を曲げ、③膝を曲げ、④腰を曲げ、⑤踵骨の順で着地し、腕はカウンタームーブメントスタイルで振り、ジャンプの際は、弾力マットを使用するよう指示した。期間は、週6回を、22週間行なった。

7. Ca摂取に関して

本研究では、日常の食事の中で、出来るだけ多くCaを摂取するよう呼びかけた。研究説明会で、カルシウム摂取推奨・プリント配布、骨密度アップ手帳記入により、

意識を高めた。

8. 質問紙調査

開始時に、生活習慣等に関する質問表調査を実施した。I：生活行動について、II：食事について、III：喫煙・病気について、IV：運動についての4つのカテゴリーに分けて調査を実施した。

9. 運動プログラム

研究説明会当日、無作為に選出された運動群に対して、ウォームアップ、ジャンプ運動、クーリングダウンを健康運動実践指導士の指導の下、説明を行なった。プログラム時間は、計10分間、ウォームアップ(3分間)、ジャンプ運動(その場で、ウォーキング、15秒(30歩)、ジャンプ(10回)、ウォーキング、15秒(30歩)を5セット、3分間)、クーリングダウン(4分間)から構成した。また、運動プログラムの理解促進のために、図を作成した。ジャンプ継続状況、カルシウム摂取状況を記録するために、骨密度アップ手帳を配布した。また、カルシウム摂取推奨のために、骨量パンフレットも配布した。

10. 分析

基本的属性の群間および群内変化量の検定には、それぞれ、t検定、対応のあるt検定を用いた。また、運動群の骨密度変化量と各項目の相関係数も求めた。統計ソフトパッケージは、SPSSを用いた。

III. 結果

1. 対象者年齢別無作為割り付け状況

対象者年齢別無作為割り付け状況を表1に示した。脱落者は両群合わせて7名(運動群6名:対照群1名)、理由は、妊娠(2名)、運動継続せず(2名)、第2回計測会参加せず(3名)であった。

表1 対象者年齢別無作為割り付け状況(5ヵ月後)

年齢階級	人数			
	運動群		対照群	
	人数	(%)	人数	(%)
18-24歳	1	(16.7)	1	(20.0)
25-29歳	1	(16.7)	1	(20.0)
30-34歳	1	(16.7)	1	(20.0)
35-39歳	1	(16.7)	1	(20.0)
40-44歳	2	(33.3)	1	(20.0)
総数	6	(100)	5	(100)

2. 基本的属性

研究開始時に測定した、有経女性の基本的属性を表2に示した。各項目において、BMI平均は、運動群20.8±4.7、対照群21.3±3で、25以上の者、すなわち肥満を示す者は、両群とも1名ずつ、20以下は、運動群(4名)、対照群(1名)であった。BMDは、運動群:対照群、若

年成人に対する骨評価値、運動群は、最大116%、最小85%、平均99.5%、対照群は、最大109%、最小91%、平均103.2%、各測定項目、両群間における平均の差の検定で有意差はみられなかった。

表2 開始時の対象者における基本的属性(平均±S.D.)

	運動群(n=6)		対照群(n=5)	
年齢(歳)	31.6	± 9.9	31.4	± 8.7
身長(m)	158.8	± 4.8	158	± 7
体重(kg)	52.3	± 10.3	53.6	± 10.7
BMI(kg/m ²)	20.8	± 4.7	21.3	± 3
音響的骨評価値(OSI(*10 ⁴))	2.7	± 0.3	2.8	± 8.7
同年齢に対する骨評価値(%)	99.5	± 11.2	103	± 0.2
若年成人に対する骨評価値(%)	99.5	± 11.6	103.2	± 7
膝伸力・右(kg)	23.7	± 8.4	31	± 7.2
膝伸力・左(kg)	25.2	± 9	27.8	± 8.4
膝屈力・右(kg)	9.8	± 4.8	12.4	± 4.6
膝屈力・左(kg)	10.2	± 3.5	14	± 4.3
ジャンプ力(cm)	38	± 7.9	43	± 6.9
閉眼片足バランス・右(秒)	43.3	± 41.6	55.6	± 34.1
閉眼片足バランス・左(秒)	37.5	± 41.6	39.4	± 21.8

群内変化および群間変化量に有意差なし

3. 生活活動状況

開始時の生活活動状況を、質問紙法により得た回答結果を表3に示した。

表3 開始時の対象者における生活活動状況(平均±S.D.)

	運動群(n=6)		対照群(n=5)	
職業				
専業主婦	2		0	
勤労者	2		4	
学生	1		1	
移動手段(複数回答)				
徒歩	3		1	
自動車	2		4	
電車・地下鉄	1		1	
立ち時間(時間)	4±2.5		3.5±0.9	
階段利用状況(階)	3±1.8		4.5±1.5	
喫煙				
吸わない	5		4	
過去喫煙	1		1	
月経				
ほぼ順調	6		4	
時々ある	0		1	
出産経験				
なし	5		3	
あり	1		2	
出産回数	1.1±0.4		1±0.9	
現症				
有	1		0	
無	5		5	
既往歴				
有	0		1	
無	6		4	
運動習慣				
有	1		1	
無	5		4	
運動歴有(5年以内)				
有	2		4	
無	3		1	

4. ジャンプ運動実施状況

ジャンプ運動は、平均50回をおおよそ週2~3回継続。

5. 介入後の基本的属性の検討

介入後の数値および変化量を表4に示した。両群間に有意差はみられなかった。

6. 介入後の骨密度の検討

介入後の数値および変化量を表 5, 図 1 に示した. 両群間に有意差はみられなかった. 運動介入前後での若年成人に対する骨評価値 (%) は, 運動群 (平均±S.D.) は, 99.5±11.6 から, 99.3±6.9 と横ばい (変化量: -0.2%), 対照群は, 103.2±7 から 100±5 に減少した (変化量: -3.2%).

年齢別の介入後の変化量を表 6 に示した. 若年期では運動群で 116 から 130 に増加 (変化量: 14%), 対照群は 109 から 100 に減少した (変化量: -9%). 成人期では運動群で, 97.3±10.3 から 94.8±9 に減少 (変化量: -2%), 対照群は, 105±2.3 から 104±12.5 に減少した (変化量: -1%). 中年期では運動群は, 92 から 87 に減少 (変化量: -5%), 対照群は, 91 から 88 に減少した (変化量: -3%).

7. 脚力測定結果

介入後の数値および変化量を表 7 に示した. 各測定項目において, 両群間に有意差はみられなかった. また, 骨量の変化量と各項目の相関係数を表 8 に示した. 閉眼片足バランス左 (相関係数: 0.88, P<0.05) は, 正の相

関が見られ, 体重 (相関係数: -0.92, P<0.01), ジャンプ力 (相関係数: -0.84, P<0.05) とは, 負の相関が見られた.

8. 生活活動状況

生活行動, 喫煙・病気, 運動は, 移動手段は, 大きな変化はみられなかった.

9. カルシウム摂取の変化と BMD

食事に関しては, カルシウムだけの効果を調べるために, 質問紙表の介入前後の食事の変化を, 1 指標あがれば 1, 下がれば -1 と計算し, 運動群同士で, カルシウムの増加の有無別に比較し, カルシウムの効果が認められるか検討するために, Ca 摂取量変化の有無別, 5 ヶ月後の骨評価値および変化量を表 9 に示した.

表から, Ca 変化なし群で, 全体で運動・対照群間に大きな差 (+2+3=5%) がみられ, 運動+カルシウムの骨密度アップ効果は, Ca 摂取量に多少に関係なく, 安定した Ca 所要量のもと, ジャンプ運動の効果であることが示唆された.

表 4 5 ヶ月後の身長・体重・BMI 測定値および変化量 (平均±S. D.)

	運動群(n=6)				対照群(n=5)				P
	5 ヶ月後		変化量		5 ヶ月後		変化量		
身長(cm)	159 ± 4.6	-0.001 ± 0.3	157.9 ± 6.7	-0.028 ± 0.3	0.454				
体重(kg)	50.3 ± 8.9	-0.01 ± 0.3	54.4 ± 11.6	-0.042 ± 0.4	0.225				
BMI(kg/m ²)	20.9 ± 4.9	0.013 ± 0.3	24.0 ± 6	-0.065 ± 0.3	0.134				

群内変化および群間変化量に有意差なし
P 値: 群間変化量の t 検定

表 5 5 ヶ月後の骨評価値および変化量 (平均±S. D.)

	運動群(n=6)				対照群(n=5)				P
	5 ヶ月後		変化量		5 ヶ月後		変化量		
音響的骨評価値 (OSI(*10 ⁵))	2.679 ± 0.5	-0.003 ± 0.2	2.692 ± 0.3	-0.092 ± 0.3	0.515				
同年齢に対する骨評価値 (%)	99.3 ± 16.4	-0.2 ± 7.2	100 ± 11.2	-3.0 ± 7.6	0.879				
若年成人に対する骨評価値 (%)	99.3 ± 16.8	-0.2 ± 7.2	100 ± 11.2	-3.2 ± 7.7	0.841				

群内変化および群間変化量に有意差なし
P 値: 群間変化量の t 検定

表 6 年代別, 最終骨評価値, および変化量 (平均±S. D.)

	若年期(10代後半)							
	運動群(n=1)				対照群(n=1)			
	5 ヶ月後		変化量		5 ヶ月後		変化量	
音響的骨評価値 (OSI(*10 ⁵))	3.495	0.37	2.702	-0.23				
同年齢に対する骨評価値 (%)	129	12	100	-7				
若年成人に対する骨評価値 (%)	130	14	100	-9				
	成人期(20代・30代)							
	運動群(n=4)				対照群(n=3)			
	5 ヶ月後		変化量		5 ヶ月後		変化量	
音響的骨評価値 (OSI(*10 ⁵))	2.561 ± 0.24	-2 ± 0.02	2.799 ± 0.3	-2 ± 0.1				
同年齢に対する骨評価値 (%)	95 ± 8.8	-2 ± 0.02	104 ± 12.5	-1 ± 0.1				
若年成人に対する骨評価値 (%)	94.8 ± 9.0	-2 ± 0.02	104 ± 12.5	-1 ± 0.1				
	中年期(40代前半)							
	運動群(n=1)				対照群(n=1)			
	5 ヶ月後		変化量		5 ヶ月後		変化量	
音響的骨評価値 (OSI(*10 ⁵))	2.338	0	2.361	-0.08				
同年齢に対する骨評価値 (%)	87	-4	88	-2				
若年成人に対する骨評価値 (%)	87	-5	88	-3				

表7 5ヵ月後の筋力・ジャンプ力・閉眼バランス測定値および変化量(平均±S. D.)

	運動群(n=6)			対照群(n=5)			P
	5ヵ月後	変化量		5ヵ月後	変化量		
膝伸展力右(kg)	23.0 ± 7.3	-0.043 ± 0.2		31.1 ± 15.1	-0.081 ± 0.3		0.943
膝伸展力左(kg)	23.8 ± 7.3	0.007 ± 0.1		27.7 ± 15.3	0.013 ± 0.3		0.583
膝屈曲力右(kg)	9.2 ± 3.2	0.914 ± 1.2		11.6 ± 5.5	-0.198 ± 0.3		0.943
膝屈曲力左(kg)	9.5 ± 2.7	0.733 ± 1.0		11.8 ± 5.2	0.071 ± 0.5		0.134
ジャンプ力(cm)	38.0 ± 6.6	0.001 ± 0.003		42.0 ± 5.1	-0.001 ± 0.01		0.54
閉眼片足バランス・右(秒)	67.5 ± 49.0	-0.031 ± 0.1		40.8 ± 21.7	0.014 ± 0.01		0.526
閉眼片足バランス・左(秒)	49.3 ± 47.3	0.004 ± 0.1		42.0 ± 28.8	0.112 ± 0.1		0.438

群内変化および群間変化量に有意差なし

P値: 群間変化量のt検定

表8 運動群の骨密度変化量と各項目における相関係数

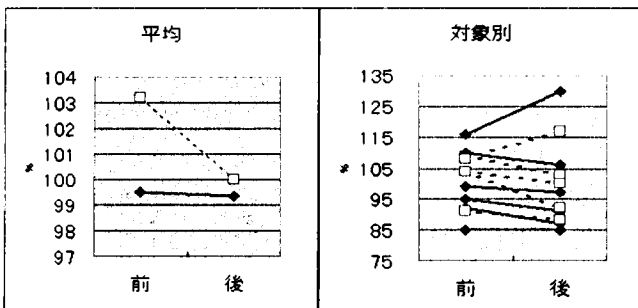
	相関係数
身長(m)	0.26
体重(kg)	-0.92 **
BMI(kg/m ²)	-0.24
膝伸展力・右(kg)	-0.664
膝伸展力・左(kg)	-0.79
膝屈曲力・右(kg)	-0.5
膝屈曲力・左(kg)	-0.55
ジャンプ力(cm)	-0.84 *
閉眼片足バランス・右(秒)	0.88 *
閉眼片足バランス・左(秒)	0.06

注) *P<0.05, **P<0.01.

表9 Ca摂取量変化の有無別にみた運動介入による骨密度変化(平均±S. D.)

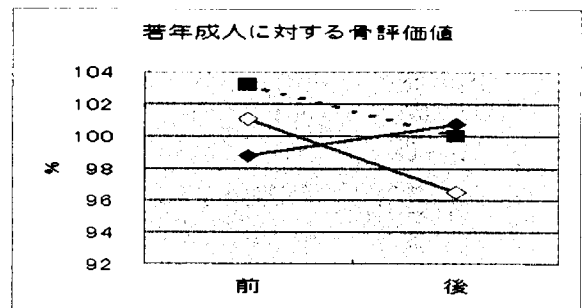
	Ca摂取量変化なし			
	運動群(n=4)		対照群(n=5)	
	5ヵ月後骨密度	変化量	5ヵ月後骨密度	変化量
音響的骨評価値(OSI(*10 ³))	2.7 ± 0.5	0.06 ± 0.2	2.69 ± 0.1	-0.09 ± 0.09
同年齢に対する骨評価値(%)	100.7 ± 20.1	2.0 ± 8.1	100 ± 5	-3.0 ± 3.4
若年成人に対する骨評価値(%)	100.7 ± 20.1	2.0 ± 8.1	100 ± 5	-3.2 ± 3.4

	Ca摂取量変化あり(増加2名)			
	運動群(n=2)		対照群(n=0)	
	5ヵ月後骨密度	変化量	5ヵ月後骨密度	変化量
音響的骨評価値(OSI(*10 ³))	2.6 ± 0.3	-0.12 ± 0.03		
同年齢に対する骨評価値(%)	98.5 ± 13.4	-4.5 ± 0.7		
若年成人に対する骨評価値(%)	96.5 ± 13.4	-4.5 ± 0.7		



—◆— 運動群 -□- 対照群

図1 対象者における若年成人に対する骨評価(%)の介入前後の変化



—◆— 運動群(変化なし) -□- 対照群(変化なし) —◆— 運動群(変化あり)

図2 Ca摂取量変化の有無別, 5ヵ月後の骨評価値

IV. 考察

1. 骨密度と生活活動状況の検討

生活活動への介入研究により、骨量増加が報告されている⁴¹⁻⁴⁴⁾。そのために、本研究では、運動とCa摂取との効果を見るために、介入前後で質問紙調査を実施した。調査結果から大きな変化は見られず、骨量への影響は、運動とCa摂取と考えられる。

2. 骨密度と簡単なジャンプ運動

本研究では、統計的な有意差はなかったものの、平均すると、骨密度は、運動群は横ばい、対照群は3%減少という結果になった。Basseyの研究では、運動群は2.8%増加、対照群は横ばいで、我々と両群間の差は同等である。

1) 若年期 (18~19歳)

若年期 (18~19歳) は、運動群は骨量増加、対照群は骨量減少という結果になった。大幅に骨量増加したケースの介入前後の牛乳・乳製品からのCa摂取量の変化を表10に示した。

表10 骨密度が大幅に増加したケースの牛乳・乳製品からのCa摂取量の変化

	運動前	運動後
牛乳		
週平均(日)	4.5	1.5
コップ(杯)	2	1
推測Ca摂取量(mg)	1,800	300
	(Ca200mg×2×4.5)	(Ca200mg×1×1.5)
乳製品		
週平均(日)	なし	4.5
推測Ca摂取量(mg)		1,170
		(Ca130mg×2×4.5)
推測合計(mg)	1,800	1,470

ジャンプ運動は50回を週2~3回継続、その他生活活動変化なし、また、喫煙、月経、病気等の変化はなかった。介入研究前後の食生活を検討したところ、牛乳の摂取が減ったものの、開始時は乳製品をほとんど食べていない状況から、介入研究終了時には、週3~6日摂取していた。ほぼ毎日、ヨーグルトを摂取していた点から考えると、1日のCa含有量600mgよりも多く摂取していたと推測される。

2) 成人期 (29~39歳)

成人期 (29~39歳) では、両群ともに骨密度は、横ばいであった。しかし、運動歴から検討すると、運動歴が長い程、骨密度は高く、現在の運動量からも相関が見られたと報告されており¹⁴⁻²¹⁾、運動歴の多かった対照群(5名中4名が運動歴あり)は、本研究でも開始時の骨密度

は運動した人よりも高かった。

3) 中年期 (40歳代)

中年期 (40歳代) においては、両群ともBMDは減少した結果となった。これは、加齢に伴う減少と推測される。

3. カルシウム所要量の検討

本研究では、サプリメント補充をせずに、日常の食生活で、出来るだけ多くカルシウムを摂取するよう呼びかけた。Ca所要量の設定は、少なくとも厚生労働省が推奨する600mgを超え、できるだけ多く摂取することを目標とした。

Basseyらは、1日、1400mg~1650mgのカルシウムをサプリメント補充も行い摂取させ、ジャンプ運動の効果を述べているが、本研究の趣旨である、サプリメント等を用いず、食生活の中でCa摂取することを考えると、骨量を維持増進するためには、鮭の中骨缶詰(Ca:2000mg)などを有効活用する。つまり、従来の1日600mgのCa摂取から、1日1000mg~1500mgのCa摂取を目指して、カルシウムを多く含む食品の推奨はもちろんのこと、骨形成に必要なビタミンD、ビタミンK摂取の促進が必要であることが明らかになった。

以上、カルシウムと運動の関連を総じて考察する。本研究では、運動による骨密度増加がカルシウムを十分摂取していることでより効果が認められること、カルシウム摂取量を正確に計測することの煩雑性、サプリメントを用いることを避けたい希望から、運動群、対照群ともに、カルシウム摂取推奨をすすめ、運動群には簡単なジャンプ運動指導を行うという方法を取り、その介入の効果をみた。平均では、運動群で骨密度増加効果が認められ、この介入により効果が認められることが確認できたと考える。

4. 筋力測定結果の検討

介入実験前後で測定した結果、運動群において、閉眼片足バランス・右において正の相関がみられ、簡単なジャンプ運動の効果が示唆された。閉眼片足バランス測定は、体平衡機能の測定であり、姿勢の保持、変換を円滑に行うとともに、効率的な上下肢の運動を保護するものであり、視覚・前庭・体性からの感覚を得て小脳・脳幹をはじめとする中枢神経系で統合した情報を筋に出力する一連の過程である。日常生活及び一般社会での直立姿勢、歩行では、体のバランスを維持する平衡機能の役割は多い。加齢とともに運動機能が全般的に低下することは自明であり、とりわけ直立姿勢を保持する機能が損なわれることは、生活に様々な制約をもたらす。高齢者の場合なおさらであり、運動時だけでなく、日常生活での転

倒、転落の事故が多く、その原因の一つに、老化に伴う平衡機能の低下が挙げられている。本研究での閉眼片足バランス能力増加は、転倒を発症させる、危険因子の一つである、平衡機能向上に効果があったと考えられる⁴⁵⁾。

V. 結論

有経女性における、簡単なジャンプ運動指導の介入が、骨密度に及ぼす影響を検討する目的で、10代から40代までの閉経前の健常成人、有経の健常女性対象者11名(終了時)を対象として、5ヶ月間の介入が、骨密度、身体機能に及ぼす影響について検討・考察した。その結果、十分なカルシウム摂取と、簡便なジャンプ運動により、骨密度増加が期待できることが示唆された。

謝辞：本稿を作成するにあたり、仙台大学 石川旦教授、無江季次教授、佐藤佑教授から貴重な資料、ご助言を頂きましたことをここに感謝致します。

引用文献・参考文献

- 1) JE Birren, *et. al.* 三谷嘉明訳 (2001) The concept and measurement of quality of life in the frail elderly. 虚弱な高齢者の QOL, Academic press. inc. 医歯薬出版.
- 2) 骨粗鬆症財団 (2000) 骨粗鬆症予防マニュアル, 日本医事新報社.
- 3) JF Sallis, N Owen, 訳; 竹中晃人ら (2000): 身体活動と行動医学, 北大路出版.
- 4) 山本吉蔵 (1993) 骨粗鬆症の概念と定義. 医学のあゆみ. 16 (9) : 499-501.
- 5) 清野佳紀 (1993) 小児・思春期における骨粗鬆症. 医学のあゆみ. 165 (9) : 502-507.
- 6) 水口弘司, 五来逸雄 (1993) 閉経後骨粗鬆症. 医学のあゆみ. 165 (9) : 508-511.
- 7) 山崎薫, 井上哲郎 (1933) 老人性骨粗鬆症, 医学の歩み 165(9) : 508-511.
- 8) A Miyamoto, T Shigematsu (1998) Medical baseline data collection on bone and muscle change with space flight, Bone22(5)79-82.
- 9) 厚生労働省 (2000) 「健康日本 21」 「平成8~12年度 厚生白書」
- 10) 武藤芳照 (2002) 転倒予防教室, 日本医事新報社.
- 11) 細井貴之ら (1998) 「本音で語る」 骨粗鬆症の診療, 永井書店.
- 12) 折茂 肇, 清野佳紀 (1996) 骨の生理と病態. CLINICIAN. 454.
- 13) 清野佳紀 (1998) 骨を鍛えるために, 金原出版株式会社.
- 14) 林 泰史 (1999) 骨粗鬆症における運動の意義と実際. 臨床スポーツ医学. 16 (6) 665-671.
- 15) SA Jamal, R Ridout (1999) Bone mineral density testing and osteoporosis education improve lifestyle behaviors in pre-menopausal women. Journal of Bone and Mineral Research. 14 (12) : 2143-2149.
- 16) CM Ulrich, CC Georgiou (1999) Lifetime physical activity is associated with bone mineral density in premenopausal women. Journal of Women's Health. 8(3) : 365-375.
- 17) 中林朋子, 広田孝子 (1997) 骨密度上昇期, 維持期, 減少期における腰椎・大腿骨近位部・全身骨への影響因子の相違. Osteoporosis Japan 5(2) : 27-29.
- 18) 広田孝子, 木藤由紀 (1995) 思春期における Longitudinal Study による骨量増加の検討. Osteoporosis Japan 3(4) : 74-77.
- 19) 広田孝子, 真砂江美 (1991) 若年時からの骨粗鬆症の積極的予防. 体力研究 77 : 113-121.
- 20) 広田孝子, 城川法子 (1996) 若年期から老年期にわたる SXA 法による踵骨骨密度との相関因子. Osteoporosis Japan 4(2) : 36-39.
- 21) 田端 泉 (1998) 中高年女性の骨塩量意地のための運動処方について. 臨床スポーツ医学. 15 (7) 747-750.
- 22) 鳥居 俊 (1998) 運動による骨量減少, 骨・関節・靭帯 11 (7) : 757-763.
- 23) 乗松 尋道 (1998) 運動による骨量増加, 骨・関節・靭帯 11 (7) : 753-756.
- 24) L Halioua, JJB Anderson (1989) Lifetime calcium intake and physical activity habits: independent and combined effects on the radial bone of healthy pre-menopausal Caucasian women. Am J. Clin. Nurth49 : 534-541.
- 25) BA Wallace, RG Cumming. (2000) Systematic review of randomized trials of the effect of exercise on bone mass in Pre-and post-menopausal Women. Calcified Tissue International. 67(10) : 10-18.
- 26) K Khan, H Mckay (2001) Physical activity and bone health. Human Kinetics.
- 27) PB Gleeson, EJ Protas (1990) Effects of weight lifting on bone mineral in pre-menopausal women density. Journal of Bone and Mineral Research. 5(2) : 153-158.
- 28) TM Dornemann, RG McMurray (1997) Effects of high-intensity resistance exercise on bone mineral density and muscle strength of 40-50-year-old woman. J Sports Med Phys Fitness37 : 246-251.

- 29) A Friedlander, HK Genant (1995) A Two-Year Program of Aerobics and weight training enhances bone mineral density of young women. *Journal of Bone and Mineral Research*. 10(4) : 574-585.
- 30) T Lohman, S Going (1995) Effects of resistance training on regional and total bone mineral density in pre-menopausal women : a randomized prospective study. *Journal of Bone and Mineral Research*. 10(7) : 125-128.
- 31) M Sinaki, H Wahner (1996) Three-year controlled, randomized trial of the effect of dose-specified loading and strengthening exercises on bone mineral density of spine and femur in nonathletic, physically active women. *Bone* 19 : 233-244.
- 32) C Snow-Harter, ML Bouxsein (1992) Publishers effects of resistance and endurance exercise on mineral status of young women : a randomized exercise intervention trial bone. *Journal of Bone and Mineral Research*. 7(7) : 761-769.
- 33) 鈴木政登, 清水桃子 (1997) 最大酸素摂取量, 肥満度, 血圧および血清脂質レベルを指標に選別した中高年健康女性の骨密度および筋量の加齢変化. *Osteoporosis Japan*. 5(3) : 81-89.
- 34) 楊 鴻生 (2000) 骨粗鬆症に対する運動療法, 臨床スポーツ医学. 17 (2) 157-161.
- 35) A Heinonen, P Kannus (1999) Good Maintenance of high-impact activity-induced bone gain by voluntary, unsupervised exercises : An 8-month follow-up of a randomized controlled trial. *Journal of Bone and Mineral Research*. 14(1) : 125-128.
- 36) A Heinonen, P Kannus (1996) Randomized controlled trial of effect of high-impact exercise on selected risk factors for factors for osteoporotic fractures. *Lancet* 348 : 1347-1347.
- 37) EJ Bassey, MC Rothwell, JJ Littlewood, and DW Pye (1998) Pre-and postmenopausal women have different bone mineral density responses to the same high-impact exercise. *Journal of Bone and Mineral Research*. 14(1) : 1805-1813.
- 38) E J Bassey, SJ Ramsdale (1994) Increase in femoral bone density in young high-impact exercise. *Osteoporosis International* 4 : 72-75.
- 39) 細川麻美, 広田孝子 (1998) 有経成人女性における骨量改善のための栄養と運動. *Osteoporosis Japan* 6(2). 15-19.
- 40) アロカ社 (1997) 超音波骨評価装置. AOS-100, 技術資料
- 41) LH Kuller, LRS Silverman (2001) Women's healthy lifestyle project: A Randomized clinical trial results at 54 months. *circulation*. 103 : 32-37.
- 42) LM Saiamone, JA Cauley (1999) Effect Of a lifestyle intervention On bone mineral density in pre-menopausal women : a randomized trial. *Am J Clin Nurth* 70 : 97-1031.
- 43) 西田弘之, 竹本康史 (2000) 30歳代女性における2年間の骨密度推移と生活習慣との関係. *民族衛生*. 66 (1) : 28-37.
- 44) 劉仲玉, 華力夫 (2000) 中国内モンゴールの都市部, 農村部および草原部における閉経前女性の骨粗鬆症関連要因の比較研究—生活習慣, 第2中手骨骨量および骨代謝マーカーの関連を中心に—. *民族衛生*. 66 (1) : 14-27.
- 45) 辻 秀一 (1998) 更年期女性における運動処方ターゲットと骨密度の位置づけ—QOL を見据えた考え. *臨床スポーツ医学*. 15 (7) 741-745.
- 46) CJR Blimkie, S Rice (1996) Effects of resistance training on bone mineral content and density in adolescent females. *Can J Physiol* 74 : 1025-103