

令和 4 年 6 月 22 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K11718

研究課題名(和文) BONEプログラムが要介護者の骨密度と運動機能に及ぼす有効性

研究課題名(英文) Effectiveness of the BONE Program on Bone Density and Motor Function in People Requiring Care

研究代表者

黒坂 志穂 (Shiho, Kurosaka)

広島大学・人間社会科学研究科(教)・准教授

研究者番号：80580901

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、椅子の上で誰もが簡単にできる骨粗しょう症予防運動としてBONEプログラムを開発し、骨密度の増加及び骨格矯正による運動機能改善を目的として、プログラムの検証を行うことであった。効果検証の被験者として、骨粗しょう症が著しく問題視されている要介護者、及びピーク骨密度を示す10-20代女性とし、BONEプログラムの骨密度と、歩行機能への効果検証を行った。その結果、要介護者及び若年女性ともに有意な骨密度の増加効果が認められ、特に要介護者においては有意な歩行速度向上と、足底圧分布の正常化が認められた。このことから、BONEプログラムは介護予防体操としても期待できるものであると考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、世界的な健康問題としてクローズアップされている骨粗鬆症をはじめとした運動機能障害の問題解決に焦点を当てた運動プログラムを開発し、その効果検証を行ったところに学術的意義がある。また、本研究で開発したBONEプログラムは、椅子の上でも誰もが安全に・簡単に実施できるよう作成されており、骨密度増加のための科学的根拠を元にした動きで構成されており、本研究で効果が認められたことから、今後普及を行い、社会貢献にも大きく役立つと考えられる。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to develop the BONE program as an osteoporosis prevention exercise that anyone can easily perform on a chair, and to validate the program for the purpose of increasing bone density and improving motor function through skeletal correction. The subjects for the effectiveness verification were persons requiring nursing care, whose osteoporosis is considered to be a significant problem, and women in their 10s to 20s who showed peak bone mineral density.

The results showed that the BONE program significantly increased bone density in both those in need of nursing care and young women, and in particular, significantly increased walking speed and normalized plantar pressure distribution in those in need of nursing care. This suggests that the BONE program has potential as a preventive exercise for caregivers.

研究分野：ヘルスプロモーション

キーワード：骨密度 ロコモティブシンドローム 歩行機能

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

申請者はこれまで、床や椅子に座った状態で骨を強化する「BONE プログラム」を行うことで、骨強度や足底圧分布が有意に改善することを秋かにしてきた。しかし、ADL に障害のある高齢者において、本プログラムが骨強度、歩行能力、足底圧分布を改善するかどうかは不明である。さらに、臨床医は、足部機能訓練プログラムについて、エビデンスに基づく推奨を行うという課題に直面していた。

2. 研究の目的

本研究では、要介護認定者を対象に、申請者が開発した BONE プログラムが骨密度の増加や運動機能の向上における有効性の検証、及び骨密度増加について他トレーニングとの比較を行った。

そこで、本研究の目的は、ADL 障害のある高齢者において、足部機能訓練が歩行能力、足底圧分布、および骨強度に及ぼす影響を検討した。先行研究に基づき、BONE プログラムは、足底圧分布と足部の骨強度を改善し、結果として歩行能力を向上させると仮定した。

3. 研究の方法

本研究は、単施設無作為化比較試験として 4 ヶ月間、介護施設において、広島大学大学院教育学研究科研究倫理委員会の承認を受け、参加者全員が本研究への参加について書面によるインフォームドコンセントを実施した。介入群 (n = 14 [支援レベル 2、n = 1 ; 介護レベル 1、n = 8 ; 介護レベル 2、n = 2 ;

介護レベル 3、n = 2 ; 介護レベル 4、n = 1]) および対照群 (n = 13 [支援レベル 2、n = 1 ; 介護レベル 1、n = 5 ; 介護レベル 2、n = 5 ; 介護レベル 3、n = 2]) 27 人 (79%) が 4 ヶ月間の追跡調査と評価を完了した。測定項目は踵骨における超音波骨密度測定 (QUS)、歩行時における足底圧分布及び歩行速度であり、4 か月間の前後において計測を行った。尚、介入群は 4 か月間、週 2 回、60 分間の BONE プログラムを実施した。尚、被験者の身体特性は Table1 に示した。

Table 1

Descriptive characteristics of study participants.

	Intervention group (n = 14)	Control group (n = 13)
Age (years)	86.1 ± 5.2	84.6 ± 6.1
Women (number)	10	10
Body mass (kg)	49.8 ± 8.5	46.8 ± 8.1
Body height (cm)	152.9 ± 7.1	148.1 ± 9.0
BMI (kg/m ²)	21.2 ± 2.3	21.3 ± 2.5

Data are expressed as mean ± standard deviation. BMI: body mass index.

4. 研究成果

1.) 歩行速度

歩行速度には群間時間相互作用がみられた (p < 0.001)。対照群では、訓練期間前後の歩行速度に有意差は認められなかった (p = 0.078, d = 0.29, Table 2)。しかし、介入群では、トレーニング後の歩行速度がトレーニング前に比べて有意に増加した (p < 0.001, d = 0.98)。訓練期間後の歩行速度は、介入群では対照群に比べ有意に高かった (p = 0.047, d = 0.80)。歩行速度は、SOS および推進相における前足部と後足部のピーク圧と相関があった (SOS : r = 0.52, p < 0.001 ; 前足部 : r = 0.27, p = 0.048 ; 後足部 : r = -0.43, p = 0.001)。

2.) 超音波骨密度測定項目 (Sound of Speed; SOS)

群間時間相互作用が認められた (p < 0.001)。対照群では、トレーニング期間後の SOS はトレーニング期間前に比べて有意に減少した (p = 0.001, d = 0.39, Table 2)。しかし、介入群では、トレーニング後の SOS はトレーニング前に比べて有意に増加した (p < 0.001, d = 0.79)。また、トレーニング期間後の SOS は、介入群では対照群に比べ有意に高かった (p = 0.042, d = 0.83)。

3.) 足底圧分布

介入群におけるトレーニング前後の足底圧分布の平均的な変化を Figure1 に示した。介入前では、後足部の圧力は歩行全体を通して観察された。しかし、介入後、この圧力は推進期には観察されなかった。推進期における前足部のピーク圧力は、介入群で対照群より有意に高かった (p = 0.003, Table 2)。知覚指標 RPE に群間有意差はなかった。しかし、感情価、知覚活性度は介入群が対照群より有意に高かった (感情価 : 介入 2 [-2-5]、対照 0 [-4-0]、p < 0.001 ; 知覚活性度 : 介入 3 [0-5]、対照 0 [-4-2]、p = 0.001 ; 中央値 [最小-最大値])。

Table 2

The gait speed, speed of sound (SOS), and peak pressures of the forefoot and rearfoot between the groups.

	Intervention group (n = 14)			Control group (n = 13)		
	Before	After	Δ	Before	After	Δ
Gait speed (m/s)	0.61 ± 0.22	0.84 ± 0.26 ^{*#}	-	0.72 ± 0.33	0.63 ± 0.27	-
SOS (m/s)	1536 ± 16	1550 ± 19 ^{*#}	-	1542 ± 29	1530 ± 28 [#]	-
Peak pressure (%)						
Fore foot						
Contact phase	39.4 (0.0–86.3)	36.6 (0.0–80.5)	1.0 (-51.2–51.5)	43.5 (14.4–74.8)	54.4 (9.8–69.4)	3.1 (-44.4–52.6)
Propulsive phase	65.8 (0.0–81.3)	70.9 (51.4–87.8)	2.9 [#] (-12.5–59.7)	71.9 (34.4–83.6)	63.8 (7.1–85.0)	-7.0 (-38.2–26.2)
Rear foot						
Contact phase	103.2 (39.4–138.5)	90.8 (63.6–284.2)	0.5 (-39.6–153.0)	106.9 (83.6–67.3)	91.4 (26.6–150.8)	0.0 (-90.4–62.0)
Propulsive phase	14.3 (0.0–126.9)	0.0 (0.0–31.4)	-14.3 (-119.6–29.0)	11.3 (0.0–162.6)	3.9 (0.0–139.4)	-8.1 (-59.4–59.9)

Gait speed and SOS data are expressed as mean ± standard deviation (n = 27).

Peak pressure data are expressed as median (minimum–maximum) (n = 27).

* Significant difference between the groups (p < 0.05), # Significant difference from the Pre (p < 0.05).

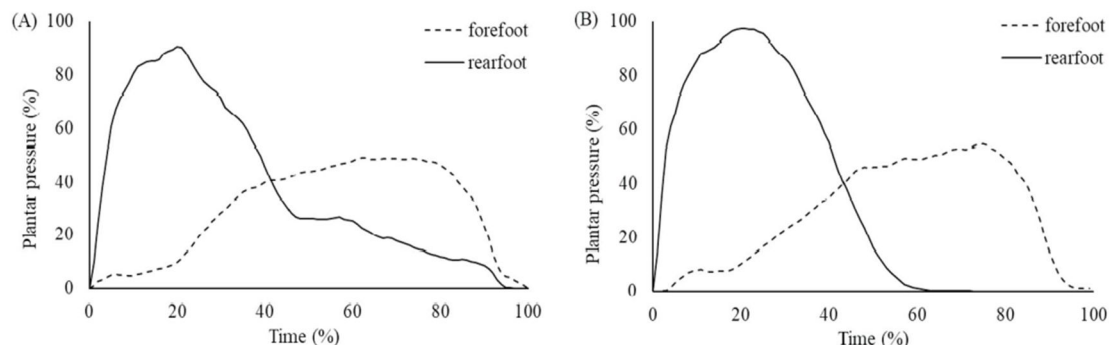


Figure 1. The plantar pressure distribution of the mean values before (A) and after (B) the physical training in the intervention group. Data are expressed as mean (n = 27). Error bars are omitted for clarity.

ADL に障害のある高齢者において、足部機能訓練がこれらのアウトカムに及ぼす影響について検討した先行研究はない。そこで、本研究では、足部機能に着目した介入を行い、新規性の高い研究を行った。本研究の主な結果は、週 2 回、4 ヶ月間、60 分の足部機能訓練により、歩行速度が 39% 向上したことである。歩行速度の低下はいくつかの有害な結果と関連する可能性があるため、歩行速度の改善は ADL 障害のある高齢者にとって特に重要である。Abellan Van Kan らは、身体トレーニング後に歩行速度が 0.1m/s 向上すると、死亡の絶対リスクが 17.7% 減少することを示唆した。本研究で得られた足部機能訓練後の歩行速度の増加率は、最近発表された多成分の身体訓練を用いた研究 (Arieta らの研究では 14%、Cadore らの研究では 5%) よりも高い値である。これらの結果は、ADL 障害を有する高齢者の歩行速度増加、将来の健康関連イベントのリスク低減 (すなわち、死亡リスクの減少) に足部機能訓練が有効である可能性を示唆するものである。踵の SOS は日本人高齢者の非脊椎骨折を予測することができる。したがって、日本人高齢者の非脊椎骨折の予防には、踵の SOS の維持 / 向上が重要である可能性がある。多くの研究が、身体トレーニングが高齢者の骨強度を増加させ、または骨強度の低下を防ぐことを示唆している。本研究でも、4 ヶ月間の足部機能トレーニングが、SOS に基づくエビデンスに従って骨強度を改善することが報告された。4 ヶ月間の足部機能訓練後の SOS の増加の大きさは、介入群で約 1SD であった。藤原らによると、日本人高齢者において、SOS が 1SD 減少すると、股関節骨折のリスク比は 2.50、手首骨折のリスク比は 1.44、非脊椎骨折のリスク比は 1.54 であった。したがって、本研究で観察された SOS の改善は、ADL 障害を有する高齢者にとって臨床的に重要である可能性がある。また、本研究の参加者は先行研究 (64.5 ± 5.5 歳) よりも高齢 (86.1 ± 5.2 歳) であるが、本研究の足部の SOS の増加率は先行研究 (それぞれ 0.9%、0.2%) と比べて高い。また、骨強度はこれらの刺激が加わった部位でのみ増加する。したがって、足部に機械的負荷を与えることを目的とした足部機能訓練は、従来の身体訓練と比較して足部の骨強度の増加により効果的である可能性がある。ADL 障害を有する高齢者において身体訓練が足底圧に影響するかについては先行研究がないため、足底圧分布について検討した。歩行時の足底圧曲線では、通常、最初の小さなピークの後、体重 1.0 から 1.5 までのピークを持つ二峰性の波形が観察される。特に、接触時間 70% において観察される二峰性の波形は、歩行の接地反力の水平成分に関連しているため、高速歩行には重要である。さらに、先行研究において、前足部のピーク圧 (バイモーダル波形の大きさ) は歩行速度と関連していた。さらに、本研究では、歩行速度と推進相における前足部のピーク圧の相関は、この先行研究を支持するものであった。しかし、高齢者では推進相で踵を地面につけることが困難であるため、二峰性の波形は観察されなかった。このことから、高齢者は高速歩行のための剪断力を得ることができない可能性が示唆された。本研究では、介入前の歩行では足裏全体が地面に接地していたが (Figure 1A)、足部機能訓練により推進相では後足部の足底圧分布が減少していた (Figure 1B)。さらに、足部機能訓練により推進相における前足部の足底圧のピーク値が改善された (Table 2)。このように、足部

機能訓練による歩行速度の向上は、推進相における足底圧分布の改善に起因していると考えられる。足部機能訓練による足底圧分布の改善については、そのメカニズムについては検討しなかった。足部機能訓練の長所は、床や椅子に座った状態で行うため、怪我のリスクがないことであった。さらに、有害事象もなかった。

ADL 障害のある高齢者の多くは、怪我への恐怖から運動プログラムの実施を躊躇しているが、本研究で得られた結果は、要介護者への運動プログラムとしての臨床応用を支持するものである。

本研究には、対処すべきいくつかの限界がある。まず、参加者の身体機能の幅が狭かったため、結果の一般化には限界がある。先行研究では、トレーニング前の身体機能が悪い参加者では、身体トレーニング後に有意な身体機能の改善が認められたが、トレーニング前の身体機能が良い参加者では、トレーニング効果はほとんど認められなかったと報告されている。また、本研究では、トレーニング前の身体機能が悪い参加者の歩行速度と同等であったため、本研究の参加者と比較して身体機能が高い人で、今回の結果が得られるかどうか判断がつかない。さらに、本研究の参加者では、歩行能力の向上は認められたが、他の活動での制限については調査されていない。以前のレビューでは、身体トレーニングが ADL 障害のある高齢者の標準化された ADL 測定値を改善することが示唆されている。したがって、今後の研究では、足部機能トレーニングが他の活動の制限に影響するかどうかを調査する必要がある。最後に、QUS は骨密度の最適な測定法ではないが、本研究では使用した。骨強度については二重エネルギー X 線吸収測定法 (DXA) がより良い測定法である。しかし、QUS は DXA とは異なり、骨質を評価し、骨折リスクに関する独立した情報を提供できる。過去の研究では、股関節骨折の予測において QUS は DXA よりも優れていると思われることが示唆された。さらに、本研究では、広帯域超音波減衰などの QUS の他のパラメータは、我々の QUS 装置がこの変数の評価ができないため、測定していない。しかし、日本人集団では、SOS は広帯域超音波減衰よりも股関節骨折の予測因子として優れている可能性がある。したがって、本研究で観察された SOS の改善は臨床的に重要である。

結論

Bone プログラムは、足部の骨強度と足底圧分布を有意に改善した。これらの改善により、歩行速度の向上が認められた。ADL 障害のある高齢者に 4 ヶ月間の足部機能訓練を勧めるべきである。

謝辞

参加者と介護施設の協力を感謝いたします。
また、本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究 (19K11718) の助成を受け、実施できたことに感謝いたします。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Takuma Yanaoka ; Yuko Yamasaki ; Takeshi Ueda ; Ayumi Tanigashira ; Tatsuya Deguchi ; Yoshio Yuzaki ; Senju Mori ; Shiho Kurosaka	4. 巻 14
2. 論文標題 The Effect of Foot Functional Training on Gait Ability in Older Adults with Activities of Daily Living Disability: A Randomized Controlled Trial	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Gerontology	6. 最初と最後の頁 320,326
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.6890/IJGE.202011_14(4).0013	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Shiho Kurosaka, Takeshi Ueda, Yuko Yamasaki, Ayumi Tanigashira, Tatsuya Deguchi, Ken Okihara, Yoshio Yuzaki	4. 巻 31-9
2. 論文標題 Effect of the "Building Osteo Neatly Exercise" program on quantitative ultrasound parameters and plantar pressure distribution for college-aged females.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of physical therapy science	6. 最初と最後の頁 717,723
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1589/jpts.31.717	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 黒坂志穂, 上田毅, 出口達也, 森菜旺未, 勇崎賀雄	4. 巻 34
2. 論文標題 骨形成促進プログラムが閉経後女性の骨粗鬆症改善に及ぼす効果	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 健康科学研究助成成果報告書	6. 最初と最後の頁 121.125
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Shiho Kurosaka, Takeshi Ueda, Tatsuya Deguchi, Ken Okihara, Yoshio Yuzaki
2. 発表標題 Effects of the Building Osteo Neatly Exercise (BONE) program on quantitative ultrasound parameters and plantar pressure distribution in college-aged women
3. 学会等名 Sports Medicine Australia Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shiho Kurosaka, Ayumi Tanigashira, Takuma Yanaoka.
2. 発表標題 The comparison of the plantar pressure distribution during walking in healthy university students and locomotive syndrome patients.
3. 学会等名 14th International Congress of Physiological Anthropology (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------