

健康栄養補助食品や運動が骨密度に与える影響：予備研究

大城 己琉¹⁾ 迎 美 夢¹⁾ 山崎 愛海¹⁾ 大草 美空¹⁾ 川野 紗也香¹⁾

指導教員：坂本 飛鳥

要旨：目的：運動のみ，Milk Basic Protein (MBP)，ビタミンD，カテキン，ケール青汁の中でどれが最も踵骨の骨密度に対する効果があるか検討する。対象：20代の大学生5名（男子学生1名，女子学生4名）を対象とした。方法：対象者5名に対し，一般的に骨密度を強化できると言われている健康栄養補助食品や運動を3か月摂取，実施し，その前後とフォローアップ3か月後に骨密度と体成分を測定した。男子学生は週3回（1回30分）運動のみを実施した。女子学生は1人ずつそれぞれMBP，ビタミンD，カテキン，ケール青汁を3ヶ月間（R 4.10.13～R 5.01.11），1日1回摂取し，同時に週3回（1回30分）の運動を行った。また，体調管理の為，血糖値測定を週1回行った。結果：運動のみ行っていた男子学生とMBP，カテキン，ケール青汁を摂取した女子学生の踵骨の骨密度の増加が見られた。しかし，ビタミンDを摂取した女子学生の踵骨の骨密度は減少した。フォローアップ3か月後では，運動のみとカテキン，ケール青汁のサプリメントを摂取した学生の踵骨の骨密度の減少が見られた。MBPとビタミンDのサプリメントを摂取した学生の踵骨の骨密度の変化は少なかった。結語：今後は対象人数を増やし，さらに検証していくとともに，高齢者や閉経後の女性に対しても同じ効果があるか明らかにしていく必要がある。

キーワード：骨密度，体脂肪量，健康栄養補助食品，運動

I. はじめに

近年，超高齢化が進む中で，国内では骨粗鬆症患者の急増が問題視され，大腿骨近位部骨折受傷者も増加している¹⁾。骨粗鬆症は骨強度が低下することにより骨折のリスクが高くなる骨の障害と定義されている²⁾。我が国の骨粗鬆症の有病率は年齢とともに増加し，75歳以上では50%を超え，今後高齢化とともに骨粗鬆症の有病率はさらに増加すると予測されている¹⁾。したがって，早急に骨粗鬆症の予防に取り組むことは重要である。骨密度は，単位面積あたりの骨の重さであり³⁾，骨に取り込まれるCaの量（骨形成）と骨から排出されるCaの量（骨吸収）のバランスによって決まる⁴⁾。

骨密度は成長とともに増加し，20歳前後に最大となり（最大骨量），30歳代からは徐々に減少し，老年期に入ると急速に減少する⁵⁾。また，女性は閉経後に女性ホルモンであるエストロゲンが減少する。エストロ

ゲンには破骨細胞を抑制する働きがあり，エストロゲン欠乏によりこの抑制が解除される。その結果，骨からのCa吸収が促進され，閉経後は骨密度が減少する⁵⁾。骨粗鬆症予防の生活習慣指導の主たる項目は，食事からのカルシウム摂取の改善と運動指導である⁶⁾。骨密度に関する先行研究によると，サプリメント（Milk Basic Protein (MBP)，ビタミンD）や緑茶（カテキン），ケール青汁を摂取し，運動を行うと骨強化作用や骨量減少の緩和効果が期待されると報告されている^{7)~9)}。MBPとは牛乳に含まれる天然の微量たんぱく質で，骨形成促進作用と骨吸収抑制活性の機能がある。ビタミンDの作用はCaとPの骨再吸収があり，カテキンには，骨密度減少の緩和効果がある。ケール青汁には骨吸収抑制の作用があるビタミンKと骨形成促進の作用があるCaが含まれている。そこで本研究は，運動のみ，MBP，ビタミンD，カテキン，ケール青

受付日：2023年10月31日，採択日：2023年12月4日

1) 西九州大学 リハビリテーション学部 リハビリテーション学科 理学療法専攻
〒842-8585 佐賀県神埼市神埼町尾崎4490-9 TEL：0952-52-4191

汁の中でどれが最も踵骨の骨密度を増加させる効果があるか検討することを目的とした。

II. 方法

20代学生5名（男子学生1名，女子学生4名， 20.4 ± 0.5 歳）を対象とした。同年代の踵骨の骨密度の平均値を知るために学生33名（男子学生21名，女子学生12名， 20.5 ± 0.5 歳）の骨密度を測定した。対象者には研究の趣旨を説明し，調査への参加は強制ではないこと，調査により取得されたデータは研究以外の目的で使用しないこと，またデータは匿名化され使用されることを口頭で説明し，本人の同意を得て開始した。

対象者5名に対し，一般的に骨密度を強化できると言われている健康栄養補助食品や運動を3か月摂取，実施し，その前後とフォローアップ3か月後に骨密度と体成分を測定した。男子学生は週3回（1回30分）の運動のみ行った。女子学生は1人ずつそれぞれ，MBP（雪印メグミルク，毎日骨ケアMBP），ビタミンD（アサヒディアナチュラ），カテキン（株式会社DHC），ケール青汁（ファンケル）を3ヶ月間（R 4.10.13～R 5.01.11），1日1回摂取し，同時に週3回（1回30分）の運動を行った。サプリメントの1日1回の摂取量は，MBP50ml，ビタミンD30 μ g，カテキン320mg，ケール青汁10gであった。これは健康栄養補助製品の規定に基づいており，それ以上摂取しないようにした。また，介入期間中は対象者全員緑茶と乳製品を摂取しないように条件を統一した。また，サプリメントを服用する介入を行うにあたり体調管理の為，週1回昼食前後，同じ時間帯に血糖値を測定した。運動は，先行研究の中で日常的に継続しやすい縄跳びを選択し，週3回（1回30分）行った¹⁰⁾。

介入前後とフォローアップ3か月後に踵骨の骨密度と体成分（体脂肪量，骨ミネラル量）を測定し比較した。また，介入前後の骨密度と体脂肪量の相関係数を求めた。さらに，同年代の踵骨の骨密度の平均値と比較するため20代学生33名の踵骨の骨密度を測定した。骨密度は，超音波骨密度測定装置CM-200（古野電気株式会社）（図1）を用いた。測定方法については，年齢，性別を入力し，足置台に踵部を乗せ，スタンドオフで固定しスタートボタンで測定を開始した。体成分は，体成分分析装置InBody470（インボディ・ジャパン製）を用いた。本装置は8点接触型電極法を用いており，対象者は機器の上に裸足で立ち，周波数5kHz，50kHz，250kHz，の信号成分を含んだ電流を両



図1 超音波骨密度測定装置

手，両足から身体内へ通電することで，身体組成値を測定した。なお，対象者には研究の趣旨と内容，得られたデータは研究の目的以外には使用しないこと，および個人情報の漏洩に注意することについて説明し，理解を得た上で協力を求めたが，研究への参加は自由意志であり，被験者にならなくても不利益にならないことを口答と書面で説明し，同意を得て研究を開始した（図1）。

III. 結果

同年代の踵骨の骨密度の平均値と比較するため20代学生33名の踵骨の骨密度を測定した結果，男性の平均値は 1556.05 ± 41 m/sec，女性の平均値は 1562.00 ± 39 m/secであった。対象者5名の骨密度の値は，介入前後，フォローアップ3か月後ともに学生33名の平均値内であった。介入前後では，運動のみ1%，MBP 0.7%，カテキン2%，ケール青汁0.6%の踵骨の骨密度の増加率がみられた。しかし，ビタミンDのサプリメントを摂取した学生の踵骨の骨密度の変化率は-0.3%であった。フォローアップ3か月後の変化率は，運動のみ-2%，MBP-0.2%，カテキン-1.1%，ケール青汁-1.2%であった。ビタミンDでは0.3%増加し，介入前と同じ数値になった（図2）。体成分分析の結果は，介入前後で運動のみ，MBP，カテキン，ケール青汁で体脂肪量が増大していたが，ビタミンDでは減少していた。フォローアップ3か月後では，運動のみ，ビタミンD，ケール青汁のサプリメントを摂取した学生で体脂肪量が増大したが，MBP，カテキンのサプリメントを摂取した学生の体脂肪量は減少した（図3）。骨ミネラル量は介入前後，フォローアップ3か月後で大きな変化はみられなかった（図4）。介入前後の骨密度と体脂肪量の相関係数を求めたが有

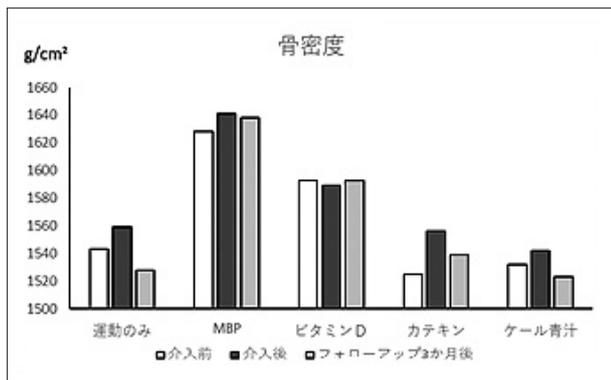


図2 骨密度の変化

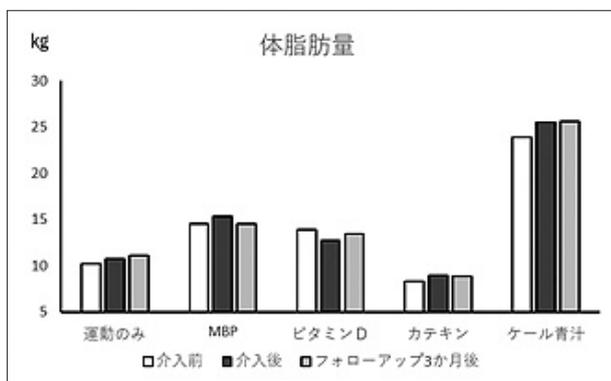


図3 体脂肪の変化

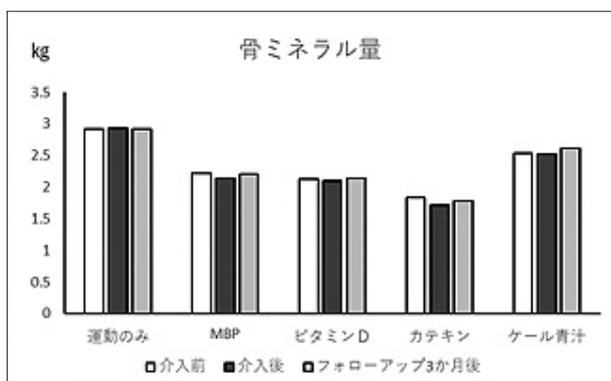


図4 骨ミネラル量の変化

意な相関関係はみられなかった。体調管理の為血糖値を測定した結果、運動のみ、ビタミンD、カテキンは正常範囲内であったが、MBPとケール青汁は食後血糖値で高値を示す日がみられた。

(図2～4)

IV. 考察

本研究では、運動のみ、MBP、ビタミンD、カテキン、ケール青汁の中でどれが最も踵骨の骨密度に対する効果があるかを検討した。運動のみ行っていた男子学生とMBP、カテキン、ケール青汁を摂取した女子学生の踵骨の骨密度の増加が見られた。しかし、ビ

タミンDを摂取した女子学生の踵骨の骨密度は減少した。

骨密度の増大が著しくみられたのはカテキンであった。カテキンにはエピカテキン (EC) 約6.4%, エピガロカテキン (EGC) 約19.2%, エピカテキンガレード (ECG) 約13.7%, エピガロカテキンガレード (EGCG) 約59.1%の4種類が含まれている。その中のEGCGを閉経後骨粗鬆症モデル (OVX) マウスに投与するとAMPK (骨形成促進因子、骨吸収抑制因子) を活性化させる可能性があることが報告されている¹¹⁾。また、高井らは60～80代の男性と女性の健康者を対象に、3か月間サプリメントを摂取したところ、ビタミンDのみのプラセボ群が29%, カテキンとビタミンDを摂取したアクティブ群の83%の人の骨年代が減少したことを明らかにしている⁹⁾。これらのことからカテキン単体よりもビタミンDを併用することでさらに骨密度の増加に繋がると考える。

運動のみでは、運動を行うと骨は長軸方向に対して物理的な刺激が加わることで、微量の電流が骨に伝わり強さが増す¹²⁾と報告されており、運動には骨強化作用がある。岡野らは41歳の男性に対し、骨密度に対して効果が高いとされるパワーアップ型運動のバウンディングを3か月間実施したところ、大腿骨頸部の骨密度が約9%増加したと報告している²⁾。本研究ではパワーアップ型運動である縄跳びを実施し骨密度が増加した為運動のみでも先行研究と同様骨密度が増加することがわかった。

MBPは、骨形成促進作用と骨吸収抑制活性の作用があり松山らは健康な成人女性を対象に6か月間40mg/日MBP飲用試験を行ったところ、プラセボ群と比較しMBP摂取群は約4%増加した⁷⁾。本研究は3か月間50mg/日を摂取した結果0.7%増加した。これらのことから1日の摂取量よりも長く継続しMBPを摂取することで骨密度を大幅に増加すると考える。

ケール青汁には骨吸収抑制の作用があるビタミンKと骨形成促進の作用があるCaが含まれている。山本の研究では、閉経後の女性を対象に12か月ケール青汁を摂取し骨代謝マーカーを測定したところ、3か月で血清骨代謝マーカーが2nmolBCE/nmol減少し、尿中骨代謝マーカーが約10nmolBCE/nmol・Cr減少した¹³⁾。これは骨の代謝において骨密度の減少が抑えられる可能性を示すと述べている¹³⁾。本研究も骨密度は増加した為ケール青汁は骨吸収抑制に効果があると考えられる。

本研究で介入後に骨密度の減少がみられたのはビタミンDであった。ビタミンDの作用はCaとPの骨再吸収である。小林は85歳の女性を対象にビタミンDとカルシウムを1年半摂取したところ、プラセボ群と比較し約3%増加したと報告している⁸⁾。しかし、ビタミンD単体では骨形成の効果が少ない可能性が考えられる。本研究でもビタミンDのみ摂取した結果、骨密度が減少した。このことからビタミンD単体では骨密度の増加は難しいと考える。骨密度が減少した原因を調べるため、体成分分析の結果を介入前後で比較したところ、運動のみとMBP、カテキン、ケール青汁で体脂肪量が增大していたが、ビタミンDでは減少していた。萩野らは30~70歳の中老年女性63名を対象に骨密度と体脂肪量の関係について検討した結果、相関関係があったと報告しているが¹⁴⁾、本研究の結果は骨密度と体成分（体脂肪量）には有意な相関関係はみられなかった。脂肪組織にはビタミンDを貯蔵する作用¹⁵⁾とアンドロゲンをエストロゲンに変換する作用があり、エストロゲンは骨吸収抑制作用がある為、骨密度の維持に関与している¹⁴⁾。そのため本研究ではビタミンDは骨密度増加に繋がらなかった可能性がある。

フォローアップ3か月後では運動のみとカテキン、ケール青汁のサプリメントを摂取した学生の踵骨の骨密度が減少した。MBPとビタミンDのサプリメントを摂取した学生の踵骨の骨密度の変化は少なかった。運動のみは介入前と介入中には運動習慣があったが介入後は無くなった。カテキンは介入後で食事が減少し運動習慣が無くなった。ケール青汁では介入前は野菜を中心とした食生活であったが介入開始からは介入前の食生活をやめた。MBPとビタミンDは介入後に乳製品を摂取するようになり運動習慣が無くなった。これらのことから骨密度を増加させるには健康栄養補助食品と運動を併用しバランスの良い食事を継続することが重要であると考えられる。

体調管理の為血糖値を測定した結果、運動のみ、ビタミンD、カテキンは正常範囲内であったが、MBPとケール青汁は食後血糖値で高値を示す日がみられた。体調に変化はなかった為研究を継続した。MBPとケール青汁で高値がみられたのは食後すぐ摂取していた為と、MBPの原材料に砂糖が含まれており、血糖値が上昇したと考える。ビタミンDとカテキンは就寝前に摂取していた。また、ビタミンDはインスリン分泌を促進する作用がある為、満腹時の血糖値の上昇を

抑制していると考えられる¹⁶⁾。

本研究の限界は、対象者が少なく、性別の人数や、食事内容、睡眠時間、サプリメント服用のタイミングなど生活環境が統一出来ていなかったことである。また、もともとの骨量に差があった為正確な比較ができなかった。

V. まとめ

本研究は、健康栄養補助食品や運動が骨密度に与える影響について検討した。骨密度の強化には健康栄養補助食品の摂取と運動、バランスの良い食事を継続することが重要であることがわかった。今後は人数を増やし生活環境など対象者の条件を統一し、より正確な結果を求めていきたい。さらに高齢者や閉経後の女性を対象に検討し、骨粗鬆症予防の改善にも貢献していきたい。

謝辞

本研究に快く参加していただきました学生の皆様にお礼申し上げます。

利益相反

本研究に関する利益相反はありません。

引用文献

- 1) 坂元裕一郎, 松永俊二, 八尋雄平, 他: 当院における超高齢者大腿骨近位部骨折両側発生数の年次変化. 整形外科と災害外科, 2012, 61(1)141-143
- 2) 吉村典子: 骨粗鬆症の疫学-有病率, 発生率, 危険因子. 医学のあゆみ, 2007, 221(1): 24-29.
- 3) 岡庭豊: 病気がみえる vol. 3代謝・内分泌障害 MEDIC MEDIA, 2004.
- 4) 岡野亮介, 勝木健一: 骨密度に対する運動の効果. 計測と制御, 1992, 31(3): 397-403.
- 5) 志賀令明, 水野兼志: 40代~70代女性の骨量減少・動脈硬化に関わる諸要因の検討-福島県南会津T町における調査をもとに-. 日本女性心身医学会雑誌, 2005, 10(2): 76-84.
- 6) 久保田恵: カルシウム摂取による骨折・骨粗鬆症予防のエビデンス. 日衛誌 (Jpn.J.Hyg.), 2003, 58: 317-327.
- 7) 松山博昭, 森田如一, 小野愛子・他: MBP (乳塩基性タンパク質) の骨強化作用. ミルクサイエンス 日本酪農科学会, 2005, 54: 133-136.
- 8) 小林正: ビタミンDとカルシウム代謝. 栄養学雑誌, 1997, 55(5): 217-229.
- 9) 高井一美, 岸上明生, 長谷川昇: 運動と緑茶ポリフェノール摂取による骨量減少の緩和効果. 岐阜女子大学紀要, 2013, 42: 93-98.

- 10) 岡野亮介, 勝木健一, 碓井外幸, 他: 筋力等と骨密度の関係および運動実践による骨密度の変化について. デザントスポーツ科学, 1993, 14: 128-142.
- 11) 富成司, 市丸亮太, 松本千穂, 他: 茶カテキンの骨代謝調節作用. Functional Food Research, 2019, 15: 59-66.
- 12) 厚生労働省: 骨粗鬆症予防のための運動－骨に刺激が加わる運動を－, 2022.
<https://www.ehealthnet.mhlw.go.jp/information/exercise/s-05-001.html> 2023. 8. 16
- 13) 株式会社ファンケル, 山本智章: ケール青汁の摂取が骨代謝へ与える影響を検証!－ケールの摂取が閉経後女性の骨密度と骨代謝へ与える影響, 2011. https://www.fancl.jp/news/pdf/2011_1111_kotsusosyousyouaojiru.pdf 2022. 10. 17
- 14) 萩野雅史, 稲岡忠勝, 渡邊彰, 他: 骨密度と体組成及び筋力の関係. 埼玉県理学療法 4: 10-13, 1996.
- 15) 萩原真: 肥満者の脂肪組織におけるビタミンD代謝関連因子の発現 新潟の生活文化. 新潟県生活文化研究会誌 27: 32-35, 2021.
- 16) 堀内寛子, 原田直樹, 山地亮一: 膵β細胞の機能を改善するビタミンDとビオチンの抗2型糖尿病作用. The Vitamin Society of Japan 88(10): 530-534, 2014.