

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 11 日現在

機関番号：32620

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24700626

研究課題名(和文)女性運動機能にも季節変動はあるのか？

研究課題名(英文) Seasonal variations in vitamin D and bone status in in- and outdoor Japanese female athletes

研究代表者

丸山 麻子 (Maruyama, Asako)

順天堂大学・スポーツ健康科学部・助手

研究者番号：00420878

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、血中ビタミンD(VD)の欠乏が懸念されている若年女性(女子大学生)を中心に、血中VDの季節変動と運動器および運動機能の相関関係を検証することを目的とした。本研究の結果、血中VDは3月(冬)において最も低く、9月(夏)において最も高くなり、その変動は屋外競技者よりも屋内競技者において顕著に観察された。また、骨密度は血中VDの変化より3か月遅れて、6月に低値を示し、12月に高値となった。以上のことから、1年を通じて日光への暴露時間が短くなりやすい屋内競技者は、冬期において明らかな血中VD不足を招き、それにより骨の健康に悪影響を及ぼす可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：Vitamin D (VD) insufficiency is a concern, particularly among young Japanese females. VD status shows seasonal variations, since it correlates with duration of sunlight exposure. VD insufficiency in indoor athletes is therefore suggested in winter. The purpose of this study was to determine seasonal variations in VD and bone status among in- and outdoor Japanese female college athletes.

We conducted a prospective cohort study of Japanese female college athletes. Biochemical markers and bone parameters were measured in March, June, September and December. Serum 25-hydroxyvitamin D (25-OH-D) concentration showed a seasonal oscillation, with a nadir in March and a peak in September. The amplitude of oscillation was greater among indoor athletes than among outdoor athletes. The nadir in bone mass measured as speed of sound occurred in June after peaking in December among both indoor and outdoor athletes. The pattern followed 3 months after changes in 25-OH-D.

研究分野：健康運動

キーワード：血中ビタミンD 季節変動 女性 骨 屋内・屋外

1. 研究開始当初の背景

ビタミンDは、皮膚において前駆物質から日光曝露により生成するか、食事により摂取される。これまでに、血中ビタミンDの欠乏(deficiency)や不足(insufficiency)は、骨粗鬆症だけでなく、糖尿病やがん、心血管疾患といった生活習慣病の発症や、筋力低下や筋萎縮などの筋機能や平衡性にも関係することが広く知られている。また、若年女性では中高齢女性に比べ血中ビタミンD不足状態の者が多く、特に高骨量獲得に重要な思春期から成人期にかけての血中ビタミンDの不足が深刻であるとされている(Nakamuraら,2001)。この背景には、皮膚疾患を恐れることによる幼児期の外遊びの減少や、化粧や日焼け止めの使用による紫外線の遮断により、十分なビタミンDの合成が行われていないことがあると考えられる。

ところで、通常は身体活動量が多いと血中ビタミンDが高いとされているが、運動を定期的に行う女子スポーツ選手においても、同様に血中ビタミンDの不足がみられ、疲労骨折の発症やパフォーマンスの低下を引き起こす要因とされている。申請者が大学女子アスリートを対象に行った調査でも、直接的な日照を受けない屋内活動で、且つ頻繁に強い着地衝撃を受けるバレーボール競技を思春期前後に実施していた者の多くが血中ビタミンD欠乏または不足の状態であり(図1)先行研究に支持されるような跳躍運動選手に生じる骨代謝の亢進は確認できなかった(Maruyamaら,2011)。また、Onoら(2005)は、日照時間の少ない冬期では夏期に比べて血中ビタミンDが低値を示すという季節変動を報告しているが、さらに我々の調査では、特に冬期において骨形成が低下することを確認している。ビタミンDは小腸からのカルシウム吸収を促進し、正常な骨形成や維持に必要とされているビタミンであるが、近年免疫系や筋細胞の分化にも関与することが明らかとなり、スポーツ選手にとっては疲労骨折の発症やパフォーマンスの低下との関連が注目されている(Holickら,2006)。

このような血中ビタミンDの季節変動は、運動などの身体活動によってもたらされる運動器の状態や機能の向上を阻害し、さらには傷害の発生にも起因し得る可能性がある。

特に、これまでの研究の多くは、一般女性(女子学生)を対象としたものが多く、現在の運動習慣(身体活動)に着目しているのに対し、本研究では幼少期より何らかの運動習慣を継続的に有し、その練習量も多い体育系大学生を対象とすることで、本研究の最大の目的である、「どのような場所で、どのような運動を行うのか」といった特定の練習環境や運動内容による影響を明確にすることができる。研究の目標達成により、喫緊の問題とされる女性の身体活動不足および血中ビタミンDの不足の解消方法を探索し、女性の生涯を通じた健康の維持・増進に寄与する季節に応じた適切な運動内容や方法に資する

知見を提供する。

2. 研究の目的

本研究では、スポーツ選手において、血中ビタミンDの季節変化にともなう骨強度および骨代謝、筋力や平衡性などの体力の変化、そして疲労骨折などの傷害発生との関連を調査する。それにより、スポーツ選手の血中ビタミンDの季節変動と各種生化学的マーカーや骨強度、筋力等の体力の関連を明らかにする。異なる練習環境(屋内・屋外)で行うスポーツ選手において血中ビタミンDを中心としたマーカーを利用したコンディション管理の可能性を示す、という二つの目標を達成することを目的とした。本研究で得られた成果は、競技スポーツ選手の指導現場においては、傷害を未然に予防し、常に最高のパフォーマンスを発揮するために、また、学校体育および一般市民レベルに対しても生涯にわたって骨粗鬆症や生活習慣病の予防を啓発するための効果的な運動方法を提案することにも繋がると考えられる。

3. 研究の方法

対象は体育系学部所属する20歳から22歳の女子大学生とした。対象者には、事前に研究の目的や測定内容を文章および口頭で十分に説明し、文書での研究参加の同意を得た。なお、本研究は順天堂大学スポーツ健康科学部倫理委員会の承認を受けて実施した。内訳として、屋内スポーツ競技者15名(バスケットボール、バレーボール)、屋内スポーツ競技者15名(サッカー)であった。研究期間は、季節変化による影響を反映させるため、Onoら(2005)の先行研究を参考に2013年3月(冬)、6月(春)、9月(夏)、12月(秋)に実施した。この理由として、血中ビタミンDの指標とする25-ヒドロキシビタミンD(25(OH)D)の半減期が15~20日と長いためである。

採血は、24時間以内には練習を行わない条件で、早朝空腹時に行った。血液学および血液生化学的検査項目は、骨石灰化に関するマーカーとして25(OH)D(RIA2抗体法)および副甲状腺ホルモン(PTH、ECLIA法)、血中カルシウム(Ca、アルセナゾ法)、骨代謝マーカーとして骨吸収マーカー：骨型酒石酸抵抗性酸性フォスファターゼ(TRAP-5b、EIA法)と、骨形成マーカー：骨型アルカリフォスファターゼ(BAP、CLEIA法)を測定した。なお、検体の分析は株式会社SRL(東京)に依頼した。

骨強度は超音波骨評価装置(AOS-100NW、日立アロカメディカル社製)を用いて、右足踵骨の超音波伝播速度(音速、Sound of Speed:SOS)と透過指標(transmission index:

TI)を測定し、SOSおよびTIより算出された音響的骨評価値(OSI: $OSI=SOS^2 \times TI$)を用いた。これまでにOSIはDEXA法により測定された骨量(BMD)と強い相関があることが報告されている(Sasakiら,2000)ことから、

骨の指標として採用した。

体力はこれまでに血中ビタミンDとの関連が多く報告されている筋力と平衡性(重心動揺)を測定した。筋力は等運動性筋力測定装置(BIODEX system3, BIODEX社製)を用いて、抗重力筋である膝関節周囲筋筋力を測定し、平衡性に関しては、重心動揺計(Kenz-Stabilo101、スズケン社製)を用いて重心動揺(総軌跡長、外周面積)を測定した。

また、コンディションの評価として気分プロフィール検査(日本語版 POMS 短縮版)、過去および測定時の運動の種類や練習内容、月経状況、傷害調査などを行った。

分析は、各群の季節変動についてはFriedman検定を用い、多重比較検定はDunn-Bonferroni法を用いた。各項目のpeakからの割合の群間での比較についてはMann-Whitney U testを用いた。統計処理はIBM SPSS Statistics version 19 (IBM Japan, Tokyo, Japan)を用い、5%未満を有意とした。

4. 研究成果

対象者は一年を通じて測定が行えなかった者を除き、屋内スポーツ競技者14名(年齢 20.6 ± 0.6 歳、身長 162.6 ± 3.3 cm、体重 60.0 ± 4.3 kg、BMI 22.7 ± 1.3 、体脂肪率 $25.2 \pm 2.7\%$)、屋外スポーツ競技者13名(年齢 20.5 ± 0.5 歳、身長 160.3 ± 5.4 cm、体重 58.3 ± 4.6 kg、BMI 22.7 ± 1.6 、体脂肪率 $25.5 \pm 2.9\%$)を分析対象とした。なお、両群間において、骨代謝との関連が強い身長・体重・BMIには有意差はなかった。

25(OH)Dについては、屋外スポーツ競技者は全ての季節において不足状態($>20\text{ng/mL}$)の者はいなかったが、屋内スポーツ競技者は3月(冬)および12月(秋)においては不足状態の者が64.2%(9/14)、28.5%(4/14)と6月(春)および9月(夏)に比べ多く存在していた。(図1)

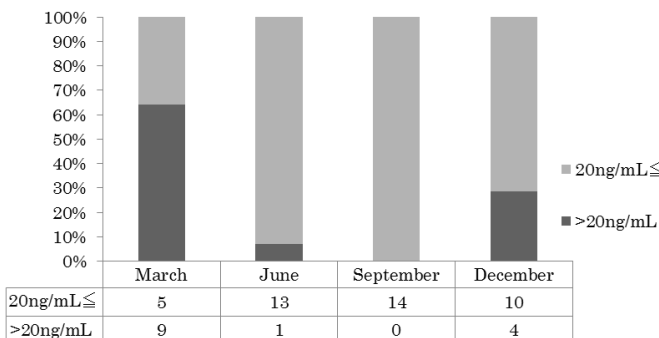


図1. 屋内スポーツ競技者の25(OH)D不足($>20\text{ng/mL}$)の割合

また、25(OH)Dは屋内スポーツ競技者および屋外スポーツ競技者ともに、3月(冬)において最も低く、9月(夏)において最も高値となった(3月: 屋内 19 ± 4.0 ng/mL、

屋外 32 ± 2.7 ng/mL; 9月: 屋内 32 ± 6.6 ng/mL; 屋外 39 ± 5.7 ng/mL)(図2)

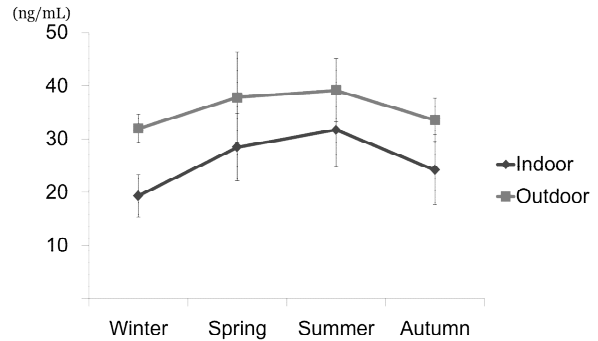


図2. 25(OH)Dの季節変動

同様に、血中カルシウムも両群ともに6月~9月にかけて高値となり、12月および3月に低値となった(3月: 屋内 9.2 ± 0.3 mg/mL、屋外 9.4 ± 0.3 mg/mL; 6月: 屋内 9.7 ± 0.2 mg/mL、屋外 9.7 ± 0.3 mg/mL; 9月: 屋内 9.6 ± 0.3 mg/mL、屋外 9.7 ± 0.2 mg/mL; 12月: 屋内 9.5 ± 0.3 mg/mL、屋外 9.6 ± 0.3 mg/mL)(図3)

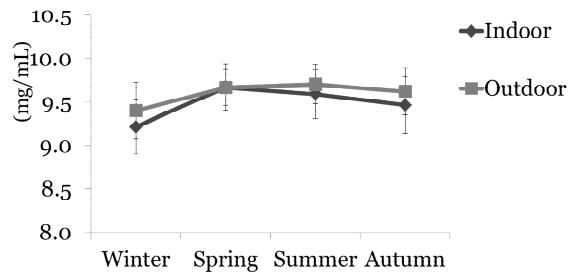


図3. 血中カルシウムの季節変動

一方で、PTHは屋外スポーツ競技者においては季節による差はみられなかったが、屋内スポーツ競技者においては、3月はその他の季節よりも有意に高値となった(3月: 55 ± 18 pg/mL、6月: 35 ± 10 pg/mL、9月: 39 ± 12 pg/mL、12月: 33 ± 11 pg/mL)(図4)

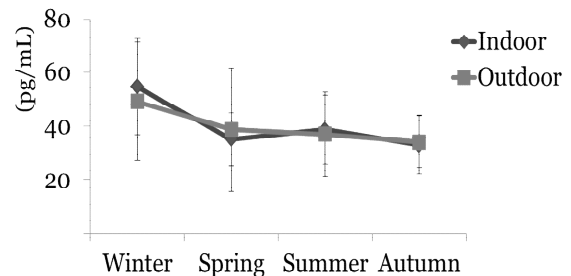


図4. PTHの季節変動

日本人若年女性の血中ビタミンDについて Nakamuraら(2001)は、4月の時点で 13.6 ng/mLとし、女子大学生の40%が血中ビタミン

ンD不足であると報告している。しかし、本研究においては、3月の25(OH)Dは屋内スポーツ競技者 19 ± 4.0 ng/mL、屋外スポーツ競技者 32 ± 2.7 ng/mL; 屋内スポーツ競技者と先行研究よりも高値となった。これまでに、Ohtaら(2009)は日本女子看護学生を対象とした調査により一日あたりの歩数や平均座業時間といった身体活動時間と血中ビタミンDの間には相関があることを報告し、Dongら(2010)は思春期児童において強度の高い身体活動量が多いほど、25(OH)Dが高いことを報告しており、本研究では身体活動量が多く、強度の高い練習を行っている体育大学生を対象としていたことから高値となったと考えられる。

次に、被験者個人の peak 値より相対値を求め、群間比較を行い、25(OH)Dについて3月(冬)は屋内 $59.4 \pm 11.3\%$ 、屋外 $79.2 \pm 11.0\%$ 、12月(秋)は屋内 $73.7 \pm 15.3\%$ 、屋外 $82.4 \pm 8.4\%$ と屋内スポーツ競技者は屋外スポーツ競技者よりも有意に低い結果となった(図5)。

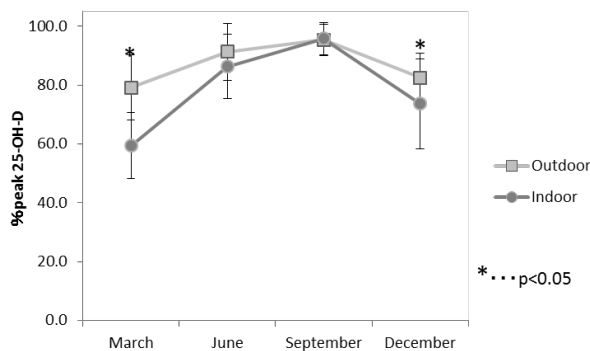


図5. peak 25(OH)Dからみた各季節の割合

また、PTHについては両群において3月(冬)が最も高かったが、屋内100%、屋外 $94.4 \pm 6.4\%$ と屋内スポーツ競技者は屋外スポーツ競技者よりも有意に高い結果となった(図6)。

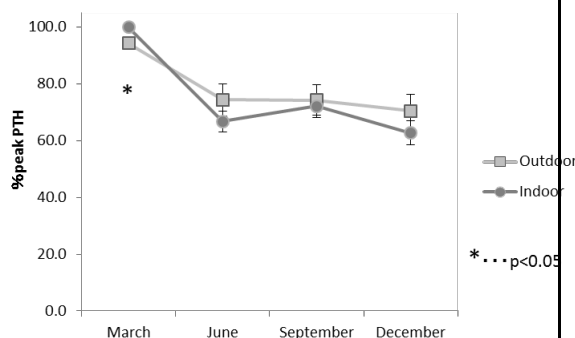


図6. peak PTHからみた各季節の割合

血中ビタミンDを高める要因の一つに身体活動量の増加が挙げられるが、一方で、スポーツ選手の血中ビタミンD不足・欠乏についてもいくつかの報告がなされている。Hamiltonら(2010)は中東のスポーツ選手を対象に調査を行い、91%の選手に血中ビタミンD不足・欠乏がみられたと報告している。

また、Peelingら(2013)は、若年屋内スポーツ競技者は屋外または屋内・屋外両方で活動する競技者よりも血中ビタミンDが低いと報告している。本研究においても1年を通して、屋内スポーツ競技者は屋外スポーツ競技者よりも血中ビタミンDが低く、特に秋・冬において血中ビタミンD不足が顕著にみられていた。日本(関東地方)において、 $5.5 \mu\text{g}$ のビタミンDを生成するために必要な日照時間は5月から9月にかけては1日当たり20分程度であるのに対し、11月~3月にかけては、1時間以上の時間を必要とすると報告されている(Miyauchiら、2013)。本研究の対象者は、大学生でクラブに所属し活動をしていることから、日中は授業や練習等で時間を費やすため、屋外スポーツ競技者は練習中に十分な量の日光にあたることができるが、屋内スポーツ競技者については時間が極端に短くなってしまふと考えられる。

本研究においてPTHや血中カルシウムの季節変動は、屋外スポーツ競技者よりも屋内スポーツ競技者に大きくみられた。これまでに、Gannagé-Yaredら(2000)は25(OH)DとCaの間には正の相関があること、またOnoら(2005)は25(OH)DとPTHの間には負の相関があると報告している。一方で、Hallidayら(2011)は、全ての季節および練習環境の違いによる25(OH)DとPTHの相関関係に相違は見られなかったと報告している。PTHは適度な身体活動により分泌が抑制されることが報告(Takadaら、1998)されており、またHallidayらの報告においては、本研究よりもどの季節においても25(OH)Dが高値であることから、PTHにおいてあまり変動がみられなかったと考えられる。

骨強度は、音速(SOS)は練習環境に関係なく25(OH)Dの変動より3か月遅れて、6月に最も低く、12月に最も高い値となった(3月: 屋内 1635 ± 29 m/sec、屋外 1622 ± 26 m/sec; 6月: 屋内 1632 ± 24 m/sec、屋外 1621 ± 21 m/sec 9月: 屋内 1642 ± 24 m/sec、屋外 1629 ± 28 m/sec; 12月: 屋内 1645 ± 23 m/sec、屋外 1639 ± 31 m/sec)。しかし、その他の透過指標(TI)および音響的骨評価値については差がみられなかった。

Pascoら(2004)は紫外線量と25(OH)D、PTH、骨代謝マーカーと骨量の季節変動と関連について、紫外線量のピークから1か月後に25(OH)Dが上昇し、その1か月後にPTHが減少し、さらにその1-2か月後に骨吸収マーカーが変化することを報告している。本研究においてもほぼ同様の結果が得られた。しかし、一方で骨形成マーカーであるBAPや骨量については変化がなかったと報告しているのに対し、本研究ではBAPは1年を通じて緩やかに減少傾向にあり、これは最大骨量に達する年齢を越え、骨代謝、特に骨形成が沈静化してきたことが考えられる。また、骨代謝は運動強度、特に地面反力など骨の長軸方向への過重負荷により亢進されるとされて

おり、特に定期的にトレーニングを行っているスポーツ選手においては、その影響を多大に受けているものと考えられる。さらに、本研究においては、骨強度の評価に踵骨の超音波評価装置を用いており、これまでに報告されているようなDEXA法での骨塩量測定結果とは異なる結果が得られた可能性が考えられる。

体力に関しては、平衡性および筋力ともに季節および練習環境による差はみられなかった。体力要素については、身体的要因だけでなく、精神的要因、および人間関係や気候等の環境要因の影響も受けるため、月経周期のみでの影響をみることは困難であったと考える。

以上のことから、一年を通じて日照曝露時間が短くなりやすい屋内スポーツ競技者は、特に冬期において明らかな血中ビタミンD不足を招き、それにより骨の健康に悪影響を及ぼす可能性が示唆された。よって、競技スポーツ選手の指導現場においては、傷害を未然に予防し、常に最高のパフォーマンスを発揮するために、また、学校体育および一般市民レベルに対しても生涯にわたって骨粗鬆症や生活習慣病を予防するためには、屋外での運動や食事による血中ビタミンDの摂取など、血中ビタミンDレベルを高める方法を摂る必要があると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計1件)

Suzuki Y, Maruyama-Nagao A, Sakuraba K, Kawai S.

Milk fortified with vitamin D could reduce the prevalence of vitamin D deficiency among Japanese female college students. Arch Osteoporos. 査読有. 2014 Dec;9(1):188.

[学会発表](計5件)

Maruyama-Nagao A, Sakuraba K, Suzuki Y Seasonal and practice environment effects on vitamin D and intact parathyroid hormone levels among female athletes in Japan.

Australian Conference Of Science And Medicine In Sport. 2014.10.17. Canberra(AU)

Sakamaki-Sunaga M, Kamemoto K, Maruyama A, Nakamura A, Sato K, Fujita S. Effects Of The Menstrual Cycle On The Metabolomic Profiles During Endurance Exercise In Female Athletes. American College of Sports Medicine. 2014.5.Orland(US)

鈴木良雄、長尾(丸山)麻子、伊藤美穂、櫻庭景植、河合祥雄

女子大学生のビタミンD栄養状態とビタミンD強化牛乳摂取による改善. 第160回体力医学会関東支地方会. 2014.3. 東京

須永美歌子、丸山麻子

運動習慣は月経周期による血中代謝物質の変化に影響を与えるか? メタボローム解析による検討. 第21回日本運動生理学会大会. 2013.7.27. 東京国際大学(東京)

須永(坂牧)美歌子、丸山麻子、亀本佳世子、中村亜紀、佐藤幸治、藤田聡

月経周期が女性アスリートの持久性運動時の血中代謝物質に与える影響. 第68回日本体力医学会大会. 2013.9.22. 日本教育会館(東京)

須永(坂牧)美歌子、中村亜紀、丸山麻子、藤田聡

メタボローム解析からみた月経周期が女性アスリートのエネルギー系代謝物質に与える影響. 第67回日本体力医学会大会. 2012.9.14. 長良川国際会議場(岐阜)

6. 研究組織

(1)研究代表者

丸山 麻子 (MARUYAMA ASAKO)

順天堂大学・スポーツ健康科学部・助手
研究者番号: 00420878