

アスリートの冬季における ビタミンD摂取量および血中25OHDの調査

原 著

Vitamin D intake and blood 25OHD in athletes during the winter season

糸川夏菜*¹, 海老久美子*², 佐竹勇人*³, 篠原靖司*²

キーワード: vitaminD, 25OHD, athlete

ビタミンD, 血中25OHD, アスリート

【要旨】 冬季における体内のビタミンD動態を評価するために、日本人大学生アスリートの冬季におけるビタミンD摂取量および血中25OHDを調査することを目的とした。大学体育会に所属するアスリート47名（女子22名、男子25名）を対象とし、調査を2回（1回目10月、2回目3月）実施し、並行群間比較を行った。身体測定、食事調査、血液検査、アンケート調査を行った。栄養素摂取量は測定間において全項目で明らかな有意差は認められなかった。本研究における対象者のビタミンD摂取量は一般の日本人より多く摂取していた。血中25OHDは男女ともに1回目より2回目で有意に減少していた（ $p < 0.05$ ）。本研究の結果より、血中25OHDは測定間で有意に低下したが、ビタミンD摂取量に明らかな有意差を認めなかったことから、冬季においては紫外線による体内でのビタミンD生成が血中25OHDに影響した可能性が示唆された。これより、体内での25OHD合成量が減少すると考えられる冬季は、夏季より多くのビタミンDを摂取する必要がある可能性が考えられた。しかしながら、本研究ではビタミンD摂取量による血中25OHDを比較を評価していないため、冬季に血中25OHD量を充足させるために必要なビタミンD摂取量を、今後検討するべきである。

緒言

ビタミンDは骨のリモデリング、神経機能において重要な栄養素であるが、筋量や筋損傷からの回復に影響¹⁾、身体構造および運動機能にとって重要な栄養素といえる。ビタミンDが生体内で機能するためには、肝臓で25ヒドロキシビタミンD (25OHD) に、腎臓で活性化ビタミンDといわれる1,25-ジヒドロキシビタミンD (1,25(OH)₂D) に変換される必要がある。メカニズムとしては、1,25(OH)₂Dにより腸管や腎臓でのカルシウム吸収が起ると、血中カルシウム濃度が上昇するため、骨融解抑制作用を示すカルシトニンの分泌が亢進

し、骨形成が促進される。つまり、ビタミンDが不足すると、カルシウムの吸収が抑制され²⁾、血中カルシウム濃度が低下し、骨量の減少、骨密度の低下、骨折リスクの上昇、二次性副甲状腺機能亢進症につながる³⁾。フィンランドの軍隊入隊者に関する先行研究において、疲労骨折受傷群は非疲労骨折群と比較してビタミンD栄養状態の指標である25OHDが低いこと、25OHDが30.4ng/mL未満の人は疲労骨折が多いことが示されている⁴⁾。また、National Collegiate Athletic Association (NCAA) 所属の大学生を対象にした先行研究において、25OHDが正常もしくは正常値に改善した選手は、疲労骨折の発症リスクの低下が認められ、インドアアスリートは、アウトドアアスリートと比べ、ビタミンDの欠乏リスクが高いことが示唆されている⁵⁾。

ビタミンDは食事からの摂取だけでなく、紫外線照射により皮膚で生成される。皮膚に存在す

*1 立命館大学大学院スポーツ健康科学研究科

*2 立命館大学スポーツ健康科学部

*3 阪奈中央病院スポーツ関節鏡センター

Corresponding author: 篠原靖司 (ysr15159@fc.ritsumei.ac.jp)

るプロビタミン D₃が紫外線照射によりプレビタミン D₃となり、それが熱異性化によってビタミン D₃が作られる⁶⁾。ビタミン D₃は、肝臓で 25OHD に代謝され、腎臓で 1,25(OH)₂D となる。また、体内で生成されるビタミン D は紫外線により影響されると考えられ、日本で行われた先行研究においてビタミン D 合成が最大となるのは7月であり、初夏を除き体内でのビタミン D 生成は不十分であることが報告されている⁷⁾。血中の 25OHD は夏季に高く、冬季に低いという季節的な変動がある⁸⁾。さらに、この季節変動パターンは、インドアアスリートとアウトドアアスリートで同等であることが報告されている⁹⁾。先行研究において、骨量を示す speed of sound (SOS) は春季に比べて秋季で高い値を示していること⁹⁾、冬季に 25OHD が低下すると、骨吸収や骨折の発生頻度が増加することから、冬季に高い 25OHD を維持することは、骨形成を促進させると考えられた。つまり、疲労骨折に代表される骨傷害を予防するためには、体内における血中 25OHD を維持することが重要であるが本邦において一年を通して血中 25OHD を充足させるためには、紫外線量が変化する季節変動に応じた必要ビタミン D 摂取量を検討する必要がある。特に、秋季から冬季においては、血中 25OHD を維持するためには多くのビタミン D を摂取する必要がある可能性が考えられる。しかしながら、冬季におけるビタミン D および 25OHD に着目した研究がほとんど認められず、涉猟しえた限りでは、日本で6月に 25OHD が充足していたアスリートが、冬季の終わりには 18% が不足を示したとする報告を認めるのみであった¹⁰⁾。このように、冬季における血中 25OHD は低下していることは予想されるが、実際のところどの程度であるかは明らかにされていないため、まずはこれらを明確にする必要がある。加えて、日本人アスリートにおいて冬季の血中 25OHD の調査および血中 25OHD を満たすために必要なビタミン摂取量を検討した報告は認められない。これらが明らかにできれば、季節変動に応じた血中 25OHD を満たすために必要なビタミン D 量を明確に示すことができ、ビタミン D 量を維持することができれば、疲労骨折を中心とした傷害予防およびコンディショニングに有用な情報となりうる。

以上より、冬季における体内のビタミン D 動態

を評価するために、日本人大学生アスリートを対象に、冬季におけるビタミン D 摂取量および血中 25OHD を調査することを目的とした。

■ 対象および方法

本研究は、大学体育会に所属するアスリート 47 名（女子 22 名、男子 25 名）を対象とした。種目は、女子陸上部 16 名、男子陸上部 20 名、男子ラクロス部 3 名、バトントワリング部 8 名（女子 6 名、男子 2 名）となった。2021 年 10 月および 2022 年 3 月に 2 回の調査を実施した。全対象者に対し、口頭および書面にて実験手順に関する説明を行い、本研究に参加することに対して書面で同意を得た。なお、本研究は、立命館大学の「人を対象とする医学系研究倫理審査委員会」の承認を得た上で実施された（承認番号：BKC-IRB-2021-018）。

■ 調査項目

1. 身体測定

身長、体重、体脂肪率を体成分分析装置(Inbody 770, 株式会社インボディ・ジャパン, 日本)にて測定した。

2. 食事調査

過去 1 か月間の通常の食事から習慣的に摂取している栄養素を把握するために、簡易型自記式食事歴法質問票 (brief-type self-administered diet history questionnaire : BDHQ, EBNJAPAN DHQ サポートセンター, 日本) を用い、栄養素摂取量を確認した。BDHQ は、80 の質問で構成されており、58 種類の食品と 100 種類以上の栄養素の摂取量を算出できる質問紙である¹¹⁾。加えて、栄養補助食品の摂取について聞き取り調査を行った。食事調査の結果は、実際の摂取量である実測値と総エネルギー摂取量による調整を行った密度法の 2 種類を算出した。

3. 血液検査

2 回の調査時に採血を行い、ビタミン D の栄養状態評価として静脈血中における 25OHD を測定した。また、25OHD 以外の骨に関連する項目として血中カルシウム (Ca) も併せて測定を行った。

4. アンケート

競技特異性および環境要因を検討するために自記式のアンケートを調査期間の前後で実施した。内容としては、年齢、日焼け止めの使用、屋外にいる時間についての質問を行った。

表1 男女別の身体組成

	10月			3月		
	身長 (cm)	体重 (kg)	体脂肪率 (%)	身長 (cm)	体重 (kg)	体脂肪率 (%)
女子	161.7±5.60	56.7±10.52	22.2±5.54	161.8±5.56	56.8±9.47	20.5±5.58
男子	171.6±6.06	60.7±7.03	11.1±2.21	171.7±6.09	61.8±6.80	11.3±2.40

女子 22 名, 男子 25 名
 平均値±標準偏差

表2 男女別栄養素摂取量

	女子				男子			
	10月 (実測値)	3月 (実測値)	10月 (密度法)	3月 (密度法)	10月 (実測値)	3月 (実測値)	10月 (密度法)	3月 (密度法)
エネルギー (kcal)	1289±406	1497±367			2298±524	2173±571		
たんぱく質 (g)	58±22	67±17	40±8	46±7	81±26	84±32	37±12	40±10
脂質 (g)	46±18	47±11	34±6	32±8	64±11	59±18	27±9	28±7
炭水化物 (g)	173±49	179±77	129±14	129±21	317±103	279±102	148±22	279±102
カルシウム (mg)	429±266	475±231	295±171	304±132	501±210	486±227	207±113	246±80
ビタミンD (µg)	9.0±15.4	9.2±15.3	6.0±11.4	7.5±7.9	9.4±11.6	14.3±14.9	4.9±4.9	7.8±4.9

女子 22 名, 男子 25 名
 中央値±標準偏差
 実測値：実際の摂取量
 密度法：1000kcalあたりの摂取量

統計解析

2回の各測定項目に対し、測定間、性別で、並行群間比較を行った。各項目は正規分布に従っていなかったため、2群間の検定にはWhitney U検定、複数の群間の検定にはKruskal-Wallis検定を用いた。ビタミンD摂取量と血中25OHDの相関にはSpearmanの順位相関係数を用いた。統計的有意水準は5%未満とし、ソフトはSPSS Statistics (ver.26 IBM, JAPAN)を用いた。

結果

1. 身体組成

身体組成項目における結果を表1に示した。身長、体重、体脂肪率のすべての項目において、2回の調査間および男女間に有意な差は認められなかった。

2. 食事調査

食事調査項目の結果を表2に示した。調査したBDHQと栄養補助食品の合計値から実測値および密度法によって栄養素摂取量を求めた。測定間において全項目で有意差は認められなかった。

3. 血液検査

血中25OHDおよびCa値の結果を表3に示した。

表3 血液検査

		10月	3月
女子	血中25OHD (ng/mL)	27.1±7.12	22.2±5.65*
	Ca (mg/dL)	9.62±0.29	9.65±0.30
男子	血中25OHD (ng/mL)	32.9±6.33	25.3±5.35*
	Ca (mg/dL)	9.58±0.35	9.56±0.33

女子 22 名, 男子 25 名
 平均値±標準偏差
 *：10月と3月を比較し、有意差がp<0.05

た。血中25OHDは男女ともに1回目より2回目まで有意に減少していた。Caは、男女とも測定間で有意な差は認められなかった。

ビタミンD摂取量と血中25OHDとの関連を検討したところ、10月は有意な相関が認められた(r=0.334)が、3月では認められなかった(r=0.173)。

4. アンケート

日焼け止め使用頻度において、全く使用しない割合が女子4.6%、男子84%と男女間で差異が認められた。屋外にいる時間はすべての群で有意差は認められず、また、部活間でも有意な差は認められなかった。

■ 考 察

本研究のビタミンD摂取量において、本研究の対象者は男女ともに日本人の食事摂取基準2020年度版の目安量である8.5 μg を超えていた。令和元年度国民健康栄養調査によると、20~29歳のビタミンD摂取量が男性5.9 μg 、女性5.3 μg であったことから、本研究の対象者は、男女ともに一般の日本人平均より多く摂取していることがわかった。18~30歳の日本人女性アスリートのビタミンD摂取量は5.0 μg 前後となっており¹²⁾、先行研究と比較しても本研究の女子対象者は多くのビタミンDを摂取していた。アメリカにおける2017~2020年3月の全国健康栄養調査(National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES))によると、アメリカ国民20歳代のビタミンD摂取量は、男性4.6 μg 、女性3.6 μg であり、さらに、アメリカの大学生アスリートの秋季のビタミンD摂取量は6.05 μg ¹³⁾という報告から、本研究での対象者の方が諸外国と比較してもビタミンD摂取量が多いことがわかった。しかしながら、本研究の対象者は先行研究よりビタミンD摂取量が多い結果であったが、血中25OHDの結果から、アスリートにとってはまだ不十分である可能性が考えられた。今回は冬季のみの実施であったが、夏季を含めた継続した調査を行い、さらに精査する必要がある。

先行研究において、骨および筋肉の機能を最大限に発揮するためには、少なくとも600IU/日(15 μg /日)のビタミンDが必要であることが示唆されている¹⁴⁾。さらに、女子アスリートに関しては女性アスリートの三主徴(Female Athlete Triad (FAT))など特有の問題があるため、これらを併せて考慮、検討する必要がある。女子サッカー選手の30%が利用可能エネルギー不足(Low Energy Availability (LEA))のリスクがあるという報告¹⁵⁾や、マラソン選手の44%がFATに対するリスクが高いという報告¹⁶⁾が認められるように、女性アスリートにおいて、LEAやFATによる疲労骨折を予防するためには、ビタミンD摂取のより詳細な調整が必要である可能性が考えられた。以上より、十分なビタミンD摂取に加え栄養素の偏りがなく、エネルギーバランスの取れた食事が疲労骨折を中心とした骨傷害の予防につながる期待が持てるといえる。

本研究の血中25OHD値において、日本内分泌学会および日本骨代謝学会にて提唱されている『ビタミンDの不足・欠乏の判定指針』¹⁷⁾から、1回目の測定では女子で不足となり、男子で充足となった。2回目の測定では男女とも不足を示した。女子および男子の血中25OHDは、1回目と比較し、2回目で有意に低下したが、ビタミンD摂取量に有意差が認められなかった。これより、本研究における血中25OHDの差は、食事からの摂取より紫外線量が影響している可能性が考えられた。紫外線量はビタミンD生成に強く影響するといわれている¹⁸⁾。紫外線曝露により皮膚で生成されるビタミンDは、日本において7月が最も多いと言われている。つまり、紫外線量が少なくなる季節では、血中25OHDが少なくなるため¹⁹⁾、夏季より冬季の方が体内での生成量が少ないと考えられている^{7,10)}。以上より、季節により紫外線曝露量は変化しているため、同量のビタミンDを摂取したとしても、夏季と冬季では体内で生成できる25OHD量が変化している可能性が考えられた。そのため、冬季に血中25OHDを充足させるために必要なビタミンD摂取量をより詳細に検討し、かつ、アスリートに対しては、食事などにより多くのビタミンD摂取を促し、高い25OHDを維持することで、疲労骨折などの予防につながる可能性が考えられた。

25OHDは有意に低下したが、血中カルシウムに有意な差は認められなかった。これは血液中のカルシウム濃度を一定に保つために骨に存在するカルシウムが血液中に移動するカルシウムの恒常性によるものと考えられた。

ビタミンD摂取量と血中25OHDとの関連を検討したところ、10月は有意な相関が認められた($r=0.334$)が、3月では認められなかった($r=0.173$)。これより冬季は紫外線量の影響が大きく、夏季と同様のビタミンD摂取量では25OHDを維持することは難しい可能性が考えられた。しかしながら、体内の25OHD量を充足させるために必要なビタミンD摂取量は不明であり、今後さらなる検討が行われるべきである。

本研究の限界点として、年間を通した検討ができていないことである。より詳細な検討を行うためには1年以上の調査期間を設けるべきである。しかしながら、本研究の調査期間は、紫外線量が少なくなる冬季での調査と設定したため、季節に

よるビタミンDの必要量を検討する上で有用な情報を提供できた。本研究の結果において冬季におけるビタミンD摂取量と血中25OHDの変化および関係性を示したことから、日本人の食事摂取基準2020年度版の目安量である8.5 μ g以上摂取した場合でも、血中25OHDが不足している可能性が示唆された。今後も継続した調査およびより詳細な冬季期間の調査を行うことでアスリートのビタミンD摂取および骨傷害の予防に対する方策の構築が期待できると考えられた。

結 語

本研究は、大学生アスリートに対し、冬季におけるビタミンD摂取量と体内での血中25OHDを調査した。本結果より、血中25OHDは10月と比較し、3月で有意に低下したが、ビタミンD摂取量に明らかな有意差を認めなかったことは、冬季は紫外線による体内での25OHD合成量が減少している可能性が考えられた。

以上より、季節により必要なビタミンD摂取量を設定する必要がある可能性が示唆された。

謝 辞

調査に協力いただきました大学生アスリートの方に感謝いたします。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

著者貢献

海老久美子 Methodology, Supervision.

佐竹 勇 人 Data curation, Formal analysis, Investigation.

篠原靖司 : Conceptualization, Methodology, Project administration, Resources, Supervision, Visualization, Writing original draft, Writing review & editing.

文 献

- Hurst P, Beck K. Vitamin D and Skeletal Muscle Function in Athletes. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*. 2014; 17: 539-545.
- Heaney R, Dowell M, Hale A, et al. Calcium absorption varies within the reference range for serum 25-hydroxyvitamin D. *Journal of the American College of Nutrition*. 2003; 22: 142-146.
- Lips P. Vitamin D Deficiency and Secondary Hyperparathyroidism in the Elderly: Consequences for Bone Loss and Fractures and Therapeutic Implications. *Endocrine Reviews*. 2001; 22: 477-501.
- Ruohola J, Laaksi I, Ylikomi T, et al. Association Between Serum 25 (OH) D Concentrations and Bone Stress Fractures in Finnish Young Men. *Journal of Bone and Mineral Research*. 2006; 21: 1483-1488.
- Millward D, Root A, Dubois J, et al. Association of Serum Vitamin D Levels and Stress Fractures in Collegiate Athletes. *The Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2020; 8: 1-6.
- Bikle D. Vitamin D and the skin: Physiology and pathophysiology. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*. 2012; 13: 3-19.
- Miyauchi M, Hirai C, Nakajima H. The Solar Exposure Time Required for Vitamin D₃ Synthesis in the Human Body Estimated by Numerical Simulation and Observation in Japan. *The Journal of Nutritional Science and Vitaminology*. 2013; 59: 257-263.
- Ono Y, Suzuki A, Kotake M, et al. Seasonal changes of serum 25-hydroxyvitamin D and intact parathyroid hormone levels in a normal Japanese population. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*. 2005; 23: 147-151.
- Maruyama-Nagao A, Sakuraba K, Suzuki Y. Seasonal variations in vitamin D status in indoor and outdoor female athletes. *Biomedical Reports*. 2016; 5: 113-117.
- Backx E, Avoort C, Tieland M, et al. Seasonal Variation in Vitamin D Status in Elite Athletes: A Longitudinal Study. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2017; 27: 6-10.
- Sasaki S, Yanagibori R, Amano K. Self-administered diet history questionnaire developed for health education: a relative validation of the test-version by comparison with 3-day diet record in women. *Journal of Epidemiology*. 1998; 8: 203-215.
- Ishizu T, Torii S, Taguchi M. Habitual Dietary Status and Stress Fracture Risk Among Japanese Female Collegiate Athletes. *Journal of the American Nutrition Association*. 2022; 41: 481-488.
- Halliday T, Peterson N, Thomas J, et al. Vitamin D Status Relative to Diet, Lifestyle, Injury, and Illness in College Athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 2011; 42:

- 335-343.
- 14) Mary S, Nancy W, Aurelia N, et al. Misunderstanding the female athlete triad: refuting the IOC consensus statement on Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). *British Journal of Sports Medicine*. 2014; 48: 1461-1465.
- 15) Condo D, Lohman R, Kelly M, et al. Nutritional Intake, Sports Nutrition Knowledge and Energy Availability in Female Australian Rules Football Players. *Nutrients*. 2019; 11: 1-13.
- 16) Folscher L, Grant C, Fletcher L, et al. Ultramarathon athletes at risk for the female athlete triad. *Sports Medicine*. 2015; 1: 29.
- 17) 一般社団法人日本内分泌学会, 一般社団法人日本骨代謝学会. ビタミンD不足・欠乏の判定指針. *日本内分泌学会雑誌*. 2017; 93: 1-10.
- 18) Roberta C, Aldenir S, João C, et al. Sun exposure, skin lesions and vitamin D production: evaluation in a population of fishermen. *Anais Brasileiros de Dermatologia*. 2019; 94: 279-286.
- 19) Bolland M, Grey A, Ames R, et al. Determinants of vitamin D status in older men living in a subtropical climate. *Osteoporosis International*. 2006; 17: 1742-1748.
-
- (受付 : 2024 年 3 月 18 日, 受理 : 2024 年 9 月 6 日)

Vitamin D intake and blood 25OHD in athletes during the winter season

Itokawa, K.*¹, Ebi, K.*², Satake, H.*³, Shinohara, Y.*²

*¹ Graduate School of Sport and Health Science, Ritsumeikan University

*² Faculty of Sport and Health Science, Ritsumeikan University

*³ Sport Arthroscopy Center, Hanna Central Hospital

Key words: vitaminD, 25OHD, athlete

[Abstract] We evaluated vitamin D variation in the body during winter by investigating the vitamin D intake and blood 25-hydroxyvitamin D (25OHD) of Japanese university athletes in winter. Forty-seven athletes (22 females and 25 males) were included, all belonged to the university athletic association. The survey was conducted two times (First: October, Second: March), and comparisons were made between parallel groups. Anthropometry, dietary survey, blood test, and a questionnaire were performed. There were no significant differences in any of the nutrient intake categories between measurements. Herein, the vitamin D intake of the participants was higher than that of the general Japanese population. Blood 25OHD was significantly lower ($p < 0.05$) in males and females at the second visit than at the first. Our results showed that while blood 25OHD decreased significantly between measurements, no significant difference in vitamin D intake was observed, suggesting that vitamin D production by exposure to ultraviolet light may have substantially affected blood 25OHD during winter. Thus, it may be necessary to increase vitamin D intake in winter than in summer when the body's 25OHD synthesis is thought to decrease.