

《 総 説 》

アスリートのビタミンD栄養状態に関する文献レビュー

山崎 美枝・小林 芽菜*

<キーワード>

アスリート ビタミンD 魚類 効果量 文献レビュー

1. 緒言

近年、アスリートの骨の健康において、ビタミンD摂取不足が問題視されている^{1,2,3)}。このビタミンDは骨代謝に関与しているため、骨の健康を維持するうえで不可欠であり、身体が資本のアスリートにとってスポーツ障害や怪我予防、ひいてはパフォーマンス向上に欠かせない重要な栄養素の一つである。ビタミンDは食事からの摂取だけではなく、紫外線照射により皮膚でも産生されることから、特に冬季間や屋内でのスポーツ活動は日照曝露の影響を受けにくいいため、体内でのビタミンD不足が懸念される。

令和元年の国民健康・栄養調査によると20歳代(男女計)のビタミンD摂取量は5.3 μ g、魚介類の1日の平均摂取量は50.8gといずれも少ない結果だった⁴⁾。

ビタミンDを多く含む食品は魚類や卵類、一部のきのこなど限定的であることから、含有量が多い食品を摂取しない限り不足が生じると考えられる。よって、含有量が特に多い魚類の摂取状況に注目することは、ビタミンD不足を解消するうえで大きな意義がある。

そこで、本研究では、アスリートのビタミンD不足の現状と魚類摂取強化による栄養介入の効果を文献レビューにより明らかにし、ビタミンDが豊富な釧路地域の魚類の活用の可能性について検討することを目的とした。

2. 方法

(1) 論文の検索とスクリーニング方法

本研究ではデータベース検索による論文抽出を行った。データベースは医中誌Web、CiNii Researchを用い、最終検索日2022年10月13日までに検索可能となっている論文を対象に検索した。検索キーワードは「ビタミンD」に「アスリート」、「運動選手」、「競技者」、「選手」のいずれかをかけた結果75件が抽出された。

論文の採択基準は、①日本語の原著論文、短報で会議録・解説・KAKEN報告書を除く、②研究対象がアスリートの男
*釧路市立桜ヶ岡保育園

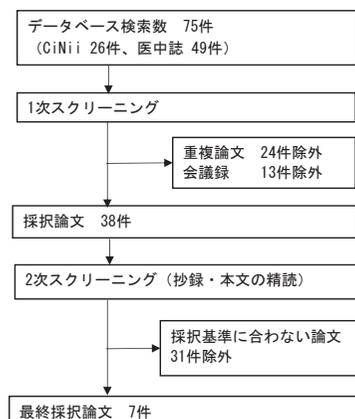


図1 論文採択のフローチャート

女、③ビタミンD摂取に関する内容、④骨に関する内容について検討しているの4点とした。論文採択のフローチャートを図1に示した。

抽出された論文の重複24件、会議録13件を除外し、残った論文の抄録ならびに本文を精読し、上記の採択基準を満たさない論文31件を除外した結果、最終採択論文は7件となった。

(2) 論文の分析方法

採択された論文を精読し、文献マトリクスにより著者、発行年、対象者、競技種目、評価指標、結果の概要について整理した。

栄養介入前後の結果の比較が可能な論文については、サンプル数の影響を受けない効果量Cohen's d を以下の計算式⁵⁾により求めた。

$$d = \frac{(\bar{y}_1 - \bar{y}_2)}{\sqrt{\frac{n_1 s_1^2 + n_2 s_2^2}{n_1 + n_2}}}$$

それぞれの群のサンプル数を n 、平均値を \bar{y} 、標準偏差を s で示す。効果量の大きさはコーエンの基準⁶⁾により0.2が「小さい(small)」、0.5が「中程度(medium)」、0.8が「大きい(large)」を用いた。

3. 結果

(1) 採択論文の概要

分析対象論文の概要を表1に示した。対象者の年齢は16歳から23歳の範囲で、競技種目はバドミントン、サッカー、陸上競技、バスケットボール、アイスホッケー、スピードスケートだった。対象人数は、少ないもので39名、多いもので136名であり、対象者が男子のみの研究は2件、女子のみの研究は1件、男女混合は4件だった。骨に関する評価指標については、血清ビタミンD栄養状態が4件、食事調査によるビタミンD摂取量が5件、DXA法などの骨の評価が3件みられた。

(2) アスリートのビタミンD栄養状態

表2にアスリートのビタミンD摂取量を、表3にアスリートの血清ビタミンD栄養状態を示す。

アスリートのビタミンDの摂取基準は一般人よりも多いと考えられているが、明確な基準が示されていないため、本研究では日本人の食事摂取基準(2020年版)における対象年齢の目安量 $8.5 \mu\text{g}^{12)}$ を用いて評価する。この目安量を超えていたのが、男子サッカーと男子陸上競技、男子陸上長距離で、いずれも屋外競技である^{1,7,8)}。一方で、屋内競技である男子のバドミントンは目安量を下回っていた³⁾。女子は屋内外に関わらず全ての競技で目安量を大きく下回っていた^{1,2,3)}。

ビタミンD栄養状態の指標である血清25(OH)D(25-ヒドロキシビタミンD)では、日本内分泌学会、日本骨代謝学会、厚生労働省合同で示した判定基準が 30ng/ml 以上⁹⁾に対し、男子の陸上長距離のみがこの基準を超え⁸⁾、他の対象は基準を下回っており不足状態だった。特に、同じ男子でも屋外競技の陸上長距離と屋内競技のバドミントン^{3,10,11)}とでは大きな差がみられた。

(3) 栄養介入によるビタミンD栄養状態の改善

栄養介入前後のビタミンD摂取状況と血清ビタミンD栄養状態について検討している論文は2件みられた。表4に栄養介入によるビタミンD摂取量の変化を、表5に栄養介入による血清ビタミンD栄養状態の変化を示す。栄養介入後は2件の研究ともにビタミンD摂取量が増加し、中程

度以上の大きさの効果を示した。さらに血清ビタミンDの変化においては、2件の研究ともに大きい効果を示したことから、栄養介入はビタミンD摂取量の増加と血清ビタミンD栄養状態の改善に有効であることが明らかとなった。

表1 アスリートのビタミンDに関する文献の概要

著者(発行年)	対象者/競技種目	人数	評価指標	結果の概要
井上なぎさ 飯塚太郎 大西貴弘 土肥美智子 (2021)	男子23.1±3.5歳 女子23.3±3.1歳 バドミントン 日本代表選手	男子28名 女子26名	・ビタミン栄養状態 (25(OH)D) ・骨の評価(DXA法) ・身体特性(身長, 体重, 除脂肪量)	・ビタミンDの栄養状態を示す25(OH)Dの平均は、男子選手22.7±5.9ng/mL, 女子選手18.7±4.4ng/mLであり、男子選手が女子選手より有意に高かった。 ・骨密度の平均は、男子選手1.26±0.07g/cm ² , 女子選手1.22±0.06g/cm ² であり、男子選手の方が有意に高値を示した。 ・骨密度のZスコアは、男子選手1.48±1.07, 女子選手2.57±1.19であり、同年齢と比較して高いことが示された。
星野美美 大森豪 (2017)	男性19.5±1.2歳 女性20.2±1.4歳 大学サッカー部男女 大学陸上部男女	サッカー部 (男性36名, 女性34名) 陸上部 (男性46名, 女性20名)	・基本属性(性, 年齢, 身長, 体重) ・栄養素摂取状況 (BDHQ: 過去1か月の食品群別摂取量と栄養素摂取量) ・食事の欠食状況, 居住条件	・大学生選手におけるビタミンDの栄養素摂取状況は、男性4.3±3.1μg/1000kcal, 女性4.2±2.6μg/1000kcalであり、男女ともに1000kcalあたりの摂取量においては推定平均必要量を上回っていた。 ・BDHQから得られた1000kcalあたりの食品群別摂取量では、居住条件別の比較において、1人暮らしの男子大学生は、実家暮らしの男子大学生と比べ、魚介類の摂取量が有意に少なかった。 ・女性の1000kcalあたりの魚介類の摂取量は、平成27年国民健康・栄養調査の結果当該年齢より下回っていた。
佐々木将太 (2020)	高校女子 バスケットボール アイスホッケー スピードスケート	バスケット (20名) アイスホッケー (7名) スピードスケート (26名)	・食事調査 (FFQg: エネルギー, たんぱく質, 脂質, 炭水化物, ビタミンD)	・ビタミンD摂取量は、4.7±2.6μgであった。 ・2015年度版食事摂取基準における目安量6μgを満たしていた選手は、26.4%であった。 ・ビタミンD摂取量は、たんぱく質と強い正の相関(r=0.746), エネルギー・脂質と正の相関(r=0.490, r=0.597), 炭水化物と弱い正の相関(r=0.320)がみられた。
井上なぎさ 飯塚太郎 朴柱奉 土肥美智子 (2019)	男子21.9±4.3歳 女子22.7±2.7歳 バドミントン 日本代表選手	男子25名 女子26名	・選手へのヒアリング (1日あたりの日光暴露時間, 疲労骨折の既往歴) ・血液検査(25(OH)D, EPA, AA, EPA/AA比)	・1日あたりの日光暴露時間の平均は、男子選手で29.0±15.0分, 女子選手で20.8±8.2分であった。 ・25(OH)Dの平均は、男子選手15.9±4.0ng/mL, 女子選手14.3±4.0ng/mLであった。 ・25(OH)Dの欠乏(20ng/mL未満)が84.3%の選手にみられた。 ・25(OH)DとEPA, 25(OH)DとEPA/AA比の間にそれぞれ有意な正の相関が認められた。
井上なぎさ 飯塚太郎 朴柱奉 土肥美智子 (2019)	男子21.5±4.0歳 女子22.9±2.8歳 バドミントン 日本代表選手	男子19名 女子20名	・食事調査 (FFQg: エネルギー, たんぱく質, 脂質, 炭水化物, カルシウム, ビタミンD) ・血液検査(25(OH)D, EPA, AA, EPA/AA比, 骨吸収マーカー-NTX) ・身体組成計測(体重, 除脂肪量, 体脂肪率)	・ビタミンD栄養状態の改善を目的とした約1年間の魚類摂取強化などの栄養介入を行った結果、25(OH)Dは、男子選手16.9±4.0ng/mLから20.8±3.2ng/mL, 女子選手13.6±3.6ng/mLから17.8±5.0ng/mLへと有意に増加した。 ・約1年間の魚類摂取強化などの栄養介入によりビタミンD摂取量は、男子選手6.8±2.9μgから8.9±4.9μg, 女子選手4.8±1.6μgから7.3±4.8μgへと有意に増加した。 ・栄養介入前後で脂肪酸AAは有意な減少, EPA, EPA/AA比は有意に増加した。
今井菜美 上西一弘 (2020)	大学生男子 陸上長距離選手	61名	・身体計測 (身長, 体重, 除脂肪量, 体脂肪率, 体脂肪率) ・骨密度計測 (DXA法: 全身骨塩量, 全身骨密度, 腰椎骨密度, 大腿骨頸部骨密度, 大腿骨近位部骨密度) ・食事調査(FFQPOP: エネルギー量, たんぱく質, カルシウム, ビタミンD, ビタミンK)	・大学1年時の全身骨密度は1.190±0.065g/cm ² , 腰椎骨密度は1.191±0.121g/cm ² , 大腿骨近位部骨密度は1.149±0.103g/cm ² , カルシウム摂取量は716mg/日, ビタミンD摂取量は12.5μg/日であった。 ・大学1年時の計測値では、骨密度と栄養素摂取量において全身骨密度とビタミンD摂取量, 腰椎骨密度とはカルシウムとビタミンD摂取量, 大腿骨近位部骨密度とはカルシウムとビタミンD摂取量において有意な正の相関を示した。しかし、大学4年時では骨密度と栄養素摂取量は有意な相関を示さなかった。 ・大学4年時の骨密度と3年間の平均栄養素摂取量において、骨密度(腰椎, 大腿骨頸部, 大腿骨近位部)とカルシウム摂取量は有意な正の相関がみられた。
虎石真弥 上西一弘 岩本潤 大谷俊郎 (2021)	大学生男子 陸上長距離選手	41名	・身体組成計測 (身長, 体重, DXA法: 体脂肪率, 骨密度) ・血液および尿検査 (骨代謝マーカー, 骨質関連マーカー: 25(OH)D, 血清OCほか) ・半定量食物摂取頻度調査 (エネルギー, たんぱく質, 脂質, 炭水化物, ビタミンD, ビタミンK, カルシウム) ・陸上長距離走の競技歴, 月間走行距離量	・管理栄養士による栄養指導を行った結果ビタミンD摂取量は、調査開始時9.6±2.2μg/日から調査開始1年後は19.4±7.6μg/日へと有意に増加した。 ・血清25(OH)D濃度は、調査開始時32.0±5.2ng/mLから調査開始1年後は36.9±5.9ng/mLと有意に増加した。 ・1年間の栄養指導で栄養摂取量は全項目において有意に増加し、全身骨密度, 腰椎骨密度, 大腿骨頸部骨密度は有意に増加した。

表2 アスリートのビタミンD摂取量

種目	性別	平均年齢	対象区分	人数	ビタミンD摂取量 (μg)
バスケットボール アイスホッケー スピードスケート (佐々木, 2020)	女子	16.5	高校生	53	4.7
サッカー 陸上競技 (星野ら, 2017)	男子	19.5	大学生	82	9.7*
	女子	20.2		54	6.2*
バドミントン (井上ら, 2019)	男子	21.5	日本代表	19	6.8
	女子	22.9		20	4.8
陸上長距離 (今井ら, 2020)	男子	記載なし	大学生 (1年時)	61	12.5
陸上長距離 (虎石ら, 2021)	男子	19.4	大学生	41	9.6

* 論文の中ではエネルギー密度法 (μg/1000kcal) を用いていたため、対象者のエネルギー摂取量により補正した

表3 アスリートの血清ビタミンDの栄養状態

種目	性別	平均年齢	対象区分	人数	血清25(OH)D (ng/mL)
バドミントン (井上ら, 2021)	男子	23.1	日本代表	28	22.7
	女子	23.3		26	18.7
バドミントン (井上ら, 2019)	男子	21.9	日本代表	25	15.9
	女子	22.7		26	14.3
バドミントン (井上ら, 2019)	男子	21.5	日本代表	19	16.9
	女子	22.9		20	13.6
陸上長距離 (虎石ら, 2021)	男子	20.0	大学生	41	32.0

表4 栄養介入によるビタミンD摂取量の変化

種目	性別	人数	ビタミンD摂取量 (μg)		効果量	
			介入前 M±SD	介入後 M±SD	Cohen's <i>d</i>	大きさ
バドミントン (井上ら, 2019)	男子	19	6.8 ± 2.9	8.9 ± 4.9	0.52	中程度
	女子	20	4.8 ± 1.6	7.3 ± 4.8	0.70	中程度～大きい
陸上長距離 (虎石ら, 2021)	男子	41	9.6 ± 2.2	19.4 ± 7.6	1.75	大きい

表5 栄養介入による血清ビタミンD栄養状態の変化

種目	性別	人数	血清25(OH)D (ng/mL)		効果量	
			介入前 M±SD	介入後 M±SD	Cohen's <i>d</i>	大きさ
バドミントン (井上ら, 2019)	男子	19	16.9 ± 4.0	20.8 ± 3.2	1.08	大きい
	女子	20	13.6 ± 3.6	17.8 ± 5.0	0.96	大きい
陸上長距離 (虎石ら, 2021)	男子	41	32.0 ± 5.2	36.9 ± 5.9	0.88	大きい

(4) 魚類摂取と血清ビタミンD栄養状態

大学男子サッカー・陸上競技選手を対象とした研究における魚介類摂取量について、エネルギー密度法により算出された摂取量を対象者のエネルギー摂取量で補正し評価すると、男子の居住条件別では実家暮らしで60.5gに対し、一人暮らしでは42.6gと有意に少なく、男女別では男子59.6g、女子35.5gであり、居住形態や性別で違いがみられた¹⁾。

バドミントン男女を対象とした研究における魚類摂取量とビタミンDの関係では、魚類摂取強

化などの栄養介入により、魚類の摂取量が有意に増加し、ビタミンD摂取量においても有意に増加していた³⁾。さらに、魚類摂取状況の評価項目であるエイコサペンタエン酸(EPA)ならびに、EPAとアラキドン酸(AA)の比(EPA/AA)は血清25(OH)Dと正の相関が認められた^{3,11)}ことから、魚類摂取量の増加が血清ビタミンD栄養状態の改善に関与していることが示された。

(5) ビタミンD摂取量と骨密度の関係

ビタミンD摂取量と骨密度との関連では、大学生男子陸上長距離選手を対象とした研究で、大学1年時の全身骨密度、腰椎骨密度、大腿骨近位部骨密度それぞれとビタミンD摂取量との間に有意な正の相関がみられた⁷⁾。他の研究では、大学生男子陸上長距離選手を対象に1年間の栄養指導を実施した結果、ビタミンDの摂取量が有意に増加し、全身骨密度、腰椎骨密度、大腿骨頸部骨密度が有意に増加したという結果が示された⁸⁾。

4. 考察

本研究における採択論文は7件と少なく、2017~2021年発行の比較的新しい論文である。スポーツ栄養分野において、疲労骨折をはじめとするスポーツ障害予防で注目されるビタミンDに関する研究は、現在盛んに行われている。

採択論文の分析により、魚の摂取不足、ビタミンD摂取不足、血清ビタミンD栄養状態が悪いアスリートが多くみられたこと、魚類摂取強化による栄養介入はビタミンD摂取量の増加と血清ビタミンD栄養状態の改善に有効であること、さらにビタミンD摂取強化は骨密度の増加に関与していることが明らかとなった。

日本人の食事摂取基準(2020年版)のビタミンDの策定方法において、緯度や季節による紫外線照射の影響について解説している。それによると5.5 μg のビタミンD量を皮膚で産生するために必要な日照曝露時間を札幌、つくば、那覇の3都市で比較しているが、緯度の高い札幌の12月では正午で76.4分、15時で274.7分の日照曝露が必要とのデータが示されている¹²⁾。よって冬季の北海道では、皮膚でのビタミンD産生が期待できないため、食事による摂取強化が必要といえる。中村らによると、高齢者施設の献立データから日本人が摂取するビタミンDの供給源の比率を検討したところ90.7%が魚由来であった¹³⁾ことから、魚の摂取はビタミンD摂取強化に効率的であるといえる。

釧路で獲れる魚を例に、日本食品標準成分表2020年版(八訂)¹⁴⁾でビタミンDを算出した結果、鮭の切り身(焼き)一切れ70g(可食部)でビタミンDが27.3 μg 摂取できる。これは1日の食事摂取基準の目安量の3.2倍である。サンマ(焼き)1尾80g(可食部)でビタミンDが10.4 μg 、1日の目安量の1.2倍が摂取可能、サバ(焼き)一切れ80g(可食部)でビタミンDが3.9 μg 、1日目安量の約半分が摂取可能である。他の都府県よりも日照曝露が少ない北海道や、日中に屋内で活動するアスリートは、魚類の摂取を強化する必要がある。また、釧路に合宿や遠征で訪れるアスリートに対して、積極的に地場の魚を提供することは、アスリートの丈夫な骨づくりへの貢献に繋がる。骨状態を良好に保つ観点から、アスリートの栄養サポートにおいて、地場の魚を積極的に献立に取り入れるとともに、アスリート自身が魚類摂取に前向きに取り組めるような情報提供の必要性が示唆された。

5. 結論

本研究では、アスリートのビタミンD栄養状態ならびに栄養介入による効果について、文献レビューにより以下のことが明らかとなった。

1. ビタミンD摂取不足，魚類摂取不足，血清ビタミンD栄養状態に問題のあるアスリートが多く存在していた。
2. 魚類摂取強化による栄養介入が，ビタミンD摂取量，血清ビタミンD栄養状態を改善させることが明らかとなった。また，ビタミンD摂取量の増加は骨状態を改善させることが明らかとなった。
3. 日照曝露時間が少ない北海道や屋内で活動するアスリートにおいては魚類摂取強化の必要性が示唆され，釧路地域の魚類を活用することはアスリートの丈夫な骨づくりへの貢献が期待できる。

参考文献

- 1) 星野美美，大森豪：大学生運動選手における栄養素等摂取状況とその特徴，新潟医療福祉学会誌，17(2)，50-55，2018。
- 2) 佐々木将太：高校女子アスリートのビタミンD摂取状況，北海道文教大学研究紀要，44，57-61，2020。
- 3) 井上なぎさ，飯塚太郎，朴柱奉，土肥美智子：バドミントン日本代表選手におけるビタミンD不足に対する栄養介入の有効性，日本スポーツ栄養研究誌，12，68-76，2019。
- 4) 厚生労働省：令和元年国民健康・栄養調査結果の概要，2020。 <https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000687163.pdf>，(参照2022-12-15)
- 5) 山田剛史，井上俊哉：メタ分析入門－心理・教育研究の系統的レビューのために－，東京大学出版会，2012。
- 6) Cohen, J: *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1988.
- 7) 今井菜美，上西一弘：大学生男子陸上長距離選手の骨密度と習慣的なカルシウム摂取量の関連，日本骨粗鬆症学会雑誌，6(3)，327-333，2020。
- 8) 虎石真弥，上西一弘，岩本潤，大谷俊郎：大学生男子陸上長距離選手における血清低カルボキシル化オステオカルシン濃度と骨密度および骨代謝指標の関連，日本骨粗鬆症学会雑誌，7(3)，483-492，2021。
- 9) 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，厚生労働省難治性疾患克服研究事業ホルモン受容機構異常に関する調査研究班：ビタミンD不足・欠乏の判定指針，日本内分泌学会雑誌，93，1-10，2017。
- 10) 井上なぎさ，飯塚太郎，大西貴弘，土肥美智子：バドミントン日本代表選手における骨密度の実態，Journal of High Performance Sport，7，71-77，2021。
- 11) 井上なぎさ，飯塚太郎，朴柱奉，土肥美智子：バドミントン日本代表選手におけるビタミンD栄養状態，日本臨床スポーツ医学会誌，27(2)，319-324，2019。
- 12) 厚生労働省「日本人の食事摂取基準」策定検討会：日本人の食事摂取基準(2020年版)「日本人の食事摂取基準」策定検討会報告書，2019。 <https://www.mhlw.go.jp/content/10904750/000586553.pdf>，(参照2022-12-15)
- 13) Nakamura K, Nashimoto M, Okuda Y, Ota T, Yamamoto M: Fish as a major source of vitamin D in the Japanese diet, *Nutrition*, 18(5), 415-416, 2002.
- 14) 香川明夫：八訂食品成分表2022本表編，女子栄養大学出版社(東京)，2022。