

短報

大学生男子競技選手における血清 25 (OH) D 濃度の屋内競技と屋外競技の比較検討 ～季節変動に着目して～

妙圓園 香苗^{*1}、安田 純^{*1,*2}、高井 恵理^{*1}、元永 恵子^{*1}、亀井 明子^{*1}

^{*1} 国立スポーツ科学センター、^{*2} 東海大学健康学部

【目的】

ビタミンDは骨代謝だけではなく、免疫機能やさまざまな疾患リスク、競技パフォーマンスに影響する。体内のビタミンD濃度を示す25-hydroxyvitamin D (25 (OH) D) は、食事によるビタミンD摂取量だけでなく主に日光照射による皮膚でのビタミンD合成量の影響を受けて変動するため、スポーツの競技実施環境ごとに血清25 (OH) D濃度が異なる可能性が高い。本研究の目的は、屋内および屋外競技選手を対象に血清25 (OH) D濃度の競技実施環境での差異について調査することとした。

【方法】

男子バドミントン選手11名 (バドミントン群)、男子フィールドホッケー選手7名 (フィールドホッケー群) を対象とし、血清25 (OH) D濃度を測定した。測定は夏季 (9月) と冬季 (1月) の2回行い、①競技実施環境の影響と②季節変動の違いについて比較した。

【結果】

①バドミントン群とフィールドホッケー群は夏季から冬季にかけて一様に血清25 (OH) D濃度が低下したが、交互作用は認められなかった。②季節による血清25 (OH) D濃度の変化率に群間差は確認できなかった。

【結論】

バドミントン群とフィールドホッケー群は夏季から冬季にかけて血清25 (OH) D濃度が一様に低下するが、変化率には有意差が認められなかった。このことから、血清25 (OH) D濃度は競技実施環境よりも季節変動の影響が強い可能性が示唆された。

キーワード：大学生男子競技選手 血清25 (OH) D濃度 競技実施環境 ビタミンD 季節変動

I 緒言

体内のビタミンD濃度は、食品から摂取するビタミンDと皮膚が紫外線に曝露されることで産生されるビタミンDの2種類によって調整されている。一般的に、皮膚で産生されたビタミンDと食物から摂取されたビタミンDの合計量を反映して変動するとされる血清25-hydroxyvitamin D (以下、25 (OH) D) 濃度を体内のビタミンD濃度の指標として利用する。先行研究では、紫外線曝露量と経口ビタミンD摂取量のいずれも血清25 (OH) D濃度と関連があることが明らかにされているものの、濃度調整に対する貢献度の高さについては一定の見解が得られていない¹⁾。

我が国では、日本内分泌学会・日本骨代謝学会の「ビタミンD不足・欠乏の判定指針」で血清25 (OH) D濃度が30 ng/mL以上をビタミンD充足状態、血清25 (OH) D濃度が20 ng/mL以上30 ng/mL未満をビタミンD不足、血清25 (OH) D濃度が20 ng/mL未満をビタミンD欠乏と判定する指針が示されている²⁾。この基準をもとに内勤の看護師や屋内で競技を行うアスリートなど紫外線曝露の少ない人を対象とした研究では、血清25 (OH) D濃度が充足している人の割合が低いことが示されている^{3), 4)}。特にスポーツは屋内競技と屋外競技に分けられ、それぞれの活動の環境によっては日常的に日光照射量が大きく異なることが考えられる。また、我が国における紫外線量は、年間を

表1 アンケート項目

1.	競技に関する質問
1).	競技種目（専門競技）を教えてください。
2).	競技歴を教えてください。
3).	直近の試合で最も良い成績を教えてください。
4).	競技のオン/オフシーズンを教えてください。
5).	それぞれのシーズンでの練習環境を教えてください。
6).	練習頻度を教えてください。二部練習以上の場合是一日の合計時間を記入してください。
2.	骨折（疲労骨折を含まない）の経験はありますか。ある場合は詳細（時期、部位、原因）を教えてください。
3.	疲労骨折の経験はありますか。ある場合は詳細（時期、部位）を教えてください。
4.	現在、1か月以上定期的に服薬しているお薬はありますか？ある場合は詳細（薬の名称、服薬期間）を教えてください。
5.	普段の生活で（運動実施時に限らず）UVカット製品を利用していますか。
1).	日焼け止めを利用していますか。
①	1日で使用する頻度を教えてください。
②	日焼け止めの使用部位を教えてください。
③	日焼け止めの紫外線予防レベルを教えてください。
2).	日傘を利用していますか。
①	利用するタイミングを教えてください。
3).	その他UVカットを目的として利用しているものがあれば教えてください。
6.	日焼けしたときの反応において、もっとも近いものを選択してください。 <input type="checkbox"/> 日焼けをするとすぐに赤くなり、数日後には元に戻るか、うっすら色が残る程度である（スキントイプⅠ） <input type="checkbox"/> 日焼けをすると赤くなり、数日後に褐色調になる（スキントイプⅡ） <input type="checkbox"/> 日焼けをしてもあまり赤くならず、数日後に急激に褐色になる（スキントイプⅢ）
7.	過去に、現在の専門競技以外の運動（スポーツ）の経験はありますか。ある場合は、詳細（運動の種類と期間）を教えてください。
8.	平均的な就寝時間と起床時間を教えてください。
9.	食物摂取頻度調査票 FFQ NEXT 以外で尋ねられた食材以外で定期的に摂取している食品はありますか。（サプリメント等の使用）

通して季節変動が大きいことから、日常生活における日光照射によるビタミンD合成も季節変動の影響を受けることとなる⁵⁾。さらに、日焼け止めなどのUVカット製品の利用が、日光照射によるビタミンD合成を阻害することも報告されている^{6), 7)}。大学生アスリートにおける血清25(OH)D濃度を測定した研究では、肌の色の濃さが異常値の重要な予測因子であることが報告されていることや⁸⁾、対象者のスキントイプ（日焼けに対する反応の違いから分類する肌の性質）⁹⁾も考慮する必要があると考えられる。

ビタミンDは古くから骨代謝に必要なビタミンとして知られているが、近年は免疫¹⁰⁾、循環器疾患^{11)~13)}、糖尿病^{14), 15)}、がんのリスク^{16)~18)}や競技パフォーマンス^{19)~21)}との関連も報告されている。また、ビタミンDとアスリートの競技パフォーマンスの関連性を見たレビュー論文²²⁾では、紫外線照射により100 m走のタイム²³⁾や、心肺機能²⁴⁾、有酸素性能力²⁵⁾が向上することを報告している。さらに、ビタミンD

代謝物や遊離型ビタミンDが握力や垂直飛び関連のパラメーターと有意な関連が認められたこと²⁶⁾や、健康で活発な大学生における研究では、血清25(OH)Dが35 ng/mLを超える学生は、低値の学生よりも最大酸素摂取量が有意に高いこと²⁷⁾、ビタミンDの摂取量の増加は炎症や痛みの軽減し、筋のたんぱく合成や競技パフォーマンスの向上につながることも明らかにされている^{28), 29)}。しかしながら、欧米のアスリートを対象とした横断研究では、アスリートの約56%が血清25(OH)D濃度が欠乏値（本論文では血清25(OH)D濃度が32 ng/mL未満をビタミンD欠乏の基準としている）であることが報告されている³⁰⁾。我が国においても、バドミントン日本代表選手を対象に行った調査で、血清25(OH)D濃度が30 ng/mL以上（充足）である選手はいなかったこと、血清25(OH)D濃度が20 ng/mL未満（欠乏）である選手が51名中43名（84.3%）であったことが報告されている³⁾。さらに、屋内競技と屋外競技が血清25(OH)D濃度に及ぼす影響につ

身体組成・血液生化学検査

身長 (TANITA DC-250, TANITA, Japan, Tokyo)、身体組成 (Inbody770, Inbody Japan, Tokyo) を測定したのち、血液生化学検査により、25 (OH) D を測定した。また、日本内分泌学会の提言²⁾にて、ビタミンDの体内動態を正しく理解するためには、ビタミンDの計測として一般的に利用されている25 (OH) Dだけでなく、ビタミンDの代謝に関与するカルシウム、リン、カルシトニン、腎機能の影響を受けないWhole-PTH (parathyroid hormone/副甲状腺ホルモン)、腎機能の影響を受けるPTH-intactも合わせて測定することが望ましいとされていることから、カルシウム、リン、カルシトニン、Whole-PTH、PTH-intactを測定した。これらの血液生化学検査は、株式会社LSIメディエンス (板橋区、東京) に委託した。

アンケート調査

1) 基本情報に関するアンケート

基本情報に関するアンケートの調査票は表1に示す内容とし、夏季は全て、冬季は2、3、4、5、8、9のみ質問した。自己申告によるスキントypesの調査は、Fitzpatrick分類⁹⁾を用いた。測定日より前に対象者に調査票を送付し、事前に回答したものを測定当日に持参してもらい、研究責任者もしくは研究分担者が内容および記入漏れ等の確認をし、必要に応じてその場で不明な内容を聞き取った。

2) 行動記録調査

測定日より前に、記録表 (図1) に3日間の行動記録を思い出し法にて記入してもらった。行動記録用紙は24時間の活動内容ごとに時間を区切って記載するものである。3日間の内訳は練習日2日、オフ1日とし、屋外活動であったのか、屋内活動であったのかも合わせて回答してもらった。記録タイミングは通常の生活時とし、合宿や野外活動が通常より多い時期などは避け、被験者の負担を考慮し平均的な活動を行っている3日間の記録をとってもらうようにした。

3) エネルギー・栄養素等摂取量調査

エネルギー・栄養素等摂取量の評価には、次世代多目的コホート研究「JPHC-NEXT」で使用の調査票に含まれる詳細版FFQ (172項目) を使用した³⁴⁾。食品および栄養素等摂取量の算出には、「日本食品標準成分表2020年版 (八訂)」に基づいた、専用に開発されたソフトウェア (FFQ NEXT、建帛社、東京) を使用した。測定日より前に対象者に調査票を送付し、事前に回答したものを測定当日に持参してもらい、研究責任者もしくは研究分担者が内容および記入漏れ等の確認をし、必要に応じてその場で不明な内容を聞き取った。

3. 統計解析

各データは、「平均値±標準偏差」または「n (%)」で示した。統計処理には、IBM SPSS statistics 29 (日本アイ・ビー・エム株式会社、東京) を用い、危険率5%未満 (両側) を統計学的に有意と見なした。統計解析は、Kolmogorov-Smirnovの正規性の検定 (探索的) にて、各変数の正規性を確認した。本調査では、屋内競技と屋外競技の夏季の血清25 (OH) D濃度に有意差があると仮説を立てたため、①競技実施環境の影響の検討を行い、②夏季測定と冬季測定のデータから変化率を算出し、季節変動の違いを検討した。①②の検定には、連続変数のうち、正規性が確認できた独立サンプルには対応のないT検定、または、夏季冬季の比較には二元配置分散分析、正規性が確認できなかったものはWilcoxonの符号付き順位検定を、非連続変数については、 χ^2 二乗検定を用いた。

III 結果

1. 夏季測定データを用いた屋内競技・屋外競技間の比較

表2に対象者特性を示す。年齢、身長、身体組成、競技歴、練習時間、屋外活動時間、サプリメント等の使用率 (ビタミンDサプリメントに限らずサプリメントを利用しているかどうか) の間には、両群間に有意差は認められなかった。サプリメントの利用率には有意差は認められなかったが、フィールドホッケー群のみ、ビタミンDを成分に含むサプリメントを摂取している選手が2名確認された。夏季の練習時間がフィールドホッケー群と比較してバドミントン群で有意に長かったが、冬季の練習時間は両群間に有意差は認められなかった ($P = 0.101$)。ただし、屋外活動時間は競技実施環境が屋外であるフィールドホッケー群がバドミントン群と比較して夏季、冬季の両時期において有意に長かった ($P < 0.05$)。また、骨折歴や疲労骨折歴がある選手は両群間で有意差が認められなかった。フィールドホッケー群は7名全員がスキントype IIと回答したが、バドミントン群はスキントype Iが4名、スキントype IIが6名、スキントype IIIが1名という回答であった。また、屋内競技のバドミントン群は日焼け止めを使用している選手はいなかったが、屋外競技のフィールドホッケー群は7名中5名が日焼け止めを日常的に使用していることが明らかとなった。また、使用している日焼け止めの種類は、全員がSPF50+、PA++++であり、市販されている種類の中で最も紫外線予防効果の高いものであった。

表3に夏季におけるエネルギーおよび栄養素摂取量を示す。フィールドホッケー群と比較して、バドミントン群の方がエネルギー、たんぱく質、炭水化物、カルシウム、マグネシウム、リン、鉄、ビタミンB₁、

表2 対象者特性

	フィールドホッケー (n = 7)	バドミントン (n = 11)	P
年齢、歳	20 ± 0	20 ± 1	0.724 [†]
身長、cm	177 ± 7	172 ± 5	0.085 [#]
体重、kg	67.5 ± 4.8	65.8 ± 5.2	0.523 [#]
体脂肪率、%	11.8 ± 1.8	10.9 ± 1.9	0.382 [#]
除脂肪体重、kg	59.5 ± 4.7	58.5 ± 4.3	0.672 [#]
競技歴、年	11 ± 3	10 ± 4	0.361 [#]
夏季練習時間、時間	3 ± 0.6	5.7 ± 0.9	< 0.001 [#]
冬季練習時間、時間	3.1 ± 1.1	3.8 ± 0.7	0.101 [†]
夏季屋外活動時間、分	121 ± 42	57 ± 39	0.005 [#]
冬季屋外活動時間、分	173 ± 64	84 ± 75	0.035 [#]
外傷性骨折歴、n (%)	2 (29)	1 (9)	0.280 [*]
疲労骨折歴、n (%)	1 (29)	1 (9)	0.231 [*]
スキнтаイプI、n (%)	0 (0)	4 (36)	
スキнтаイプII、n (%)	7 (100)	6 (55)	0.110 [*]
スキнтаイプIII、n (%)	0 (0)	1 (9)	
日焼け止めの使用、n (%)	5 (71)	0 (0)	< 0.001 [*]
サプリメントの使用、n (%)	5 (71)	3 (27)	0.147 [*]

平均値 ± 標準偏差、n (%)

[#]P-value = 独立サンプルの T 検定、[†]P-value = Mann-Whitney の U 検定、^{*}P-value = χ^2 二乗検定の結果

表3 夏季におけるエネルギーおよび栄養素摂取量

	フィールドホッケー (n = 7)	バドミントン (n = 11)	P
エネルギー、kcal	2,043 ± 150	2,421 ± 262	< 0.05 [†]
たんぱく質、g	79 ± 5	88 ± 8	< 0.05 [†]
脂質、g	62 ± 4	69 ± 10	0.116 [#]
炭水化物、g	292 ± 27	364 ± 48	< 0.05 [#]
カルシウム、mg	508 ± 16	629 ± 172	< 0.05 [†]
マグネシウム、mg	280 ± 9	328 ± 48	< 0.05 [†]
リン、mg	1,111 ± 86	1,324 ± 212	< 0.05 [†]
鉄、mg	8.7 ± 0.8	9.9 ± 1	< 0.05 [†]
ビタミン B ₁ 、mg	1.2 ± 0.1	1.4 ± 0.2	< 0.05 [#]
ビタミン B ₂ 、mg	1.4 ± 0.3	1.9 ± 0.5	< 0.05 [†]
ビタミン C、mg	117 ± 11	128 ± 16	0.285 [†]
ビタミン D、 μ g	16.9 ± 17.1	10.2 ± 1	0.375 [†]

平均値 ± 標準偏差

[#]P-value = 独立サンプルの T 検定、[†]P-value = Mann-Whitney の U 検定

ビタミンB₂の摂取量が有意に多いことが示された。食事によるビタミンD摂取量には、両群間で有意な差は認められなかった。また、夏季と冬季の季節変動、冬季での競技間のいずれにおいても、ビタミンDを含む各栄養素摂取量に有意な変化は認められなかった。

2. 血清25 (OH) D濃度に関する検討

表4に夏季および冬季における血清25 (OH) D濃度に関連する血液検査項目の結果を示す。PTH-intactおよびWhole-PTHには交互作用が認められ、事後検定の結果、PTH-intact、Whole-PTHはバドミントン群でのみ夏季から冬季にかけて血中濃度が有意に増加し、Whole-PTHは冬季において、フィールドホッケー

群と比較してバドミントン群で有意に高値を示した。

図2に夏季および冬季における血清25 (OH) D濃度を示す。両群ともに夏季から冬季にかけて血清25 (OH) D濃度は有意に低下していたが(時間の主効果: $P < 0.001$)、群間差(群間の主効果: $P = 0.129$)および交互作用($P = 0.938$)は認められなかった。血清25 (OH) D濃度を30 ng/mL以上を基準²⁾とした場合、基準値より不足している選手は、夏季において、フィールドホッケー群で7名中1名、バドミントン群で11名中6名、冬季において、フィールドホッケー群で7名中6名、バドミントン群で11名全員であった。特に、血清25 (OH) D濃度が欠乏(20 ng/mL未満)していた選手は、夏季は両群で0名、冬季はフィールドホッ

表4 夏季および冬季における血清25(OH)D濃度に関する血液検査項目の推移

	フィールドホッケー群 (n = 7)		バドミントン群 (n = 11)		P		
	夏季	冬季	夏季	冬季	季節	群間	交互作用
カルシウム、mg/dL	9.7 ± 0.3	9.7 ± 0.3	9.6 ± 0.3	9.4 ± 0.3	0.512	0.161	0.143
リン、mg/dL	3.8 ± 0.6	3.9 ± 0.4	4 ± 0.3	4 ± 0.4	0.344	0.451	0.785
カルシトニン ^a 、pg/mL	4 ± 5.4	4.1 ± 5	2.6 ± 1.7	2.7 ± 1.5	0.285	0.549	0.202
PTH-intact、pg/mL	27 ± 3	26 ± 5	29 ± 10	35 ± 12 ^a	0.021	0.207	0.006
Whole-PTH、pg/mL	32 ± 3	29 ± 5	34 ± 12	42 ± 14 ^{ab}	0.126	0.131	0.003

平均値±標準偏差、^aP < 0.05 vs. バドミントン群夏季、^bP < 0.05 vs. フィールドホッケー群冬季

*バドミントン選手 n = 8 (3名血中濃度低値により測定値なし)

PTH: parathyroid hormone

P-value は二元配置分散分析 (事後検定: Bonferroni の多重比較検定) の結果を示す。

血清 25(OH)D 濃度の変化

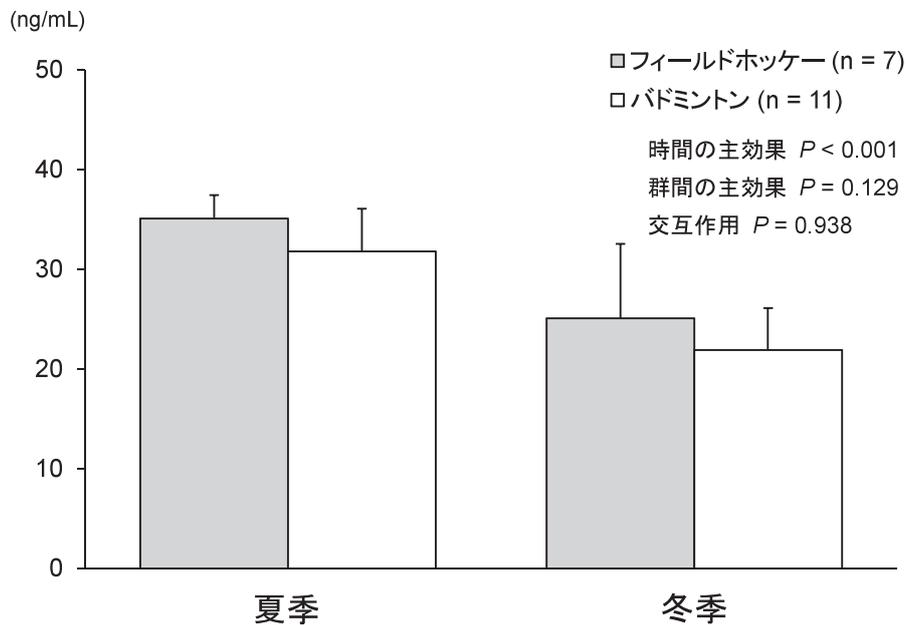


図2 夏季および冬季における血清25(OH)D濃度の変化

P-valueは二元配置分散分析 (事後検定: Bonferroniの多重比較検定) の結果を示す。

ケー群が2名、バドミントン群が3名であった。また、図3に季節間の血清25(OH)D濃度の変化率を示す。変化率は、両群間に有意な差は認められなかった(-28.5 ± 23.0% vs -31.0 ± 9.6%, P = 0.754)。

表5に、血清25(OH)D濃度に関する血液項目の変化率を示す。夏季から冬季にかけてPTH-intact (-3.0 ± 13.0% vs 24.6 ± 24.4%, P < 0.05) および Whole-PTH (-9.6 ± 15.0% vs 27.4 ± 33.0%, P < 0.05) の変化率に群間差が認められた。

IV. 考察

本研究は、日光照射が多い夏季では、屋内競技 (バドミントン) 選手と比較して屋外競技 (フィールドホッケー) 選手の方が血清25(OH)D濃度が高く、日光照射が少なくなる冬季では、その差はなくなると仮説を立て、競技実施環境が血清25(OH)D濃度に及ぼす影響とその季節変動の差異について調査することを目的として実施した。その結果、両群ともに夏季から冬季にかけて血清25(OH)D濃度は、有意に低下すること (時間の主効果) が明らかとなったが、仮説に反して群間の主効果や交互作用は認められなかった。

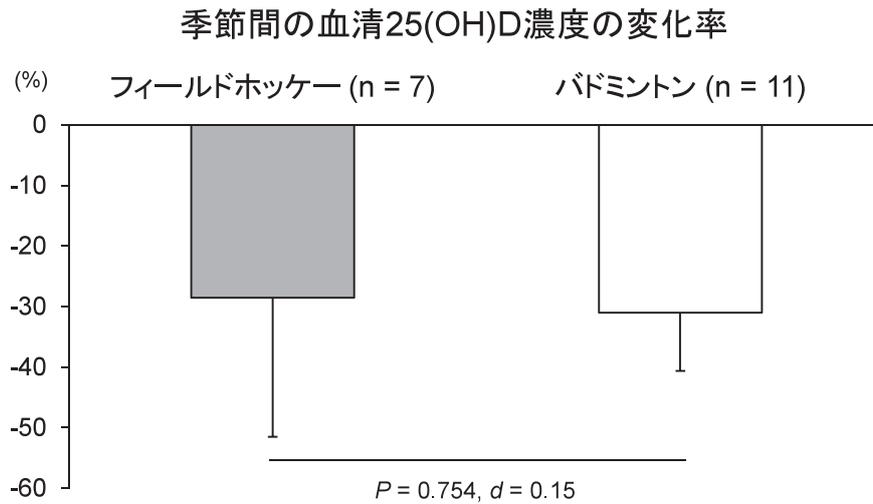


図3 季節間の血清25(OH)D濃度の変化率, 対応のない検定

P-valueは独立サンプルのT検定の結果を示す。

表5 血清25(OH)D濃度に関する血液検査項目の変化率

	フィールドホッケー (n = 7)	バドミントン (n = 11)	P
カルシウム, %	0.6 ± 3.8	-1.5 ± 2.1	0.137
リン, %	3.8 ± 9.9	1.7 ± 10	0.489
カルシトニン*, %	-0.5 ± 9.4	-17.1 ± 6.7	0.169
PTH-intact, %	-3 ± 13	24.6 ± 24.4	< 0.05
Whole-PTH, %	-9.6 ± 15	27.4 ± 33	< 0.05

平均値 ± 標準偏差 *バドミントン選手 n = 8 (血中濃度低値により測定値なし)

P-valueは独立サンプルのT検定の結果を示す。

また、両群の夏季から冬季における変化率にも有意差は認められなかった。

これまで報告されているいくつかの先行研究において、屋内競技選手と比較して屋外競技選手は、血清25(OH)D濃度が高いことが報告されている。2023年に報告されたBársan et al. のメタアナリシスによると、屋内競技と比較して屋外競技の方が血清25(OH)D濃度が高く、その違いはアジア人のみを対象とした場合のみ認められることが明らかにされている³¹⁾。日本人を対象としたKawashima et al.の先行研究によると、屋内競技選手は屋外競技選手と比較して血清25(OH)D濃度が有意に低く、血清25(OH)D濃度が20 ng/mLより低いビタミンD欠乏症の割合が有意に高いことが報告されている³³⁾。本研究では、屋外競技選手と屋内競技選手のいずれにおいても夏季から冬季にかけて、血清25(OH)D濃度が有意に低下することが明らかになったが、夏季、冬季のそれぞれの季節で両群間に有意差を確認することはできなかった。

先行研究において、うつ病患者³⁵⁾や2型糖尿病患者³⁶⁾を対象とした研究で、男性と比較して女性の血中

25(OH)D濃度が有意に低いことや、脂質異常症³⁷⁾や多発性硬化症³⁸⁾の方を対象にした研究では、血中25(OH)D濃度と疾患発症の関連性は女性の方が顕著に確認されたことが報告されているが、健康な成人やアスリートにおける血中25(OH)D濃度の性差を確認した研究は報告されていない。Maruyama-Nagao et al.の先行研究では、屋外競技としてサッカー、屋内競技としてバレーボールの女子選手を対象に、血清25(OH)D濃度の季節変動(3月、6月、9月、12月の測定)を調査している。その結果、屋内競技選手は3月の血清25(OH)D濃度が最も低く、12月、6月、9月の順に濃度がそれぞれ3月の濃度と比較して有意に高いことが明らかになったが、屋外競技選手は3月の血清25(OH)D濃度と比較して9月が有意に高く、9月の血清25(OH)D濃度と比較して12月が有意に低いことが示されている³²⁾。また、個人のピーク濃度を100%として相対値で示した際、3月と12月の測定時に、血清25(OH)D濃度の平均値は、屋外競技選手と比較して屋内競技選手が有意に低いことが明らかにされている³²⁾。本研究の対象者である男子選手にお

いては、夏季（9月）の血清25（OH）D濃度はフィールドホッケー（屋外競技）群が 35.1 ± 1.0 ng/mL、バドミントン（屋内競技）群が 31.8 ± 1.3 ng/mL、冬季（1月）の血清25（OH）D濃度はフィールドホッケー群が 25.1 ± 3.0 ng/mL、バドミントン群が 21.9 ± 1.3 ng/mLであり、9月に血清25（OH）D濃度が高値を示すこと、9月と比較すると1月は両群ともに血清25（OH）D濃度が低下するという変化は、Maruyama-Nagao et al.の先行研究³²⁾の結果と一致していた。また、本研究においては、屋内競技選手と屋外競技選手で夏季と冬季における血清25（OH）D濃度の季節変動に差があると考えていたが、変化率に有意な差は認められなかった。この原因として、フィールドホッケー群は日焼け止めを使用している選手がいたことが影響している可能性が考えられる。紫外線環境保健マニュアルでは、SPF30の日焼け止めをしていると、皮下でのビタミンD産生は5%以下になることが示されている³⁹⁾。そのため、フィールドホッケー群はバドミントン群と比較して日光照射時間が多いにも関わらず、皮膚でのビタミン合成は日光照射時間ほど多くなかった可能性がある。

本研究では、フィールドホッケー群とバドミントン群のPTH-intactおよびWhole-PTHの変化率の間に有意差が認められた。カルシウムおよびリンの代謝に関与する副甲状腺ホルモンであるPTHの変化率は、バドミントン群では夏季から冬季にかけて約25~30%増加していた。ヒトの体は、血清25（OH）D濃度の低下により体内のビタミンDの作用が低下すると、小腸からのリンやカルシウム吸収の低下を招き、血中リン濃度、血中カルシウム濃度が低下する。PTHは血中カルシウム濃度の低下を受けて分泌が増加し、その作用により血中リン濃度、血中カルシウム濃度は増加する。先行研究においても、30~95歳の日本人女性450人あまりの検討で、血清25（OH）D濃度とPTHの間には負の相関関係があることが示されている⁴⁰⁾。本研究では、変化率には群間差は認められなかったものの、両群ともに夏季と比較して冬季で血清25（OH）D濃度は低下していた。また、バドミントン選手では、冬季にカルシウム濃度に変化はなかったがPTHが上昇していたことから、血清25（OH）D濃度の低下によりPTHが増加し、PTHの作用によりカルシウム濃度を維持している可能性が考えられる⁴¹⁾。一方、フィールドホッケー群は、夏季から冬季にかけてPTH-intactおよびWhole-PTHには有意な変化は認められなかった。一般的には、血清25（OH）D濃度とPTH濃度は負の相関関係があることが報告されている⁴²⁾。すなわち、血清25（OH）D濃度が低下すると、PTH濃度は上昇すると考えられているが、フィールドホッケー群では夏季と比較して冬季で血清25（OH）D濃度が低下したものの、PTH濃度の上昇は認められなかった。

フィールドホッケー群でPTH濃度の上昇は認められなかった理由に関しては、本研究で取得したデータのみでは考察できないため、今後さらなる検討が必要である。

また、冬季において、血清25（OH）D濃度が30 ng/mL以上であった唯一の選手（フィールドホッケー群の選手、血清25（OH）D濃度は41.2 ng/mL）は、ビタミンDのサプリメントを日常的に摂取していたため、血清25（OH）D濃度に影響した可能性がある。しかしながら、本研究ではサプリメント摂取状況の確認のため、摂取成分と摂取頻度のみ調査しており、製品名を確認できていないため、対象者が摂取していたサプリメントのビタミンDの正確な含有量を調査できていない。さらに、ビタミンDは肝臓で代謝され25（OH）Dとして血液中を循環するが、その半減期は12~20日程度とする研究が報告されていることから⁴³⁾、サプリメントの影響だけでなく、測定日より2~3週間前からの食事の影響している可能性がある。その他にもビタミンD以外のサプリメント摂取習慣がある選手がフィールドホッケー群で5名、バドミントン群で3名確認された。これらの選手も同様に、詳細なサプリメントの成分含有量を確認できていないため、本研究結果のエネルギーおよび栄養素摂取量には数値を反映できていなかったことが有意な変化が認められなかった原因となるかもしれない。しかしながら、本研究では、冬季にはフィールドホッケー群、バドミントン群ともにほとんどの選手が血清25（OH）D濃度が低下していることから、競技実施環境に関わらず、冬季になる前に血清25（OH）D濃度が不足しないようビタミンDを多く含む食事のアドバイスや摂取方法など栄養サポートを取り入れていく必要がある。

今回、フィールドホッケー選手とバドミントン選手の血清25（OH）D濃度の間に、夏季、冬季、および変化率のいずれにおいても明確な有意差を確認することはできなかった。本研究はパイロット研究として、夏季屋外競技、夏季屋内競技のそれぞれ1種目ずつに絞り、対象人数も少ない中で実施したため、サンプルサイズが不足しており、有意差が認められなかった可能性が考えられる。また、測定時期も影響している可能性がある。気象庁が報告している紫外線の強さを標準化したUVインデックスは、測定を実施した2022年9月（夏季）は5.6、2023年1月（冬季）は1.8であった（※代表計測値の中でそれぞれの大学に最も近い「つくば」での測定値を採用した）⁴⁴⁾。測定を実施した2022年度は最もUVインデックスが小さかったのが12月、次いで2023年1月であったため、冬季の測定ポイントとしては、紫外線量の少ない時期に測定できていたと考えられるが、9月のUVインデックスは、6~8月より低く5月と同程度であったため、夏季の測定ポイントとして紫外線量の最も多い時期には適してお

らず、屋内競技と屋外競技での明確な血清25 (OH) D濃度の差が認められなかった可能性がある。さらに、本研究では食物摂取頻度調査、摂取しているサプリメントの種類・頻度の調査のみで、より具体的に日常的にビタミンD摂取量に關与する食品・サプリメントの調査を行えていない。今回使用した食物摂取頻度調査 (FFQ NEXT) は先行研究において、ビタミンDは過小評価のリスクがあることが報告されている³⁴⁾。このことから、習慣的なビタミンD摂取について、より詳細に聞き取りのできる質問紙⁴⁵⁾や記録法と秤量法、写真法を併用した食事調査等を併用すれば、食事性ビタミンD摂取量をより詳細に把握し、考察できた可能性が高い。また、ビタミンDの半減期は12～20日程度とする研究^{43), 46), 47)}が報告されているが、対象者にそれだけ長期間の食事調査およびサプリメント利用状況の調査を行うことはできなかった。最後に、本研究では骨代謝関連の指標の評価ができていない。ビタミンDは骨代謝に強く関連するため、血清25 (OH) D濃度の季節変動に伴い、骨代謝マーカーも変動している可能性が考えられる。今後は、選手のケガのリスクを早期に把握し、介入するため、骨代謝マーカーも同時期に測定する必要がある。

今後はその他の夏季競技や冬季競技なども測定人数を増やし同様の調査を実施し、競技特性や競技実施環境を考慮したビタミンDを多く含む食事の提案などの栄養サポートができるよう、さらなる検討を進めていく予定である。

V 結論

本研究の結果、屋内競技のバドミントン選手と屋外競技のフィールドホッケー選手は夏季から冬季にかけて一様に血清25 (OH) D濃度が低下することが明らかになったが、その変化率には有意な差は認められなかった。本研究の結果から、血清25 (OH) D濃度は、競技実施環境よりも、季節変動の影響が強い可能性が示唆された。

謝辞

本研究は、2022年度JISS課題研究により実施した。

利益相反

本研究実施に当たり、公開すべき利益相反はありません。

著者貢献

著者KM*は研究計画の立案、データ収集、データ解

析、原稿の執筆を担当した。著者JYは研究計画の立案、データ収集、原稿の修正、投稿の承認を行った。著者ETはデータ収集、原稿の修正、投稿の承認を行った。著者KM、AKは原稿の修正、投稿の承認を行った。

文献

- 1) Asakura, K., Etoh, N., Imamura, H., et al.: Vitamin D Status in Japanese Adults: Relationship of Serum 25-Hydroxyvitamin D with Simultaneously Measured Dietary Vitamin D Intake and Ultraviolet Ray Exposure, *Nutrients*, 12, 743 (2020)
- 2) 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 (2017)
- 3) 井上なごさ, 飯塚太郎, 朴 柱奉, 他: 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, 319-323 (2019)
- 4) 中村重徳, 水谷保彦. 岐阜赤十字病院女性職員における血中ビタミンD濃度の検討, 岐阜赤十字病院医学雑誌, 32, 17-24 (2020)
- 5) 気象庁. 日最大UVインデックス (観測値) の月平均の数値データ表.
- 6) Dawson-Hughes, B., Harris, S. S., Palermo N.J., et al.: Meal conditions affect the absorption of supplemental vitamin D3 but not the plasma 25-hydroxyvitamin D response to supplementation, *J. Bone. Miner. Res.*, 28, 1778-1783 (2013)
- 7) Dawson-Hughes, B.: Vitamin D deficiency in adults: Definition, clinical manifestations, and treatment. 2020.
- 8) Villacis, D., Yi, A., Jahn, R., et al.: Prevalence of Abnormal Vitamin D Levels Among Division I NCAA Athletes, *Sports. Health*, 6, 340-347 (2014)
- 9) Fitzpatrick, T. B.: The validity and practicality of sun-reactive skin types I through VI, *Arch. Dermatol.*, 124, 869-871 (1988)
- 10) Zhang, M., Gao, Y., Tian, L., et al.: Association of serum 25-hydroxyvitamin D(3) with adipokines and inflammatory marker in persons with prediabetes mellitus, *Clin. Chim. Acta.*, 468, 152-158 (2017)
- 11) Khoja, S. O., Miedany, Y. E., Iyer, A. P., et al.: Association of Paraoxonase 1 Polymorphism and Serum 25-Hydroxyvitamin D with the Risk of Cardiovascular Disease in Patients with Rheumatoid Arthritis, *Clin. Lab.*, 63, 1841-1849 (2017)
- 12) Park, K. M., Jun, H. H., Bae, J., et al.: 25-hydroxyvitamin D Levels was not Associated with Blood Pressure and Arterial Stiffness in Patients with Chronic Kidney Disease, *Electrolyte. Blood. Press.*, 15, 27-36 (2017)
- 13) Zhang, R., Li, B., Gao, X., et al.: 25-hydroxyvitamin D

- and the risk of cardiovascular disease: dose-response meta-analysis of prospective studies, *Am. J. Clin. Nutr.*, 105, 810-819 (2017)
- 14) Kim, H., Lee, H., Yim, H. W., et al.: Association of serum 25-hydroxyvitamin D and diabetes-related factors in Korean adults without diabetes: The Fifth Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2010-2012, *Prim. Care. Diabetes.*, 12, 59-65 (2018)
 - 15) Norris, J. M., Lee, H. S., Frederiksen, B., et al.: Plasma 25-Hydroxyvitamin D Concentration and Risk of Islet Autoimmunity, *Diabetes.*, 67, 146-154 (2018)
 - 16) Braillon, A : Pancreatic Cancer Survival: Plasma Levels of 25-Hydroxyvitamin D and Smoking, *J. Clin. Oncol.*, 35, 1136 (2017)
 - 17) Sun, Y. Q., Langhammer, A., Wu, C., et al.: Associations of serum 25-hydroxyvitamin D level with incidence of lung cancer and histologic types in Norwegian adults: a case-cohort analysis of the HUNT study, *Eur. J. Epidemiol.*, 33, 67-77 (2018)
 - 18) Yang, L., Toriola, A. T.: Inflammation Modifies the Association of Obesity with Circulating 25-Hydroxyvitamin D Levels in Cancer Survivors, *Obesity (Silver Spring)*, 25 Suppl 2, S58-S65 (2017)
 - 19) Bezrati, I., Ben, Fradj, M. K., Hammami, R., et al.: A single mega dose of vitamin D(3) improves selected physical variables in vitamin D-deficient young amateur soccer players: a randomized controlled trial, *Appl. Physiol. Nutr. Metab.*, 45, 478-485 (2020)
 - 20) Ceglia, L.: Vitamin D and skeletal muscle tissue and function, *Mol. Aspects. Med.*, 29, 407-414. (2008)
 - 21) Ceglia, L., Harris, S. S.: Vitamin D and its role in skeletal muscle, *Calcif. Tissue. Int.*, 92, 151-162 (2013)
 - 22) Cannell, J. J., Hollis, B. W., Sorenson, M. B., et al.: Athletic performance and vitamin D, *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 41, 1102-1110 (2009)
 - 23) Z, Gorkin., Mj, Gorkin., Ne, Teslenko.: The effect of ultraviolet irradiation upon training for 100m sprint, *Fiziol. Zh. USSR.*, 25, 695-701 (1938)
 - 24) Rosentswieg, J.: The effect of a single suberythemic biodose of ultraviolet radiation upon the strength of college women, *J. Assoc. Phys. Ment. Rehabil.*, 21, 131-133 (1967)
 - 25) Rosentswieg, J.: The effect of a single suberythemic biodose of ultraviolet radiation upon the endurance of college women, *J. Sports. Med. Phys. Fitness.*, 9, 104-106 (1969)
 - 26) Ksiazek, A., Zagrodna, A., Slowinska-Lisowska M., et al.: Relationship Between Metabolites of Vitamin D, Free 25- (OH) D, and Physical Performance in Indoor and Outdoor Athletes, *Front. Physiol.*, 13, 909086 (2022)
 - 27) Forney, L. A., Earnest, C. P., Henagan, T. M., et al.: Vitamin D status, body composition, and fitness measures in college-aged students, *J. Strength. Cond. Res.*, 28, 814-824 (2014)
 - 28) Shuler, F. D., Wingate, M. K., Moore, G. H., et al.: Sports health benefits of vitamin d, *Sports. Health*, 4, 496-501 (2012)
 - 29) Dahlquist, D. T., Dieter, B. P., Koehle, M. S.: Plausible ergogenic effects of vitamin D on athletic performance and recovery, *J. Int. Soc. Sports. Nutr.*, 12, 33 (2015)
 - 30) Farrokhyar, F., Tabasinejad, R., Dao, D., et al.: Prevalence of vitamin D inadequacy in athletes: a systematic-review and meta-analysis, *Sports. Med.*, 45, 365-378 (2015)
 - 31) Barsan, M., Chelaru, V. F., Rajnoveanu, A. G., et al.: Difference in Levels of Vitamin D between Indoor and Outdoor Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis, *Int. J. Mol. Sci.*, 24, 7584 (2023)
 - 32) Maruyama-Nagao, A., Sakuraba, K., Suzuki, Y.: Seasonal variations in vitamin D status in indoor and outdoor female athletes, *Biomed. Rep.*, 5, 113-117 (2016)
 - 33) Kawashima, I., Hiraiwa, H., Ishizuka, S., et al.: Comparison of vitamin D sufficiency between indoor and outdoor elite male collegiate athletes, *Nagoya. J. Med. Sci.*, 83, 219-226 (2021)
 - 34) Yokoyama, Y., Takachi, R., Ishihara, J., et al.: Validity of Short and Long Self-Administered Food Frequency Questionnaires in Ranking Dietary Intake in Middle-Aged and Elderly Japanese in the Japan Public Health Center-Based Prospective Study for the Next Generation (JPHC-NEXT) Protocol Area, *J. Epidemiol.*, 26, 420-432 (2016)
 - 35) Hinata, A., Kitamura, K., Watanabe, Y., et al.: Low plasma 25-hydroxyvitamin D levels are associated with an increased risk of depressive symptoms in community-dwelling Japanese people aged between 40 and 74 years: The Murakami cohort study, *J. Affect. Disord.*, 15, 48-54 (2023)
 - 36) 森 博子, 岡田洋右, 田中良哉. 女性におけるビタミンDと生活習慣病の関係. *J UOEH (産業医科大学雑誌)*, 340, 323-329 (2012)
 - 37) Huang, F., Liu, Q., Zhang, Q., et al.: Sex-Specific Association between Serum Vitamin D Status and Lipid Profiles: A Cross-Sectional Study of a Middle-Aged and Elderly Chinese Population, *J. Nutr. Sci. Vitaminol (Tokyo)*, 66, 105-113 (2020)
 - 38) Kragt, J., Van, Amerongen, B., Killestein, J., et al.: Higher levels of 25-hydroxyvitamin D are associated with a lower incidence of multiple sclerosis only in women, *Mult. Scler.*, 15, 9-15 (2009)

- 39) 環境省環境保健部環境安全課：紫外線環境保健マニュアル 2020. 2020.
- 40) 岡野登志夫：高齢者を中心とする日本人女性のビタミンD栄養状態と骨代謝関連指標について. *Osteoporosis Japan*, 12, 77-79 (2004)
- 41) 岡崎 亮：25 水酸化ビタミンD 測定の意義. *モダンメディア*, 63, 1-4 (2017)
- 42) Tangpricha, V., Pearce, E. N., Chen, T. C., et al.: Vitamin D insufficiency among free-living healthy young adults, *Am. J. Med.*, 112, 659-662 (2002)
- 43) Institute of Medicine Food and Nutrition Board: Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D, 2010 National Academy Press, Washington, DC.
- 44) Singh, M., Das, R. R: Zinc for the common cold, *Cochrane. Database. Syst. Rev*, Cd001364, (2013)
- 45) Kuwabara, A., Tsugawa, N., Mizuno, K., et al.: A simple questionnaire for the prediction of vitamin D deficiency in Japanese adults (Vitamin D Deficiency questionnaire for Japanese: VDDQ-J), *J. Bone. Miner. Metab.*, 37,854-863 (2019)
- 46) Holick, M. F., Binkley, N. C., Bischoff-Ferrari, H. A., et al.: Evaluation, treatment, and prevention of vitamin D deficiency: an Endocrine Society clinical practice guideline, *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 96, 1911-1930 (2011)
- 47) Hossein-Nezhad, A., Holick, M. F.: Vitamin D for health: a global perspective, *Mayo. Clin. Proc.*, 88, 720-755 (2011)

(受付日：2024年3月1日)
(採択日：2024年8月9日)

Original Article

Comparative Study of Serum 25 (OH) D Concentrations in Male College Athletes Engaging in Indoor and Outdoor Competitions -Focus on Seasonal Variability-

Kanae MYOENZONO ^{*1}, Jun YASUDA ^{*1,*2}, Eri TAKAI ^{*1},
Keiko NAMMA-MOTONAGA ^{*1}, Akiko KAMEI ^{*1}

^{*1}Japan Institute of Sports Sciences, Japan High Performance Sport Center

^{*2}Department of Health Management, Tokai University

ABSTRACT

【Purpose】

Serum 25-hydroxyvitamin D (25 (OH) D) concentrations fluctuate not only because of fluctuations in the dietary vitamin D intake, but also because of the effect of vitamin D synthesis in the skin, mainly promoted by exposure to sunlight; thus, serum 25 (OH) D concentrations may differ significantly among athletes in different competitive environments. The aim of this study was to investigate the differences in the serum 25 (OH) D concentrations and their seasonal variations between indoor and outdoor athletes, taking into account the effects of the athletic environment and sunlight exposure.

【Methods】

Eleven male badminton players for indoor competitions (badminton group) and seven male field hockey players for outdoor competitions (field hockey group) were enrolled as the subjects of this study, and their serum 25 (OH) D concentrations were measured. The measurement was performed twice, once in the summer and once in the winter, to compare the effects of (1) the environment in the game was played and (2) differences in seasonal variations.

【Results】

(1) Serum 25 (OH) D concentrations in both the badminton and field hockey players decreased uniformly from summer to winter, but no interaction effect was observed. (2) There was no difference in the rates of change of the serum 25 (OH) D concentration with changes of seasons between the two groups.

【Conclusion】

Serum 25 (OH) D concentrations in both the badminton and field hockey players decreased uniformly from summer to winter, but no significant difference in the rates of change between seasons was observed.

Keywords: University male athletes; Serum 25 (OH) D concentration; Environment of competition; Vitamin D; Seasonal variations