

# 大学レスリング部員における栄養摂取・ 血液学的指標・体組成の統合的評価と 行動変容段階の概況

原口直樹<sup>\*1)</sup>・竹田展大<sup>2)</sup>・竹元明子<sup>3)</sup>・田中貴絵<sup>4)</sup>・清水翔太<sup>5)</sup>・  
佐藤茜<sup>6)</sup>・吉山登志子<sup>7,8)</sup>・池ノ上克<sup>9)</sup>

<sup>1)</sup>\*南九州大学 健康栄養学部 管理栄養学科 栄養教育研究室

〒880-0032 宮崎市霧島5丁目1-2

<sup>2)</sup>南九州大学 教養教育センター

〒885-0035 都城市立野町3764-1

<sup>3)</sup>南九州大学 健康栄養学部 管理栄養学科 臨床栄養学研究室 II

〒880-0032 宮崎市霧島5丁目1-2

<sup>4)</sup>南九州大学 健康栄養学部 管理栄養学科 調理学研究室

〒880-0032 宮崎市霧島5丁目1-2

<sup>5)</sup>春光会記念病院

〒889-2533 日南市大字星倉4600-1

<sup>6)</sup>宮崎大学教育学部附属小学校

〒880-0026 宮崎市花殿町7-49

<sup>7)</sup>北原医院

〒885-0024 都城市北原町11-5

<sup>8)</sup>宮崎大学大学院医学獣医学総合研究科

〒889-1692 宮崎市清武町木原5200

<sup>9)</sup>九州医療科学大学

〒882-8508 延岡市吉野町1714-1

**An integrated assessment of nutrient intake, hematological indicators, and body composition  
in university wrestlers, with an overview of behavior change stages**  
Naoki Haraguchi<sup>\*1)</sup>, Nobuhiko Takeda<sup>2)</sup>, Akiko Takemoto<sup>3)</sup>, Yoshie Tanaka<sup>4)</sup>, Shota Shimizu<sup>5)</sup>,  
Akane Satou<sup>6)</sup>, Toshiko Yoshiyama<sup>7,8)</sup>, Tsuyomu Ikenoue<sup>9)</sup>

<sup>\*1)</sup> *Nutrition Education Laboratory, Department of Nutrition Management, Faculty of Health and Nutrition, Minami Kyushu University 5-1-2 Kirishima, Miyazaki, 880-0032 Japan*

<sup>2)</sup> *Center of Liberal Arts, Minami Kyushu University 3764-1 Tateno, Miyakonojo 885-0035 Japan*

<sup>3)</sup> *Clinical Nutrition Laboratory, Department of Nutrition Management, Faculty of Health and Nutrition, Minami Kyushu University 5-1-2 Kirishima, Miyazaki, 880-0032 Japan*

<sup>4)</sup> *Culinary Science Laboratory, Department of Nutrition Management, Faculty of Health and Nutrition, Minami Kyushu University 5-1-2 Kirishima, Miyazaki, 880-0032 Japan*

<sup>5)</sup> *Shunkokai Memorial Hospital 4600-1 Hoshikura, Nichinan, 889-2533 Japan*

<sup>6)</sup> *Elementary School of Miyazaki University 7-49 Hanadono, Miyazaki, 880-0026 Japan*

<sup>7)</sup> *Kitahara Hospital 11-5 Kitahara, Miyakonojo, 885-0024 Japan*

<sup>8)</sup> *Graduate School of Medicine and Veterinary Medicine, University of Miyazaki 5200 Kiyotake, Kihara, Miyazaki, 889-1692 Japan*

<sup>9)</sup> *Kyushu University of Medical Science 1714-1 Yoshino, Nobeoka, 882-8508 Japan*

Wrestling entails high-intensity training and rapid weight manipulation, creating risks across diet, vitamin D status, hematology, and body composition. We profiled pre-intervention status in a Japanese university team and examined interrelations. Twenty-three wrestlers (diet n=22; blood/body composition n=23) completed 3-day diet records; serum 25-hydroxyvitamin D [25(OH)D] was assayed; bioimpedance provided fat-free mass (FFM), soft lean mass (SLM), total and intracellular water (TBW, ICW), body cell mass (BCM), and protein mass (PM); stage of change (1–5) was recorded. Intakes were compared with the 2025 Japanese DRIs. Vitamin D groups (< 30 vs ≥ 30 ng/mL) were contrasted using Mann–Whitney with FDR control; red blood cell count (RBC)–composition links used Spearman’s ρ.

Average intake fell short of DRI targets for vitamin D, with additional gaps in fiber and

selected minerals. Mean 25(OH)D was  $28.7 \pm 10.1$  ng/mL; deficient/insufficient/sufficient were 13.0/52.2/34.8%. No intake differences between  $<30$  and  $\geq 30$  ng/mL remained after FDR, though unadjusted trends favored higher calcium and lower salt in the  $\geq 30$  ng/mL group. RBC correlated positively with all composition indices ( $\rho \approx 0.66$ ). Associations between stage of change and intake or 25(OH)D were small and non-significant.

These baseline data indicate prevalent suboptimal vitamin D and strong positive correlations between red blood cell count and lean mass/water compartments, supporting nutrition strategies targeting vitamin D, fiber, and minerals, and motivating longitudinal, multivariable, mediation analyses.

**Keywords:** wrestling, vitamin D, diet records, body composition, red blood cells, behavior change, DRI 2025.

## 緒言

レスリングは高強度トレーニングと減量が交錯し、栄養摂取やビタミンD状態、血液学的指標、体組成の相互作用が競技力と健康に影響する<sup>1,2)</sup>。とくに試合期の急速な減量は体水分や循環血液量を変動させ、回復やパフォーマンスに不利益をもたらし得る<sup>3-6)</sup>。一方で、総ヘモグロビン量や循環血液量は除脂肪量と連動し、トレーニング適応とも関連することが報告されている<sup>7-10)</sup>。さらに、大学レベルのレスリングでは季節・練習環境・食習慣の影響を受けて血中ビタミンD (25-hydroxyvitamin D: 25 (OH)D)不足が生じやすく、日照・食品・強化食品やサプリメントを組み合わせた戦略が求められる<sup>11-15)</sup>。

先行研究は、減量期の水分・電解質の変動、栄養素摂取の偏り、および冬季・屋内中心の練習に伴う25(OH)D不足の増加など、個別テーマの重要性を示してきた<sup>3,6,11-15)</sup>。しかし、日本の大学レスリング部において、日本人の食事摂取基準2025(以下、DRI2025)との整合性を踏まえた食事摂取の全体像、25(OH)Dの現状と食事摂取の相違、さらに血液学(赤血球RBC:red blood cell count)と体組成(除脂肪量FFM:fat-free mass, 軟部除脂肪量SLM:soft lean mass, 全身体水分量TBW:total body water, 細胞内水分量ICW:intracellular water, 体細胞量BCM:Body Cell Mass, タンパク質量PM:protein mass)の結合関係を同一集団で横断的に統合検討した報告は限られている。また、実装可能な栄養介入設計につなげるという観点から、行動変容段階(1~5)の位置づけを併せて概観する意義は大きい<sup>16,17)</sup>。

本研究の新規性は、①日本の大学レスリング部における3日間食事記録に基づく摂取状況をDRI2025と性別ごとに系統的に照合した点<sup>18-21)</sup>、②25(OH)Dの現状(欠乏・不足・十分の割合)に加え、 $<30$  ng/mLと $\geq 30$  ng/mLの二分で食事摂取を直接比較した点<sup>11,12)</sup>、③同一集団でRBCと体組成の結合関係を同時に検討し、血液学・体組成連関という生理仮説を実地データで点検した点<sup>7-10)</sup>、④行動変容段階(1~5)の概況を加え、行動→摂取→体組成という媒介仮説を将来の介入へ接続する「前段の基礎」を提示した点にある<sup>16,17)</sup>。

本稿では、(1)食事摂取量とDRI2025の照合(性別別)、

(2)血中25(OH)Dの現状、(3)25(OH)D二分群(① $<30$  vs ② $\geq 30$  ng/mL)における摂取量比較、(4)RBCと体組成(FFM・SLM・TBW・ICW・BCM・PM)の関連、(5)行動変容段階の概況と関連(探索)を体系的に報告する。

## 方法

### 1. 対象

南九州大学レスリング部員23名を対象とした。食事(栄養)調査のみ未実施者を1名除外(n=22)、その他(血液検査・体組成など)はn=23を解析に用いた。調査期間は2023年7月~8月に実施した。

### 2. 測定方法

食事(栄養)調査、血液検査、体組成、行動変容段階を下記の方法で求めた。

#### 1) 食事(栄養)調査(3日間食事記録)

朝夕昼・間食・飲料を含むすべてを記録した。日数は、平日2日+休日1日の計3日であった。記録紙の食事状況調査票に料理名・構成食品名・目安量(家庭計量/g・mL)を記入した。食品コードは、日本食品標準成分表2020年版(八訂)を用いた<sup>19,20)</sup>。料理は代表レシピに基づき原材料へ展開し、市販品は表示値を優先した。栄養計算は、エネルギー、エネルギー産生栄養素、ビタミン、ミネラルなどを算出し日平均化した。解析では、推定エネルギー必要量/推奨量/目標量/目安量と性別別に食事評価した<sup>18)</sup>。

#### 2) 血液検査

対象者は、正中静脈より午前中に真空採血管を用いて血液検体を採取した。RBCは抗凝固剤としてEDTA-2Kを添加した採血管を使用した。25(OH)Dは採血後、室温で30分間静置し凝固させた。その後、遠心分離機にて3,000 rpm、10分間遠心分離を行い、得られた血清を分取した。

主要指標として測定した25(OH)Dの判定は欠乏 $<20$  ng/mL、不足 $20-29.9$  ng/mL、十分 $\geq 30$  ng/mLと定義した<sup>11)</sup>。群比較のため、25(OH)Dを① $<30$  ng/mL(欠乏+不足)と② $\geq 30$  ng/mL(十分)の二群に二分した(近年の予防的観点の整理も参照)<sup>12)</sup>。なお、本研究で血中濃

\*連絡著者:E-mail: naokih@nankyudai.ac.jp

\*略号:BMI (Body Mass Index), 赤血球数( $\times 10^4/\mu\text{L}$ )RBC:red blood cell count, 除脂肪量FFM:fat-free mass, 軟部除脂肪量SLM:soft lean mass, 全身体水分量TBW:total body water, 細胞内水分量ICW:intracellular water, 体細胞量BCM:Body Cell Mass, タンパク質量PM:protein mass, 血中ビタミンD 25-hydroxyvitamin D:25(OH)D

度が把握できるビタミン関連指標は25(OH)Dのみであり、他のビタミンやミネラルは食事摂取量により評価した。

### 3) 体組成

InBody S10(生体電気インピーダンス法BIA: bioelectrical impedance analysis)を用い立位で測定し、FFM (kg), SLM (kg), TBW (L), ICW (L), BCM (kg), PM (kg)を取得した<sup>21,22)</sup>。

### 4) 行動変容段階

行動変容段階はトランスセオレティカル・モデル(TTM: Transtheoretical Model)に基づき、1.無関心期→2.関心期→3.準備期→4.実行期→5.維持期を1-5の整数値として記録した<sup>16,17)</sup>。

## 3. 統計解析

統計解析は、まず連続変数について平均±標準偏差および中央値[四分位範囲:IQR]を算出し、カテゴリ変数は度数(%)で示した。25(OH)D二分群(①<30 vs ②≥30 ng/mL)間の食事摂取量の群差には分布仮定を置かずMann-Whitney検定(両側)を用い<sup>23)</sup>、多重性はFDR (Benjamini-Hochberg)で補正した<sup>24)</sup>(必要に応じ差の方向[②-①]を併記)。赤血球と体組成指標[FFM/SLM/BCM/PM/TBW/ICW]の関連はSpearmanの $\rho$ を用いて評価し<sup>25)</sup>、同様にFDRで多重性を補正した。行動変容段階(1~5)に関する探索解析では、段階間差をKruskal-Wallis検定で検討し<sup>26)</sup>、必要に応じDunn法で多重比較(FDR補正)を行った<sup>27)</sup>。単調傾向はJonckheere-Terpstra検定で補正した<sup>28)</sup>。いずれの解析も完全症例解析とし、各比較・相関に必要なデータが揃った症例のみを用いた。有意水準は $p < 0.05$ (両側)とし、FDR調整後は $q$ 値を併記した。集計と統計処理はJMP Pro 16 (SAS Institute, Inc.), IBM SPSS Statistics for Windows, Version 24 (IBM Corp.)を用いて行った。

## 4. 倫理

本研究はヘルシンキ宣言に準拠し、南九州大学倫理委員会(承認番号:186)の承認を得て実施された。すべての対象者から署名入りのインフォームドコンセントが取得された。食事評価ができない者、同意が得られ

ない者は除外した。

## 結果

### 1. 対象者の属性

対象者は23名(男性13名, 女性10名)であった。年齢の中央値[IQR]は全体で20.0 [19.0-21.0]歳, 男性19.0 [19.0-20.0]歳, 女性21.0 [20.0-21.0]歳であり, 女性が有意に高値であった( $p = 0.028$ )。体重は全体71.2 [60.2-75.2]kg, 男性74.0 [71.2-80.0]kg, 女性57.8 [53.1-65.8]kgで, 男性が有意に高値であった( $p = 0.008$ )。BMIは男性が高い傾向を示した( $p = 0.094$ )。体脂肪率は有意差を認めなかった( $p = 0.182$ )。体組成指標(FFM, SLM, TBW, ICW, BCM, PM)はいずれも男性が有意に高値であった(すべて $p < 0.001$ )。RBCは男性が有意に高値であり( $p = 0.001$ )。25(OH)Dは男性が高い傾向を示した( $p = 0.082$ )。(表1)

### 2. 食事評価

3日間食事記録に基づくエネルギー量・主要栄養素の平均値を性別別に算出し、DRI2025の基準値にて評価した(表2a・表2b)。集団平均として、ビタミンDは基準値未達となる可能性が高く、食物繊維や一部ミネラルにも不足傾向が示された。男女いずれでも同様の傾向が確認された。

### 3. 血中25(OH)Dの現状

25(OH)Dは $n=23$ で測定され、 $28.7 \pm 10.1$  ng/mL(平均±標準偏差)、中央値28.4 [22.9-32.0] ng/mL(IQR)であった。判定区分は欠乏<20 ng/mL:13.0%、不足20-29.9 ng/mL:52.2%、十分 $\geq 30$  ng/mL:34.8%であり、不足~欠乏が全体の約2/3を占めた(表3)。

性別による25(OH)D濃度の比較では、男性 $31.9 \pm 11.8$  ng/mL、女性 $24.5 \pm 7.1$  ng/mLで、女性が低値を示す傾向を認めたが、Mann-Whitney U検定では有意差には至らなかった( $p = 0.082$ , 表3)。

表1. 対象者の基本属性、体組成指標、RBC、25(OH)D (n=23)

項目	全体 (n=23)	男性 (n=13)	女性 (n=10)	p値
年齢(歳)	20.0 [19.0-21.0]	19.0 [19.0-20.0]	21.0 [20.0-21.0]	0.028
体重(kg)	71.2 [60.2-75.2]	74.0 [71.2-80.0]	57.8 [53.1-65.8]	0.008
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	24.4 [22.8-27.3]	25.1 [24.3-28.8]	23.1 [22.6-24.5]	0.094
体脂肪率(%)	9.7 [8.0-15.2]	9.4 [7.4-13.3]	11.0 [9.4-17.2]	0.182
FFM (kg)	55.6 [47.2-66.4]	66.2 [63.0-67.8]	46.4 [44.0-48.3]	<0.001
SLM (kg)	52.5 [44.5-62.9]	62.7 [59.7-64.1]	43.8 [41.7-45.6]	<0.001
TBW (L)	40.8 [34.5-48.7]	48.6 [46.2-49.4]	33.9 [32.3-35.4]	<0.001
ICW (L)	25.5 [22.0-30.9]	30.8 [29.5-32.0]	21.6 [20.5-22.3]	<0.001
BCM (kg)	36.5 [31.5-44.2]	44.1 [42.2-45.8]	31.0 [29.4-32.0]	<0.001
PM (kg)	11.0 [9.4-13.4]	13.3 [12.7-13.9]	9.3 [8.9-9.6]	<0.001
RBC ( $\times 10^4/\mu\text{L}$ )	473.0 [460.5-518.0]	516.0 [479.0-536.0]	460.5 [453.5-469.2]	0.001
25(OH)D (ng/mL)	28.4 [22.9-32.0]	29.6 [27.8-32.5]	23.0 [20.9-28.1]	0.082

値は中央値[第1四分位-第3四分位]で示した。p値は男女間のMann-Whitney U検定による。

FFM = Fat Free Mass, SLM = Soft Lean Mass, TBW = Total Body Water, ICW = Intracellular Water, BCM = Body Cell Mass, PM = Protein Mass, RBC = 赤血球数。

4. ①欠乏+不足 : <30 ng/mL VS ②十分 : ≥ 30 ng/mLの摂取量比較

25(OH)Dを① <30 ng/mLと② ≥ 30 ng/mLに二分し、食事摂取量を比較した。FDR補正後(q<0.05)で有意差は認められなかった。ただし未補正p値では、カルシウム(p=0.066)、食塩相当量(p=0.091)などで②(十分)>

①(欠乏+不足)の差方向を示す項目がみられた(いずれもq≥0.05)。以上より、本データでは明確な群差は示されなかったが、25(OH)Dが十分な者で摂取量が高い傾向を示す栄養素が一部に観察された。(表4)

表2a. 食事評価(男性, n=12)

項目	平均 摂取量	DRI2025 基準値	充足率 (%)	判定
エネルギー (kcal)	2781.5	3000	92.7	不足
たんぱく質 (g)	86.2	65	132.6	達成
脂質 (%エネルギー)	28.9	20-30	-	範囲内
炭水化物 (%エネルギー)	58.2	50-65	-	範囲内
ビタミンD (μg)	5.2	9	57.6	不足
カルシウム (mg)	573.8	800	71.7	不足
鉄 (mg)	8.1	7	116.3	達成
リン (mg)	1282.7	1000	128.3	達成
食物繊維 (g)	21.9	20	109.5	達成
食塩相当量 (g)	12.9	7.5	58.1	超過

日本人の食事摂取基準2025(DRI2025基準値, 男性)

充足率は、原則として平均摂取量 ÷ DRI2025 基準値 × 100%で算出した。

食塩相当量は目標量(上限)指標のため DRI2025 上限 ÷ 平均摂取量 × 100% (100%以上=達成)とした。

脂質・炭水化物の%エネルギー(% E)は 脂質 9 kcal/g、炭水化物 4 kcal/gで換算した。

表2b. 食事評価(女性, n=10)

項目	平均 摂取量	DRI2025 基準値	充足率 (%)	判定
エネルギー (kcal)	2149.6	2250	95.5	不足
たんぱく質 (g)	64.08	50	128.2	達成
脂質 (%エネルギー)	35.1	20-30	-	高め
炭水化物 (%エネルギー)	52.1	50-65	-	範囲内
ビタミンD (μg)	5.89	9	65.4	不足
カルシウム (mg)	479.7	650	73.8	不足
鉄 (mg)	6.47	10	64.7	不足
リン (mg)	1007.7	800	126	達成
食物繊維 (g)	15.79	18	87.7	不足
食塩相当量 (g)	9.46	6.5	68.7	超過

日本人の食事摂取基準2025(DRI2025基準値, 女性)

充足率は、原則として平均摂取量 ÷ DRI2025 基準値 × 100%で算出した。

食塩相当量は目標量(上限)指標のため DRI2025 上限 ÷ 平均摂取量 × 100% (100%以上=達成)とした。

脂質・炭水化物の%エネルギー(% E)は 脂質 9 kcal/g、炭水化物 4 kcal/gで換算した。

表3. 血中25(OH)Dの内訳 (n=23)

指標	全体 (n=23)	男性 (n=13)	女性 (n=10)	p値(男女差)
平均 ± SD (ng/mL)	28.7 ± 10.1	31.9 ± 11.8	24.5 ± 7.1	0.082
中央値 [IQR] (ng/mL)	28.4 [23.7-32.5]	29.6 [28.4-32.6]	24.0 [21.9-29.2]	
欠乏 <20 ng/mL n(%)	3 (13.0%)	1 (7.7%)	2 (20.0%)	
不足 20-29.9 ng/mL n(%)	12 (52.2%)	6 (46.2%)	6 (60.0%)	
十分 ≥30 ng/mL n(%)	8 (34.8%)	6 (46.2%)	2 (20.0%)	

値は平均±標準偏差または中央値[第1四分位-第3四分位]で示した。

男女差の比較には Mann-Whitney U検定(両側)を用いた。

表4. ①欠乏+不足 : <30 ng/mL VS ②十分 : ≥ 30 ng/mLの摂取量比較

項目	① <30 中央 [IQR] (n=15)	② ≥30 中央 [IQR] (n=7)	p値	q値 (FDR)
エネルギー (kcal)	2202.0 [1732.0-2850.0]	2568.0 [1887.0-3506.5]	0.630	0.696
たんぱく質 (g)	69.8 [62.0-78.0]	81.1 [65.3-110.6]	0.210	0.452
脂質 (%エネルギー)	30.3 [24.5-39.6]	30.8 [30.2-36.6]	0.823	1.000
炭水化物 (%エネルギー)	49.3 [43.8-54.1]	46.7 [42.8-52.2]	0.753	1.000
ビタミンD (μg)	5.0 [3.2-6.5]	6.3 [5.6-7.3]	0.323	0.461
カルシウム (mg)	476.0 [320.5-547.0]	624.0 [452.5-989.5]	0.066	0.317
鉄 (mg)	6.7 [6.2-7.5]	8.3 [5.3-9.8]	0.192	0.960
リン (mg)	1060.0 [936.0-1186.0]	1334.0 [1078.5-1619.5]	0.142	0.368
食物繊維 (g)	18.8 [14.5-22.2]	21.7 [15.7-25.9]	0.597	0.630
食塩相当量 (g)	10.8 [8.6-12.2]	14.5 [11.1-16.0]	0.091	0.331

25(OH)Dを① <30 ng/mL (n=15:男性7名・女性8名)と② ≥ 30 ng/mL (n=7:男性5名・女性2名)に二分した。

値は中央値[第1四分位-第3四分位]で示した。

群間比較には Mann-Whitney U検定(両側)を用いた。

多重比較は Benjamini-Hochberg法により FDR補正を行い、q値を併記した。

脂質・炭水化物の%エネルギー(% E)は 脂質 9 kcal/g、炭水化物 4 kcal/gで換算した。

## 5. RBCと体組成 (FFM・SLM・TBW・ICW・BCM・PM) の関連

RBC ( $\times 10^4/\mu\text{L}$ ) は体組成指標といずれも有意な正相関を示した (Spearman  $\rho$ , FDR補正,  $n=23$ ). 相関係数は  $\rho=0.657-0.667$  の範囲で, FFM:  $\rho=0.665$ , SLM:  $\rho=0.665$ , TBW:  $\rho=0.667$ , ICW:  $\rho=0.659$ , BCM:  $\rho=0.659$ , PM:  $\rho=0.657$  であった (表5). RBCは除脂肪量・体水分・細胞量・たんぱく量と一貫して並行する所見となった.

## 6. 行動変容段階の概況と関連 (探索)

行動変容段階 (1~5) と25(OH)Dや主要な栄養摂取指標 (例: エネルギー, たんぱく質) との横断的関連は明瞭でなかった. 段階間の差はいずれも小さく, 統計学的に有意な差は確認されなかった (補足表). 本結果は, 行動→摂取→体組成の媒介構造を検証するには縦断的追跡や共変量 (季節, エネルギー摂取量, 練習環境など) を調整したモデルが必要であることを示唆する.

表5. RBCと体組成 (FFM・SLM・TBW・ICW・BCM・PM) の関連 ( $n=23$ )

体組成	$\rho$	p値	q値(FDR)
FFM (Fat Free Mass)	0.665	<0.001	0.001
SLM (Soft Lean Mass)	0.665	<0.001	0.001
TBW (Total Body Water)	0.667	<0.001	0.001
ICW (Intracellular Water)	0.659	<0.001	0.002
BCM (Body Cell Mass)	0.659	<0.001	0.001
PM (Protein Mass)	0.657	<0.001	0.003

FFM = 除脂肪量, SLM = 軟部除脂肪量, TBW = 総体水分量, ICW = 細胞内水分量, BCM = 体細胞量, PM = タンパク質量. 単位: FFM・SLM・BCM・PM = kg, TBW・ICW = L.

$\rho$  はスピアマンの順位相関係数を示す.

p値はスピアマン順位相関の有意確率. q値はBenjamini-Hochberg法で多重比較補正を行った結果.

## 考 察

本研究は, 大学レスリングチームにおける介入前横断データを統合し, 食事評価, 血中25(OH)Dの現状, 25(OH)D二分群での摂取比較, RBCと体組成の関連, および行動変容段階の概況を同一集団で示した点に特色がある. まず食事摂取については, 3日間食事記録に基づく性別別の要約から, ビタミンDを中心に食物繊維や一部ミネラルの充足に改善余地が認められた. これは, DRI2025および標準成分表の基準・記載に照らして妥当であり, 魚類・強化乳・きのこ等への依存性という国内の食品供給事情とも整合する<sup>18-20</sup>. 競技現場への含意としては, 練習スケジュールと両立しやすい簡便な補食設計 (例: 魚加工品 + 強化乳 + 全粒穀類 + 果物) や, 寮・道場単位での環境整備が有効と考えられる<sup>1,2</sup>.

全体の血中25(OH)Dは中央値28.4 [22.9-32.0] ng/mLであり (表1), 欠乏13.0%, 不足52.2%, 十分34.8%と, 不足~欠乏が約2/3を占めた. 冬季・屋内練習・日照行動の制約を想起させる分布であり, 骨・筋機能や回復の観点からは十分域 ( $\geq 30$  ng/mL) の確保が望ましい<sup>11,12</sup>. 対

策として, 日照の最適化を基盤に, 魚・強化食品の計画的摂取, 必要に応じたサプリメントの段階的導入を個別化していく必要がある<sup>10-12,14,15</sup>.

25(OH)Dを  $<30$  ng/mLと  $\geq 30$  ng/mLに二分した摂取比較では, FDR補正後の有意差は確認できなかった一方で, 未補正水準では②(十分) > ①(欠乏 + 不足)の方向性を示す栄養素が散見された (表4). サンプルサイズの限界と季節性の影響を踏まえると, この所見は「十分群がより望ましい食内容を伴いやすい」可能性を示唆するにとどまり, 因果的な解釈には慎重を要する. 今後は縦断設計で季節を跨いで反復測定し, さらに体脂肪率・総エネルギー・屋内外・日照時間などの共変量を調整した多変量モデルで検証すべきである<sup>13-15</sup>.

RBCはFFM, SLM, TBW, ICW, BCM, PMと中等度の正相関 ( $\rho=0.657-0.667$ ) (表5) を示した. RBCが循環血液量やヘモグロビン量の一端を反映し, これらが除脂肪量・体水分量と併進するという生理学的枠組みに合致する結果である<sup>7-10</sup>. ただしRBCは血漿量の変動 (脱水・希釈) や鉄代謝・トレーニング負荷の影響も受けるため, RBC単独での機能的解釈には限界がある. Hbmass (CO再呼吸法) や血漿量推定, 鉄関連指標 (フェリチン等) を併用することで, FFM-血液量-機能的適応の三者関係をより精密に把握できる可能性がある<sup>7,8,10</sup>. また, 格闘系で一般的な急速減量 (RWL) は体液・循環動態を変化させ得るため, 評価時期・水分管理の標準化が重要である<sup>3-6</sup>. さらに本研究では, 体重・FFM・SLM・TBW・ICW・BCM・PMおよびRBCが男性で有意に高値であり, 25(OH)Dは男性で高い傾向を示した (表1). これらは筋量や体水分量の性差が酸素運搬能 (RBC) と並行することを示唆し, 競技現場では筋量維持・鉄代謝・ビタミンD状態を包括的に評価・介入する意義を支持する<sup>7-10,13</sup>. また, 有意差に至らない指標もあったことから, 季節・活動量・食事内容の影響を踏まえた縦断的検証が望まれる.

行動変容段階と栄養・25(OH)Dの横断的関連は明瞭でなかった (補足表). 行動段階はプロセスの進行度を捉える概念であり, 時間軸を伴う介入で効果が顕在化するという理論的背景から, 本研究の横断スナップショットで関連が小さかったのは妥当といえる. 段階別メッセージング (準備期の小さな置換, 実行期の維持の仕組み化, 維持期のスリップ防止) を環境整備と併用し, 遵守率と栄養充足を押し上げる実装可能な介入が求められる<sup>16,17</sup>.

一方, 限界として, 本研究は横断デザインであり, 因果推論に制約がある. 単一チームによる小規模サンプル (食事  $n=22$ , 血液・体組成  $n=23$ ) のため検出力不足の可能性を否定できない. 食事評価は3日間記録の過小申告・日間変動の影響を受ける<sup>18</sup>. 血中ビタミン指標は25(OH)Dのみで, 他の微量栄養素は摂取量で代替した. 体組成は水分状態に感受的であり, RBCは血液量の間接指標に過ぎない<sup>21,22</sup>. さらに単施設・単競技集団であり, 一般化可能性にも限界がある.

本研究の意義は, 日本の大学レスリング選手を対象に, 食事 (DRI2025に整合), 25(OH)D濃度, 赤血球 (RBC), 体組成, および行動変容段階を同一集団・同一時点で統合的に評価した点にある. このような包括的評価は独自性が高い<sup>18-20</sup>. さらに, 介入前のベースラ

インを可視化し、不足しやすい栄養素と25(OH)D欠乏リスクを定量的に把握することができた。また、RBCと除脂肪・体水分系の整合的な連動を提示し、体格－血液学－パフォーマンスをつなぐ仮説検証の足場を提供した<sup>7-10</sup>。行動段階の導入により、理論に基づく個別化栄養支援への可能性も示した<sup>16,17</sup>。今後の展望として、同一対象を季節横断で追跡し、25(OH)Dの季節変動を食事・日照・練習環境と合わせてモデル化する<sup>13-15</sup>。多変量・媒介分析により、行動→摂取→体組成の因果連鎖を検証する。実装面では、ビタミンD強化メニューを核にした栄養介入と、TTMに基づく段階別行動介入を組み合わせ、遵守率・栄養充足・機能指標(筋力・回復)への効果を評価する<sup>10-12,16,17</sup>。計測学的には、食事は秤量法や24h再現法の反復、体組成はBIAとDXAの併用、血液はHbmass・血漿量・鉄関連指標を追加し、妥当性と機序解釈を強化する<sup>7,8,21,22</sup>。最後に、多施設・他競技を含むコホートで外的妥当性を検証し、現場へ展開可能な支援モデルの確立につなげたい。

## 結 論

本研究は、日本の大学レスリング部における介入前横断データを用いて、食事摂取・血中25(OH)D・血液学的指標・体組成・行動変容段階を同一集団で包括的に評価した。その結果、3日間食事記録の照合からビタミンDを中心に食物繊維や一部ミネラルの充足に改善余地が示され、血中25(OH)Dは $28.7 \pm 10.1$  ng/mL(中央値 $28.4$  [22.9–32.0]ng/mL)で不足～欠乏(<30 ng/mL)が約2/3を占めた。25(OH)Dを<30と $\geq 30$  ng/mLで二分した摂取比較では、多重比較補正後の明確な群差は認められなかったが、十分群で高摂取傾向を示す栄養素が一部に観察された。さらに、RBCはFFM・SLM・TBW・ICW・BCM・PMと中等度の正相関( $\rho \approx 0.66$ ,  $q < 0.001$ )を示し、除脂肪・体水分系と整合的に連動する所見が得られた。

以上より、大学レスリングにおける栄養支援では、日照の最適化と魚介・強化乳等の計画的摂取(必要時サプリメントを含む)によるビタミンDの最適化に加え、食物繊維と主要ミネラルの底上げが優先課題である。RBCと除脂肪・体水分系の連動は、体格－血液学－機能をつなぐ生理学的仮説を支持し、パフォーマンス向上に資する介入設計の基盤となる。今後は、季節を跨ぐ縦断追跡や共変量を調整した多変量・媒介分析、および段階別行動介入と栄養介入の併用によって因果構造を精緻化し、現場実装可能な支援モデルの確立を目指す。

## 謝 辞

データ整備と調査にご協力いただいた関係各位、対象選手の皆さまに深謝申し上げます。本研究は令和7年度南九州大学・南九州大学短期大学部学長裁量経費による支援で行われた。

## 引用文献

- 1) Dahlquist D. T., Dieter B. P., Koehle M. S. (2015) Plausible ergogenic effects of vitamin D on athletic performance and recovery. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 12: 33, DOI: 10.1186/s12970-015-0093-8
- 2) Yoon S., Kwon O., Kim J. (2021) Vitamin D in athletes: focus on physical performance and musculoskeletal injuries. *Physical Activity and Nutrition* 25: 20–25, DOI: 10.20463/pan.2021.0011
- 3) Franchini E., Brito, C. J., Artioli GG. (2012) Weight loss in combat sports: physiological, psychological and performance effects. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 9: 52, DOI: 10.1186/1550-2783-9-52
- 4) Artioli G. G., Saunders B., Iglesias R. T., Franchini E. (2016) It is time to ban rapid weight loss from combat sports. *Sports Medicine* 46: 1579–1584, DOI: 10.1007/s40279-016-0541-x
- 5) Ranisavljev M., Kuzmanovic J., Todorovic N., Roklicer R., Dokmanac M., Stajer V., …… Drid P. (2022) Rapid weight loss practices in grapplers competing in combat sports. *Frontiers in Physiology* 13: 966011, DOI: 10.3389/fphys.2022.842992
- 6) Barley O. R., Harms C. A. (2025) Rapid weight loss across combat sports and the relationships between methods and magnitude. *Translational Sports Medicine* 2025: 2946317, DOI: 10.1155/tsm2/2946317
- 7) Schmidt W., Prommer N. (2005) The optimised CO-rebreathing method: a new tool to determine total haemoglobin mass routinely. *European Journal of Applied Physiology* 95: 486–495, DOI: 10.1007/s00421-005-0050-3
- 8) Siebenmann C., Keiser S., Robach P., Lundby C. (2017) CORP: The assessment of total hemoglobin mass by carbon monoxide rebreathing. *Journal of Applied Physiology* 123: 645–654, DOI: 10.1152/jappphysiol.00185.2017
- 9) Malczewska-Lenczowska J., Sitkowski D., Orysiak J., Pokrywka A., Szygula Z. (2013) Total haemoglobin mass, blood volume and morphological indices among athletes from different sport disciplines. *Archives of Medical Science* 9: 780–787, DOI: 10.5114/aoms.2013.36926
- 10) Goodrich J. A., Frisco D. J., Kim S., Holliday M., Rueda M., Poddar S., …… Byrnes WC. (2020) The importance of lean mass and iron deficiency when comparing hemoglobin mass in male and female athletic groups. *Journal of Applied Physiology* 129: 855–863, DOI: 10.1152/jappphysiol.00391.2020
- 11) Holick M. F., Binkley N. C., Bischoff-Ferrari H. A., Gordon C. M., Hanley D. A., Heaney R. P., …… Weaver C. M. (2011) Evaluation, treatment, and prevention of vitamin D deficiency: an endocrine society clinical practice guideline. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 96: 1911–1930, DOI: 10.1210/jc.2011-0385

- 12) Demay M. B., Pittas A. G., Bikle D. D., Diab D. L., Kiely M. E., Lazaretti-Castro M., ……McCartney C. R. (2024) Vitamin D for the prevention of disease: an endocrine society clinical practice guideline. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 109: 1907–1947, DOI: 10.1210/clinem/dgae290
- 13) Halliday T. M., Peterson N. J., Thomas J. J., Kleppinger K., Hollis B. W., Larson-Meyer D. E. (2011) Vitamin D status relative to diet, lifestyle, injury, and illness in college athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 43: 335–343, DOI: 10.1249/MSS.0b013e3181eb9d4d
- 14) Close G. L., Leckey J., Patterson M., Bradley W., Owens D. J., Fraser W. D., …… Morton J. P. (2013) The effects of vitamin D(3) supplementation on serum total 25[OH] D concentration and physical performance: a randomised dose-response study. *British Journal of Sports Medicine* 47: 692–696, DOI: 10.1136/bjsports-2012-091735
- 15) Lewis R. M., Redzic M., Thomas D. T. (2013) The effects of season-long vitamin D supplementation on collegiate swimmers and divers. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 23: 431–440, DOI: 10.1123/ijsnem.23.5.431
- 16) Prochaska J. O., Velicer W. F. (1997) The transtheoretical model of health behavior change. *American Journal of Health Promotion* 12: 38–48, DOI: 10.4278/0890-1171-12.1.38
- 17) Barley E., Lawson V. (2016) Using health psychology to help patients: theories of behaviour change. *British Journal of Nursing* 25:924 – 927, DOI: 10.12968/bjon.2016.25.16.924
- 18) 厚生労働省(監修)(2025)日本人の食事摂取基準(2025年版). 第一出版, 東京, ISBN:978-4-8041-1492-7
- 19) 文部科学省(2020–2023)日本食品標準成分表2020年版(八訂). 科学技術・学術政策研究所(編集協力), ISBN:978-4-904225-28-8
- 20) 日本栄養改善学会・日本給食経営管理学会合同委員会(2023)日本食品標準成分表2020年版(八訂)の利用・活用に関する留意点. 栄養学雑誌 81(Suppl): S10–S18. < [https://jsnd.jp/img/2023-063\\_8tei\\_seibunhyo\\_katuyou\\_kaisetsu.pdf](https://jsnd.jp/img/2023-063_8tei_seibunhyo_katuyou_kaisetsu.pdf)>, 2025年8月1日参照
- 21) InBody Co., Ltd. (2022) InBody S10 User's Manual. Seoul: InBody Co., Ltd. <[https://www.inbody.co.jp/wp-content/uploads/2023/08/S10\\_Manual\\_230406.pdf](https://www.inbody.co.jp/wp-content/uploads/2023/08/S10_Manual_230406.pdf)>, 2025年8月1日参照
- 22) InBody USA. InBody S10 製品情報(公式). 入手先: <<https://inbodyusa.com/products/inbody10/>>, 2025年9月18日参照
- 23) Mann, H. B., Whitney, D. R. (1947) On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *Annals of Mathematical Statistics* 18: 50–60, DOI: 10.1214/aoms/1177730491
- 24) Benjamini, Y., Hochberg, Y. (1995) Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B* 57: 289–300, DOI: 10.1111/j.2517-6161.1995.tb02031.x
- 25) Spearman, C. (1904) The proof and measurement of association between two things. *The American Journal of Psychology* 15: 72–101, DOI: 10.2307/1412159
- 26) Kruskal, W. H., Wallis, W. A. (1952) Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association* 47: 583–621, DOI: 10.1080/01621459.1952.10483441
- 27) Dinno, A. (2015) Nonparametric pairwise multiple comparisons in independent groups using Dunn's test. *The Stata Journal* 15: 292–300, DOI: 10.1177/1536867X1501500117
- 28) Show-Li Jan, Gwopen Shieh. (2025) On power and sample size calculations of the Jonckheere-Terpstra and Tryon-Hettmansperger tests for the ordered alternative problem. *Journal of Probability and Statistics* 2025: 1–16, DOI: 10.1155/jpas/3450478

## 補足資料

### 行動変容段階と主要栄養摂取指標の関連

行動変容段階	n	平均	中央値	変数	p値
1	3	21.9	23.7	25OHD	0.32
2	10	32.4	29.75	25OHD	0.32
3	9	26.8	28.4	25OHD	0.32
4	1	29.6	29.6	25OHD	0.32
1	3	2478.7	2220	エネルギー	1.00
2	10	2586.4	2123	エネルギー	1.00
3	8	2422.4	2631.5	エネルギー	1.00
4	1	2195.0	2195	エネルギー	1.00
1	3	74.9	76.5	たんぱく質	0.97
2	10	79.3	70.25	たんぱく質	0.97
3	8	72.5	72.65	たんぱく質	0.97
4	1	77.9	77.9	たんぱく質	0.97

行動変容段階5は該当者がいなかったため、段階1～4のみで解析を行い、群間差の検定にはKruskal-Wallis検定を用いた。

両側  $p < 0.05$  を有意, FDR 補正後は  $q < 0.05$  を有意とした。