

## 研究プロジェクト5

# 競技力向上のための効果的なトレーニング方法およびコンディショニングに関する研究

杉田正明・大石健二・岡田 隆

### プロジェクトの概要と2022年度の概要

本プロジェクトは、トレーニング期や試合期におけるコンディションや運動量の可視化とパフォーマンスの評価を検討するために、3つの研究から構成されている。本年度は、1. 持久運動における汗中乳酸濃度の生理学的意義についての検討、2. 女子ハンドボール選手を対象とし、公式戦ならびに練習におけるスポーツパフォーマンス分析結果からのトレーニングメニューの検討、3. ボディビルダーの減量および増量の生理・心理学的検討について実施した。いずれも競技力向上のための効果的なトレーニング方法およびコンディショニングに役立つ実践的研究として興味深い知見を得ることができた。以下に3つのそれぞれの研究成果について詳報する。

### 1. 持久運動における汗中乳酸濃度の動態及び生理学的意義についての検討

#### 1-1. 目的

運動強度を把握するための一指標として、運動後の血中乳酸濃度がよく用いられている。最近の研究では、激しい運動時の汗の分泌量と乳酸濃度は互いに独立しており、汗中乳酸が非侵襲的な診断・評価に適していることが確認されており (Komkovaら, 2022)、汗中乳酸は、筋肉の代謝をより迅速に示す指標として、血中乳酸濃度よりもさらにスポーツ医学上重要であり、生理学的状態をより正確にモニタリングするための多様な情報をもたらす (EV Karpova, 2020, Sekiら, 2021, Kanokpakaら, 2022) も

のとして、国際的な認知度が高まってきている。現在、汗中乳酸を連続的に測定可能な工学的技術が国内で開発されている (Shitandaら, 2023)。また、最近では、血中乳酸濃度と唾液中の乳酸レベルは高い相関関係があり、乳酸を非侵襲的に把握する方法として唾液分析は有用との指摘 (Ntovasら, 2022) もなされている。これらのことは、汗や唾液に含まれる乳酸が生理学的に重要な意味をもたらす可能性を示唆している。

汗中乳酸を検出する手法を用いることができれば、非観血的に簡便な方法で、アスリートのトレーニングや試合現場で運動中連続的に乳酸濃度の動態を把握することが可能となる。そうすれば運動強度、疲労度合を容易に把握することが可能となり、大変有用性が高いといえる。

そこで、本研究では、漸増負荷法を用いた自転車駆動運動中の汗中乳酸濃度を検出しその動態を把握するとともに、他の生理学的指標を同時に収集し、その関係性や汗中乳酸濃度の生理学的意義について検討することを目的とした。

#### 1-2. 方法

##### 1-2-1. 対象者

大学運動部に所属する学生6名 (女性4名、男性2名) を対象とした。身体特性は全体で、年齢:  $21.8 \pm 0.4$  歳、身長:  $163.2 \pm 6.4$  cm、体重:  $62.3 \pm 7.1$  kgであった。

##### 1-2-2. 測定デザイン

本測定では、自転車エルゴメーター (風神雷神, 株式会社 OCL 社製) を用いて、30W から始まり 3分

ごとに15Wずつ漸増し、運動が継続できなくなるまで行う漸増負荷運動を2回実施した。各対象者は測定室に来室後、身体組成を測定し、座位にて10分間の安静を保った。その間に、心拍数計、汗中乳酸測定センサー、筋酸素モニターを装着した。10分間の安静の後、自転車エルゴメーターへ移動し、安静時の血中乳酸濃度測定、呼気ガス測定用のマスクを装着し運動を開始した。自転車運動時の回転数は60回/分とし、各運動負荷において2分30秒が経過したところで血中乳酸濃度測定およびRPE (Borg scale) の聞き取りを行った。また、運動終了の1、3、5分後に血中乳酸濃度の測定を実施した。

### 1-2-3. 測定項目

汗中の乳酸濃度は汗中乳酸測定センサー (Sweat Watch, 株式会社グレースイメージング社製) を用いて測定した (写真A)。汗中乳酸測定センサーは、汗中乳酸と反応するセンサーチップ部、センサーチップ部で発生した電流を検知するセンサーデバイス、電流値を表示する結果表示プログラムからなる。センサーデバイスと、結果表示プログラムをインストールしたスマートフォンはBluetoothにて接続される。センサーチップをセンサーデバイスコネクタ部に挿入後、センサーチップを皮膚に貼付し、センサーデバイスごと体に装着するものである (中島ら, 2021)。汗中乳酸測定センサーチップ上にキャ



写真. 漸増負荷法による自転車駆動運動中の測定 (A: 汗中乳酸、B: 筋酸素飽和度の測定)

リブレーション溶液を点滴することでキャリブレーションを行い、測定センサーチップを右上腕外側に貼付けて1秒ごとに連続測定した。

血中乳酸濃度は乳酸分析装置 (ラクテート・プロ2, アークレイ株式会社製) を用いて測定した。運動開始前安静時、各運動強度の残り30秒および運動終了後に指先穿刺によって測定した。筋中酸素飽和度および総ヘモグロビン量は筋酸素モニター (MOXY monitor, index 有限会社) を右大腿前面中央に貼付け、連続測定した (写真B)。心拍数は心拍数モニター (Polar M200, Polar 社製) および心拍数センサー (Polar H10, Polar 社製) を用いて、1秒ごとに連続測定した。呼気ガスは自動呼気ガス分析装置 (AE-310s, ミナト医科学社製) を用いて、breath-by-breath法にて測定を行った。

### 1-2-4. 分析方法

各測定項目の推移データについては、全てのデータの測定を実施できた4名分 (7試技)、血中乳酸濃度と汗中乳酸濃度の変化量の関係性の検討においては6名分 (11試技) のデータを用いて分析を実施した。連続測定を実施した汗中乳酸濃度、筋中酸素飽和度、総ヘモグロビン量、心拍数および呼気ガスは1分ごとの平均値を算出した。また、汗中乳酸濃度および血中乳酸濃度は安静時からの変化量を算出し分析した。各測定項目の運動強度の比較には一元配置分散分析を行い、有意な主効果が認められた場合、その後の検定にはBonferroni法を用いた。また、血中乳酸濃度と汗中乳酸濃度の変化量の関係性はPearsonの積率相関係数によって分析した。なお、統計処理にはIBM SPSS Statistics 27を使用し、有意水準は5%未満 ( $p < 0.05$ ) とした。

### 1-3. 結果及び考察

自転車エルゴメータを用いた漸増負荷運動における汗中乳酸濃度の動態についてある対象者の結果を血中乳酸濃度とRPEの結果とともに図1に示した。汗中乳酸濃度は、90Wから120Wに上がると同時に上昇傾向を示し、その後は180Wまで上昇し続けていることがわかる。負荷が120Wから血中乳酸濃度も上昇していることがわかる。すなわち、いわゆる

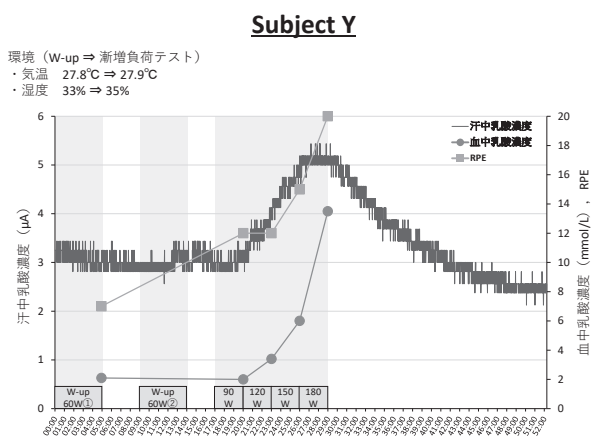


図1. 漸増負荷法による自転車エルゴメーターを用いた測定結果の一例

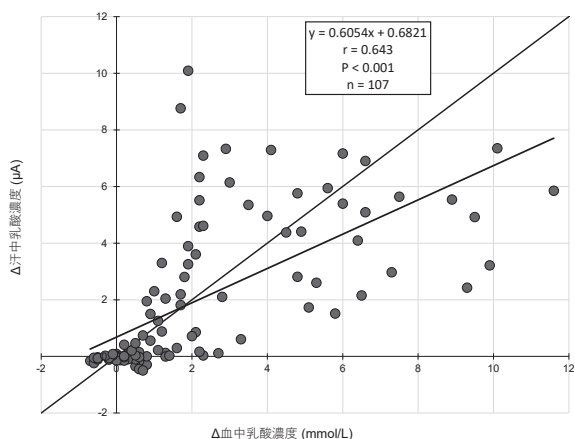
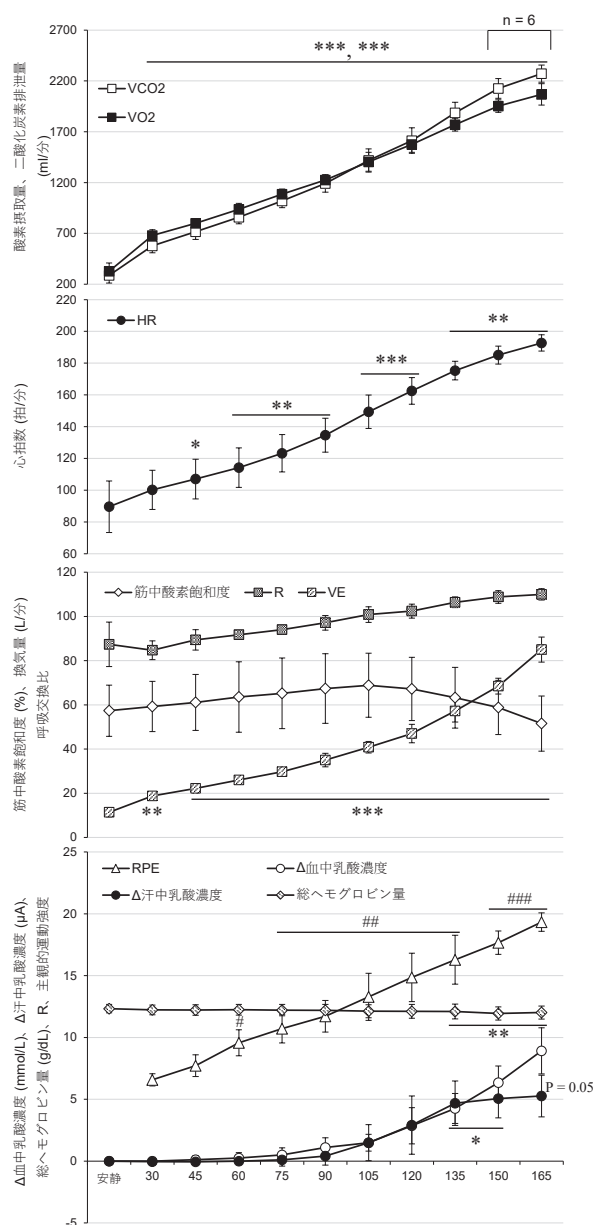


図2. 運動中のΔ血中乳酸濃度とΔ汗中乳酸濃度との関係

LTポイントは、汗中乳酸濃度の上昇ポイントの負荷(120W)と同負荷であることを示している。この結果は対象者6名全員において同じ傾向を示し、漸増負荷運動におけるLTと汗中乳酸濃度の上昇ポイントは一致を確認することができた。これは、中島ら(2021)の汗中乳酸性閾値時仕事率と血液乳酸性閾値時仕事率との間に強い相関関係があるエビデンスを支持するものである。



\*: P < 0.05 vs. 安静、 \*\*:P < 0.01 vs. 安静、 \*\*\*: P < 0.001 vs. 安静  
 #: P < 0.05 vs. 30W、 ##:P < 0.01 vs. 30W、 ###: P < 0.001 vs. 30W (RPE)  
 Rは100倍した数値にて記載

図3. 漸増負荷法による自転車エルゴメータ駆動運動中の各生理学的指標の推移

次に、運動負荷が上昇する際の血中乳酸濃度の変化量(Δ)と汗中乳酸濃度の変化量(Δ)との関係について比較を行い、両者の関係性について検討した。(図2)。その結果、運動中のΔ血中乳酸濃度とΔ汗中乳酸濃度との関係は、有意な相関関係(r=0.643 (p<0.001))が認められた。しかし、血中乳酸濃度の変化量に対して汗中乳酸濃度の変化量は約6割程度を示したことから、散布図のばらつきが大きいことか

ら、血液中と汗中の両指標の変化量に関する関係性については今後、より詳細に検討する必要があると思われる。

サンプル数は少ないが、運動中の酸素摂取量、二酸化炭素排泄量、心拍数、換気量、呼吸商、血中乳酸濃度、汗中乳酸濃度および筋中酸素飽和度の変化について、それぞれの平均値を図3に示した。これらの相互関係については、今後、より数を増やし検証を行う必要があるといえる。

今後の課題として、フィールド（ロードやトラック）での長距離走などにおけるデータ収集とそれらを基にしたパフォーマンス評価及び他の指標（血糖値など）との関連性についても検討し、競技力向上のためのトレーニングプログラム立案まで幅広い有用性を検証できることを目指す予定である。

（文責：杉田正明・中澤 翔・橋本 峻）

## 参考文献

- Maria A Komkova et.al. : Simultaneous monitoring of sweat lactate content and sweat secretion rate by wearable remote biosensors. *Biosens Bioelectron.* 15;202:113970. 2022.
- Elena V Karpova : Wearable non-invasive monitors of diabetes and hypoxia through continuous analysis of sweat. *Talanta* 1;215:120922. 2020.
- Yuta Seki : A novel device for detecting anaerobic threshold using sweat lactate during exercise. *Sci Rep.* 11(1):4929. 2021.
- Maria A Komkova : Simultaneous monitoring of sweat lactate content and sweat secretion rate by wearable remote biosensors. *Biosens Bioelectron.* 15;202:113970. 2022.
- Isao Shitanda et.al. : Air-Bubble-Insensitive Microfluidic Lactate Biosensor for Continuous Monitoring of Lactate in Sweat. *ACS Sens.* 6:2368–2374, 2023.
- Panagiotis Ntovas et.al. : The Effects of Physical Exercise on Saliva Composition: A Comprehensive Review. *Dent. J.* 10(1), 7, 2022.
- 中島大輔・勝俣良紀：汗中乳酸ウェアラブルセンサーによる乳酸性閾値計測. 整・災外. 64:1415-1421, 2021.

## 2. 大学女子ハンドボールを対象としたスポーツパフォーマンス分析を用いたトレーニングメニューの検討 ～2022年度関東大学女子ハンドボールリーグ戦におけるシュートに注目して～

### 2-1. 研究目的

ハンドボールは、ゴール型スポーツであり規定時間の前後半を実施し、試合終了時に得点の多いチームを勝利とする集団で実施する球技スポーツである（宇津野, 1966）。ゴール型スポーツの特徴として、攻守が混在しルールという制約条件下で相手よりもより多くの得点を獲得するための戦術が重要である点が挙げられる。ゴール型スポーツにおける戦術の詳細化を目的に、バスケットボール（児玉, 2009；大高ら, 2007）、ラグビー（中川, 2011）をはじめとする様々なスポーツにおいて、攻撃および防御において起きた事象をスコアとして記録し、個人またはチームのパフォーマンス評価するスポーツパフォーマンス分析が実施されている。これらの先行研究では、1回の攻撃におけるパスの回数や1試合におけるシュート種類別のシュート本数や得点数を集計し勝敗との関係性を示すことにより、パフォーマンスを評価している。

公益財団法人日本ハンドボール協会（2020）は、2020年にこれまで認めていなかった各チームのベンチにおけるパソコンやタブレット端末等の技術的機器の使用や出場選手におけるウェアラブルデバイスの着用を認めた。これにより、試合における個人およびチームのより多くの情報をリアルタイムで取得し、共有することが可能となった。リアルタイムでの情報の取得および共有は、試合における監督・選手の選手交代や攻撃および防御の戦術に関する意思決定のサポートとなる。そのため、試合中の自チームや相手チームの選手の情報をよりの確に記録し、わかりやすく可視化することが重要となる。しかし、チームによって戦術は異なるため、各チームが重要視する情報も異なると考えられる。さらに、大学生を対象とした公式試合は、各地区によるリーグ戦方式が主流であり、各リーグによる重要視すべき情報も異なることが考えられる。その為、各

チームの戦術とリーグ全体を通じた戦術の2種類の戦術分析が必要と考える。

近年、大学生を対象としたゴール型スポーツにおいてもスコアシート等の公式戦記録は、各競技団体からオープンデータとして開示されている。そのため、リーグ全体を通じた戦術はオープンデータから各大学が共通した分析が可能であり、今後各チーム独自の戦術分析が重要になると考える。そこで本研究は、大学女子ハンドボール1チーム（1大学）を研究対象大学とし、公式戦ならびに練習におけるスポーツパフォーマンス分析結果からチームとしてのトレーニングメニューを検討することを目的とした。

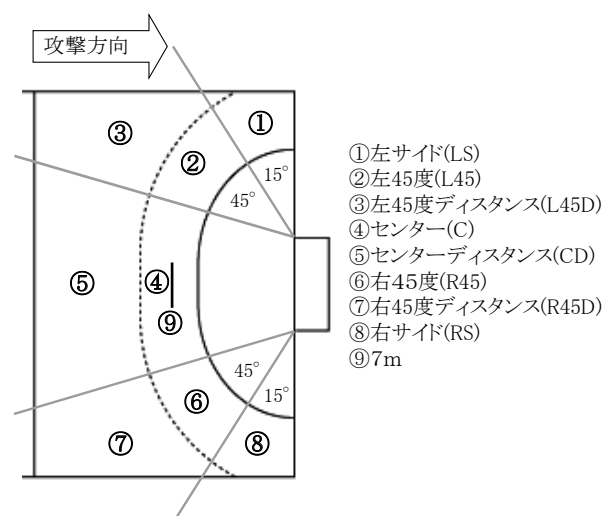


図4. シュートポジション区分

## 2-2. 大学女子ハンドボールリーグを対象としたスポーツパフォーマンス分析（研究1）

### 2-2-1. 方法

#### 2-2-1-1. 対象試合

2022年度関東学生ハンドボール春季リーグ戦と秋季リーグ戦において、女子1部リーグに所属する8大学により行われた総当たり戦の全28試合を対象とした。春季リーグは1次リーグ戦後に2次リーグ戦があるが、本研究は1次リーグ戦のみを分析対象とした。

#### 2-2-1-2. データ収集

リーグ戦における対象試合はタブレット（Apple社：iPad Pro）を用いパニング撮影を実施した。

#### 2-2-1-3. 分析方法

撮影した映像からランニングスコアを作成した。ランニングスコアとしての確認項目は、シュート数、シュートの成功数（得点数）、シュート実施選手、シュートを実施した位置（シュートポジション）、シュートのゴールポストに対する位置（シュートコース）、シュート種類（プレイクスルー：BT、ポストシュート：P、ノーマークシュート：NM、7mスロー：7m）とした。シュートポジションは、左サイド（LS）、左45度（L45）、左45度ディスタンス（L45D）、右45度（R45）、右45度ディスタンス（R45D）、右サイド（RS）、センター（C）、センターディスタンス（CD）、7mライン（7m）の9つに分類した（図4）。

尚、7mラインから行うシュートが7mスローであるため、シュートポジションとシュート種類の両種類の説明として7mと示す。また、シュートポジションとシュート種類別の得点数をシュートポジションとシュート種類別のシュート数により除すことにより得点率を算出した。本研究では、シュートポジションとシュート種類別のシュート数、得点数、得点率をシュートパフォーマンス指標として分析項目とした。

### 2-2-2. 結果および考察

2023年度関東学生ハンドボール春季リーグ戦と秋季リーグ戦において、女子1部リーグに所属する1大学を研究対象大学とし、春季リーグ戦7試合と秋季リーグ戦7試合におけるシュートに特化したスポーツパフォーマンス分析結果（シュートパフォーマンス指標）を対戦大学別に示した（表1-1～表1-7）。

各表には、研究対象大学のシュートパフォーマンス指標に加え、研究対象大学との対戦成績（勝敗）と対戦大学のリーグ戦順位を示した。研究対象大学は、春・秋季リーグ戦の両試合において敗北した対戦大学はA大学のみであった（0勝2敗）。研究対象大学の対戦成績は、B大学とは0勝1敗1引き分け、C・D大学とは1勝1敗、E・F・D大学と2勝0敗であった。

表1-1. 春・秋季リーグ戦における対戦大学別シュートパフォーマンス指標(A大学)

シュート ポジション 種類	春季リーグ戦 (1位) 【敗北】									秋季リーグ戦 (1位) 【敗北】									春・秋季リーグ戦 2試合合計		
	前半			後半			1試合全体			前半			後半			1試合全体			シュート数	得点数	得点率
	シュート数	得点数	得点率	シュート数	得点数	得点率	シュート数	得点数	得点率	シュート数	得点数	得点率	シュート数	得点数	得点率	シュート数	得点数	得点率			
LS	5	3	60.0	4	2	50.0	9	5	55.6	3	3	100.0	6	3	50.0	9	6	66.7	18	11	61.1
L45 BT	2	1	50.0	3	0	0.0	5	1	20.0	1	0	0.0	5	3	60.0	6	3	50.0	11	4	36.4
L45 P	0	0	0.0	2	1	50.0	2	1	50.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	2	1	50.0
L45 NM	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	1	1	100.0	0	0	0.0	1	1	100.0	1	1	100.0
L45D	4	1	25.0	1	1	100.0	5	2	40.0	0	0	0.0	1	0	0.0	1	0	0.0	6	2	33.3
L合計	11	5	45.5	10	4	40.0	21	9	42.9	5	4	80.0	12	6	50.0	17	10	58.8	38	19	50.0
RS	2	0	0.0	1	0	0.0	3	0	0.0	3	1	33.3	5	3	60.0	8	4	50.0	11	4	36.4
R45 BT	2	0	0.0	3	0	0.0	5	0	0.0	3	1	33.3	5	3	60.0	8	4	50.0	13	4	30.8
R45 NM	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0
R45 P	1	1	100.0	2	2	100.0	3	3	100.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	3	3	100.0
R45D	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0
R合計	5	1	20.0	6	2	33.3	11	3	27.3	6	2	33.3	10	6	60.0	16	8	50.0	27	11	40.7
C45 BT	0	0	0.0	1	0	0.0	1	0	0.0	0	0	0.0	1	0	0.0	1	0	0.0	2	0	0.0
C45 NM	0	0	0.0	1	1	100.0	1	1	100.0	2	1	50.0	0	0	0.0	2	1	50.0	3	2	66.7
C45 P	1	0	0.0	1	1	100.0	2	1	50.0	4	0	0.0	2	0	0.0	6	0	0.0	8	1	12.5
CD	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	1	0	0.0	0	0	0.0	1	0	0.0	1	0	0.0
C合計	1	0	0.0	3	2	66.7	4	2	50.0	7	1	14.3	3	0	0.0	10	1	10.0	14	3	21.4
7M	3	3	100.0	3	0	0.0	6	3	50.0	2	1	50.0	1	1	100.0	3	2	66.7	9	5	55.6
合計	20	9	45.0	22	8	36.4	42	17	40.5	20	8	40.0	26	13	50.0	46	21	45.7	88	38	43.2

表1-2. 春・秋季リーグ戦における対戦大学別シュートパフォーマンス指標(B大学)

シュート ポジション 種類	春季リーグ戦 (6位) 【引き分け】									秋季リーグ戦 (7位) 【敗北】									春・秋季リーグ戦 2試合合計		
	前半			後半			1試合全体			前半			後半			1試合全体			シュート数	得点数	得点率
	シュート数	得点数	得点率	シュート数	得点数	得点率	シュート数	得点数	得点率	シュート数	得点数	得点率	シュート数	得点数	得点率	シュート数	得点数	得点率			
LS	0	0	0.0	1	0	0.0	1	0	0.0	4	1	25.0	2	2	100.0	6	3	50.0	7	3	42.9
L45 BT	2	1	50.0	5	3	60.0	7	4	57.1	2	2	100.0	4	3	75.0	6	5	83.3	13	9	69.2
L45 P	1	1	100.0	1	1	100.0	2	2	100.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	2	2	100.0
L45 NM	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	1	1	100.0	0	0	0.0	1	1	100.0	1	1	100.0
L45D	0	0	0.0	2	1	50.0	2	1	50.0	1	0	0.0	2	1	50.0	3	1	33.3	5	2	40.0
L合計	3	2	66.7	9	5	55.6	12	7	58.3	8	4	50.0	8	6	75.0	16	10	62.5	28	17	60.7
RS	3	2	66.7	1	0	0.0	4	2	50.0	2	2	100.0	2	1	50.0	4	3	75.0	8	5	62.5
R45 BT	4	1	25.0	3	0	0.0	7	1	14.3	2	2	100.0	4	3	75.0	6	5	83.3	13	6	46.2
R45 NM	1	0	0.0	2	0	0.0	3	0	0.0	0	0	0.0	1	1	100.0	1	1	100.0	4	1	25.0
R45 P	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	2	1	50.0	2	1	50.0	2	1	50.0
R45D	1	1	100.0	1	1	100.0	2	2	100.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	2	2	100.0
R合計	9	4	44.4	7	1	14.3	16	5	31.3	4	4	100.0	9	6	66.7	13	10	76.9	29	15	51.7
C45 BT	0	0	0.0	2	1	50.0	2	1	50.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	2	1	50.0
C45 NM	0	0	0.0	2	1	50.0	2	1	50.0	2	1	50.0	0	0	0.0	2	1	50.0	4	2	50.0
C45 P	3	1	33.3	3	1	33.3	6	2	33.3	4	1	25.0	5	1	20.0	9	2	22.2	15	4	26.7
CD	1	1	100.0	3	3	100.0	4	4	100.0	1	1	100.0	1	0	0.0	2	1	50.0	6	5	83.3
C合計	4	2	50.0	10	6	60.0	14	8	57.1	7	3	42.9	6	1	16.7	13	4	30.8	27	12	44.4
7M	2	2	100.0	0	0	0.0	2	2	100.0	3	2	66.7	2	1	50.0	5	3	60.0	7	5	71.4
合計	18	10	55.6	26	12	46.2	44	22	50.0	22	13	59.1	25	14	56.0	47	27	57.4	91	49	53.8

表1-3. 春・秋季リーグ戦における対戦大学別シュートパフォーマンス指標(C大学)

シュート ポジション 種類	春季リーグ戦 (3位) 【勝利】									秋季リーグ戦 (2位) 【敗北】									春・秋季リーグ戦 2試合合計		
	前半			後半			1試合全体			前半			後半			1試合全体			シュート数	得点数	得点率
	シュート数	得点数	得点率	シュート数	得点数	得点率	シュート数	得点数	得点率	シュート数	得点数	得点率	シュート数	得点数	得点率	シュート数	得点数	得点率			
LS	6	5	83.3	2	0	0.0	8	5	62.5	4	2	50.0	3	0	0.0	7	2	28.6	15	7	46.7
L45 BT	1	1	100.0	2	2	100.0	3	3	100.0	0	0	0.0	1	0	0.0	1	0	0.0	4	3	75.0
L45 P	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0
L45 NM	0	0	0.0	1	1	100.0	1	1	100.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	1	1	100.0
L45D	0	0	0.0	1	1	100.0	1	1	100.0	4	2	50.0	1	1	100.0	5	3	60.0	6	4	66.7
L合計	7	6	85.7	6	4	66.7	13	10	76.9	8	4	50.0	5	1	20.0	13	5	38.5	26	15	57.7
RS	1	0	0.0	2	1	50.0	3	1	33.3	3	2	66.7	2	1	50.0	5	3	60.0	8	4	50.0
R45 BT	4	3	75.0	1	0	0.0	5	3	60.0	6	4	66.7	5	3	60.0	11	7	63.6	16	10	62.5
R45 NM	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0
R45 P	2	2	100.0	0	0	0.0	2	2	100.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	2	2	100.0
R45D	0	0	0.0	1	1	100.0	1	1	100.0	1	1	100.0	1	0	0.0	2	1	50.0	3	2	66.7
R合計	7	5	71.4	4	2	50.0	11	7	63.6	10	7	70.0	8	4	50.0	18	11	61.1	29	18	62.1
C45 BT	2	2	100.0	0	0	0.0	2	2	100.0	0	0	0.0	2	1	50.0	2	1	50.0	4	3	75.0
C45 NM	2	1	50.0	1	1	100.0	3	2	66.7	3	3	100.0	1	0	0.0	4	3	75.0	7	5	71.4
C45 P	2	1	50.0	3	1	33.3	5	2	40.0	3	3	100.0	3	2	66.7	6	5	83.3	11	7	63.6
CD	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	2	2	100.0	1	1	100.0	3	3	100.0	3	3	100.0
C合計	6	4	66.7	4	2	50.0	10	6	60.0	8	8	100.0	7	4	57.1	15	12	80.0	25	18	72.0
7M	0	0	0.0	2	2	100.0	2	2	100.0	0	0	0.0	1	1	100.0	1	1	100.0	3	3	100.0
合計	20	15	75.0	16	10	62.5	36	25	69.4	26	19	73.1	21	10	47.6	47	29	61.7	83	54	65.1

表1-4. 春・秋季リーグ戦における対戦大学別シュートパフォーマンス指標(D大学)

シュート ポジション 種類	春季リーグ戦 (4位) 【勝利】									秋季リーグ戦 (3位) 【敗北】									春・秋季リーグ戦 2試合合計		
	前半			後半			1試合全体			前半			後半			1試合全体			シュート数	得点数	得点率
	シュート 回数	得点数 (回)	得点率 (%)	シュート数 (回)	得点数 (回)	得点率 (%)	シュート数 (回)	得点数 (回)	得点率 (%)	シュート数 (回)	得点数 (回)	得点率 (%)	シュート数 (回)	得点数 (回)	得点率 (%)	シュート数 (回)	得点数 (回)	得点率 (%)			
LS	4	3	75.0	2	1	50.0	6	4	66.7	2	0	0.0	0	0	0.0	2	0	0.0	8	4	50.0
L45 BT	2	2	100.0	0	0	0.0	2	2	100.0	1	1	100.0	1	0	0.0	2	1	50.0	4	3	75.0
L45 P	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	1	0	0.0	1	0	0.0	1	0	0.0
L45 NM	1	1	100.0	0	0	0.0	1	1	100.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	1	1	100.0
L45D	2	1	50.0	1	0	0.0	3	1	33.3	2	0	0.0	1	0	0.0	3	0	0.0	6	1	16.7
L合計	9	7	77.8	3	1	33.3	12	8	66.7	5	1	20.0	3	0	0.0	8	1	12.5	20	9	45.0
RS	1	1	100.0	4	2	50.0	5	3	60.0	3	2	66.7	6	4	66.7	9	6	66.7	14	9	64.3
R45 BT	3	2	66.7	2	2	100.0	5	4	80.0	4	2	50.0	2	0	0.0	6	2	33.3	11	6	54.5
R45 NM	0	0	0.0	1	1	100.0	1	1	100.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	1	1	100.0
R45 P	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	1	0	0.0	0	0	0.0	1	0	0.0	1	0	0.0
R45D	1	1	100.0	0	0	0.0	1	1	100.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	1	1	100.0
R合計	5	4	80.0	7	5	71.4	12	9	75.0	8	4	50.0	8	4	50.0	16	8	50.0	28	17	60.7
C45 BT	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	1	1	100.0	2	2	100.0	3	3	100.0	3	3	100.0
C45 NM	1	1	100.0	1	1	100.0	2	2	100.0	2	2	100.0	2	2	100.0	4	4	100.0	6	6	100.0
C45 P	4	3	75.0	4	1	25.0	8	4	50.0	4	0	0.0	4	3	75.0	8	3	37.5	16	7	43.8
CD	1	1	100.0	1	1	100.0	2	2	100.0	0	0	0.0	2	2	100.0	2	2	100.0	4	4	100.0
C合計	6	5	83.3	6	3	50.0	12	8	66.7	7	3	42.9	10	9	90.0	17	12	70.6	29	20	69.0
7M	1	0	0.0	0	0	0.0	1	0	0.0	1	0	0.0	3	2	66.7	4	2	50.0	5	2	40.0
合計	21	16	76.2	16	9	56.3	37	25	67.6	21	8	38.1	24	15	62.5	45	23	51.1	82	48	58.5

表1-5. 春・秋季リーグ戦における対戦大学別シュートパフォーマンス指標(E大学)

シュート ポジション 種類	春季リーグ戦 (5位) 【勝利】									秋季リーグ戦 (6位) 【勝利】									春・秋季リーグ戦 2試合合計		
	前半			後半			1試合全体			前半			後半			1試合全体			シュート数	得点数	得点率
	シュート 回数	得点数 (回)	得点率 (%)	シュート数 (回)	得点数 (回)	得点率 (%)	シュート数 (回)	得点数 (回)	得点率 (%)	シュート数 (回)	得点数 (回)	得点率 (%)	シュート数 (回)	得点数 (回)	得点率 (%)	シュート数 (回)	得点数 (回)	得点率 (%)			
LS	7	4	57.1	1	0	0.0	8	4	50.0	4	2	50.0	1	1	100.0	5	3	60.0	13	7	53.8
L45 BT	3	3	100.0	3	2	66.7	6	5	83.3	2	2	100.0	4	2	50.0	6	4	66.7	12	9	75.0
L45 P	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0
L45 NM	1	1	100.0	0	0	0.0	1	1	100.0	1	0	0.0	1	1	100.0	2	1	50.0	3	2	66.7
L45D	0	0	0.0	4	0	0.0	4	0	0.0	1	1	100.0	1	1	100.0	2	2	100.0	6	2	33.3
L合計	11	8	72.7	8	2	25.0	19	10	52.6	8	5	62.5	7	5	71.4	15	10	66.7	34	20	58.8
RS	3	2	66.7	2	2	100.0	5	4	80.0	1	1	100.0	3	3	100.0	4	4	100.0	9	8	88.9
R45 BT	3	2	66.7	3	2	66.7	6	4	66.7	2	0	0.0	2	1	50.0	4	1	25.0	10	5	50.0
R45 NM	0	0	0.0	1	1	100.0	1	1	100.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	1	1	100.0
R45 P	0	0	0.0	1	0	0.0	1	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	1	0	0.0
R45D	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	1	0	0.0	0	0	0.0	1	0	0.0	1	0	0.0
R合計	6	4	66.7	7	5	71.4	13	9	69.2	4	1	25.0	5	4	80.0	9	5	55.6	22	14	63.6
C45 BT	2	1	50.0	3	1	33.3	5	2	40.0	3	2	66.7	2	2	100.0	5	4	80.0	10	6	60.0
C45 NM	1	0	0.0	1	1	100.0	2	1	50.0	1	1	100.0	1	1	100.0	2	2	100.0	4	3	75.0
C45 P	0	0	0.0	2	0	0.0	2	0	0.0	4	2	50.0	0	0	0.0	4	2	50.0	6	2	33.3
CD	2	2	100.0	5	4	80.0	7	6	85.7	0	0	0.0	2	2	100.0	2	2	100.0	9	8	88.9
C合計	5	3	60.0	11	6	54.5	16	9	56.3	8	5	62.5	5	5	100.0	13	10	76.9	29	19	65.5
7M	2	1	50.0	0	0	0.0	2	1	50.0	1	0	0.0	3	2	66.7	4	2	50.0	6	3	50.0
合計	24	16	66.7	26	13	50.0	50	29	58.0	21	11	52.4	20	16	80.0	41	27	65.9	91	56	61.5

表1-6. 春・秋季リーグ戦における対戦大学別シュートパフォーマンス指標(F大学)

シュート ポジション 種類	春季リーグ戦 (7位) 【勝利】									秋季リーグ戦 (5位) 【勝利】									春・秋季リーグ戦 2試合合計		
	前半			後半			1試合全体			前半			後半			1試合全体			シュート数	得点数	得点率
	シュート 回数	得点数 (回)	得点率 (%)	シュート数 (回)	得点数 (回)	得点率 (%)	シュート数 (回)	得点数 (回)	得点率 (%)	シュート数 (回)	得点数 (回)	得点率 (%)	シュート数 (回)	得点数 (回)	得点率 (%)	シュート数 (回)	得点数 (回)	得点率 (%)			
LS	3	1	33.3	5	4	80.0	8	5	62.5	3	2	66.7	4	2	50.0	7	4	57.1	15	9	60.0
L45 BT	4	3	75.0	0	0	0.0	4	3	75.0	3	3	100.0	3	0	0.0	6	3	50.0	10	6	60.0
L45 P	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	1	0	0.0	1	0	0.0	1	0	0.0
L45 NM	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0
L45D	1	0	0.0	1	0	0.0	2	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	2	0	0.0
L合計	8	4	50.0	6	4	66.7	14	8	57.1	6	5	83.3	8	2	25.0	14	7	50.0	28	15	53.6
RS	1	0	0.0	2	2	100.0	3	2	66.7	2	0	0.0	4	2	50.0	6	2	33.3	9	4	44.4
R45 BT	5	5	100.0	3	3	100.0	8	8	100.0	6	5	83.3	6	4	66.7	12	9	75.0	20	17	85.0
R45 NM	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	1	1	100.0	0	0	0.0	1	1	100.0	1	1	100.0
R45 P	0	0	0.0	1	1	100.0	1	1	100.0	1	1	100.0	0	0	0.0	1	1	100.0	2	2	100.0
R45D	0	0	0.0	1	0	0.0	1	0	0.0	1	1	100.0	0	0	0.0	1	1	100.0	2	1	50.0
R合計	6	5	83.3	7	6	85.7	13	11	84.6	11	8	72.7	10	6	60.0	21	14	66.7	34	25	73.5
C45 BT	1	1	100.0	2	1	50.0	3	2	66.7	2	2	100.0	1	1	100.0	3	3	100.0	6	5	83.3
C45 NM	3	3	100.0	2	2	100.0	5	5	100.0	0	0	0.0	2	2	100.0	2	2	100.0	7	7	100.0
C45 P	2	1	50.0	3	2	66.7	5	3	60.0	0	0	0.0	1	0	0.0	1	0	0.0	6	3	50.0
CD	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	1	1	100.0	1	1	100.0	2	2	100.0	2	2	100.0
C合計	6	5	83.3	7	5	71.4	13	10	76.9	3	3	100.0	5	4	80.0	8	7	87.5	21	17	81.0
7M	0	0	0.0	1	0	0.0	1	0	0.0	1	1	100.0	0	0	0.0	1	1	100.0	2	1	50.0
合計	20	14	70.0	21	15	71.4	41	29	70.7	21	17	81.0	23	12	52.2	44	29	65.9	85	58	68.2

表1-7. 春・秋季リーグ戦における対戦大学別シュートパフォーマンス指標(G大学)

シュート ポジション 種類	春季リーグ戦 (8位) 【勝利】									秋季リーグ戦 (8位) 【勝利】									春・秋季リーグ戦 2試合合計		
	前半			後半			1試合全体			前半			後半			1試合全体			シュート数	得点数	得点率
	シュート数 (回)	得点数 (回)	得点率 (%)	シュート数 (回)	得点数 (回)	得点率 (%)	シュート数 (回)	得点数 (回)	得点率 (%)	シュート数 (回)	得点数 (回)	得点率 (%)	シュート数 (回)	得点数 (回)	得点率 (%)	シュート数 (回)	得点数 (回)	得点率 (%)			
LS	5	2	40.0	4	1	25.0	9	3	33.3	1	0	0.0	3	2	66.7	4	2	50.0	13	5	38.5
L45 BT	4	2	50.0	2	2	100.0	6	4	66.7	2	1	50.0	1	0	0.0	3	1	33.3	9	5	55.6
L45 P	1	1	0.0	0	0	0.0	1	1	100.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	1	1	100.0
L45 NM	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	1	0	0.0	2	2	100.0	3	2	66.7	3	2	66.7
L45D	1	0	0.0	1	1	100.0	2	1	50.0	1	0	0.0	0	0	0.0	1	0	0.0	3	1	33.3
L合計	11	5	45.5	7	4	57.1	18	9	50.0	5	1	20.0	6	4	66.7	11	5	45.5	29	14	48.3
RS	1	1	100.0	2	1	50.0	3	2	66.7	2	1	50.0	1	1	100.0	3	2	66.7	6	4	66.7
R45 BT	2	0	0.0	3	3	100.0	5	3	60.0	1	1	100.0	6	5	83.3	7	6	85.7	12	9	75.0
R45 NM	2	0	0.0	0	0	0.0	2	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	2	0	0.0
R45 P	1	1	100.0	0	0	0.0	1	1	100.0	2	2	100.0	2	2	100.0	4	4	100.0	5	5	100.0
R45D	2	2	100.0	0	0	0.0	2	2	100.0	0	0	0.0	1	1	100.0	1	1	100.0	3	3	100.0
R合計	8	4	50.0	5	4	80.0	13	8	61.5	5	4	80.0	10	9	90.0	15	13	86.7	28	21	75.0
C45 BT	2	0	0.0	1	0	0.0	3	0	0.0	1	1	100.0	0	0	0.0	1	1	100.0	4	1	25.0
C45 NM	0	0	0.0	3	0	0.0	3	0	0.0	0	0	0.0	3	3	100.0	3	3	100.0	6	3	50.0
C45 P	2	1	50.0	1	0	0.0	3	1	33.3	4	0	0.0	2	0	0.0	6	0	0.0	9	1	11.1
CD	4	3	75.0	1	1	100.0	5	4	80.0	2	2	100.0	2	2	100.0	4	4	100.0	9	8	88.9
C合計	8	4	50.0	6	1	16.7	14	5	35.7	7	3	42.9	7	5	71.4	14	8	57.1	28	13	46.4
7M	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	2	2	100.0	1	1	100.0	3	3	100.0	3	3	100.0
合計	27	13	48.1	18	9	50.0	45	22	48.9	19	10	52.6	24	19	79.2	43	29	67.4	88	51	58.0

A大学との試合(敗北試合)における研究対象大学の1試合あたり得点率は春季リーグ戦40.5%、秋季リーグ戦45.7%と50.0%を下回る結果であった。また、分析対象試合において引き分け試合における得点率が50.0%であった。さらに、研究対象大学が勝利した8試合中7試合において得点率が50%以上であった。

これらの結果から研究対象大学の勝利には得点率50%が1つの基準点と予想し、得点率50%以上未滿と勝敗とのオッズ比を算出した。しかし、オッズ比ならびに95%信頼区間は4.667(95%CI:0.297-73.384)であり、得点率50%が統計学的に勝敗を左右する基準とは判断し難い結果であった。しかし、2022年度の試合結果としてオッズ比の4.667という結果は、得点率50%が勝敗を左右する要因の1つである可能性は高いと考える。また、本研究結果は、14試合と分析対象試合数が少ないこともあり複数年度のデータを用いた再分析が今後の課題と考える。

各試合における1試合あたりのコートに対する左右からの合計シュート数の差を確認した。A大学との試合における研究対象大学の春季リーグ戦における左側からのシュート数は21回であり、右側からのシュート数は11回と10回差があった。また、秋季リーグ戦における左側からのシュート数は17回であり、右側からのシュート数は16回と1回差が

あった。各試合における左右側からのシュート数に違いがあるため、シュート数の左右差を表に示すL合計とR合計の合算値で除すことにより1試合あたりのシュート数の左右差の割合(%)とした。ちなみに、A大学との試合における研究対象大学の春季リーグ戦におけるシュート数の左右差は10回であり、L合計(21回)とR合計(11回)の合算値は32回であり、シュート数の左右差率は31.3%であった(算出式:10/32×100=31.3)。また、秋季リーグでは3.0%であった。

そこで、分析対象試合14試合におけるシュート数の左右差率を算出し勝敗による差を確認した。勝利試合8試合によるシュート数の左右差率の平均ならびに標準偏差は、13.4±8.6(%)であった。一方の敗北試合5試合では18.8±13.2(%)であった。また勝利試合における最小値は0.0%であり、最大値は25.0%であった。一方の敗北試合における最小値は3.0%であり、最大値は33.3%であった。尚、勝利試合群と敗北試合群による統計学的有意差は検出されなかった(p=0.445)。このように敗北試合におけるシュート数の左右差率は、勝利試合と統計学的な有意差は検出されなかったが、敗北試合におけるシュート数の左右差率は勝利試合よりも不規則性があり、勝利試合よりも敗北試合におけるシュートポジションの左右の偏りについて検討が必要であると考える。しかし、シュートポジションはシュート



を実施した場所でしかなく、シュート実施選手がシュートポジションとして希望とするポジションなのか、それともディフェンダーにより希望とするポジションからのシュートができず、やむを得ずにシュートに至ったポジションなのか判断ができない。今後の課題として各選手が得意とするシュートポジションの確認に加え、試合前にディフェンスの布陣（ディフェンダーの位置）やゲーム展開の諸条件を考慮した理想とするシュートポジションを調査し、各選手が理想とする条件下でのシュートであったかを確認することと考えている。

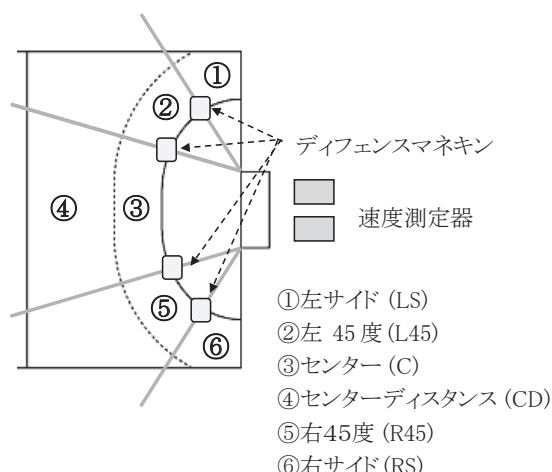


図5. シュートポジション別シュート速度の測定風景

## 2-3. 大学女子ハンドボールリーグ選手を対象としたシュートポジション別シュート速度（研究2）

### 2-3-1. 方法

#### 2-3-1-1. 対象者

研究対象者は、研究1の研究対象大学の女子ハンドボール部に所属する選手21名とした。21名のうち10名が研究1の2022年度関東学生ハンドボール春季リーグ戦と秋季リーグ戦に出場した選手であった。

#### 2-3-1-2. データ収集

シュート速度の測定は、スポーツレーダー（SKLZ）を用いた。シュートポジションは、左サイド（LS）、左45度（L45）、センター（C）、センターディスタンス（CD）、右45度（R45）、右サイド（RS）の5ヶ所とした。各ポジションからのシュート回数は、5回とした。シュートは、試合を想定しジャンプシュートとした。尚、本研究参加者にはゴールキーパーがいないゴールに対し可能な限り速いシュートでゴールに入れるように指示をした。

#### 2-2-1-3. 分析方法

各ポジションにて実施した5回のシュートのうち最速値を個人の代表値とした。また、2022年度関東学生ハンドボール春季リーグ戦と秋季リーグ戦に出場した10名を試合参加群とし、他の11名を試合不参加群とし群間比較を実施した。シュートポジション間（6水準）と試合参加有無（2水準）におけるシュート速度の差は二元配置分散分析を用い検討し

た。統計学的差は、IBM SPSS Statistics 27を用いた。尚、有意水準は5%未満とした。

### 2-3-2. 結果および考察

シュートポジション間と試合参加有無におけるシュート速度差の検定において、交互作用に有意な差は検出されなかった。シュートポジション間と試合参加有無の各々で主効果が検出された（ $p < 0.01$ ）。そのため、シュートポジション間の6水準に対しbonferroni法による多重比較を実施した。LSはRSを除く4水準に対し、またRSはLSを除く4水準に対し有意な差が検出された（ $p < 0.01$ ）。尚、本研究における平均シュート速度が最速であったシュートポジションは、センターであり  $72.7 \pm 5.9 \text{ km/h}$  であった。一方の最も遅かったシュートポジションは、左サイドの  $62.4 \pm 5.3 \text{ km/h}$  であり、次いで右サイドの  $63.6 \pm 3.9 \text{ km/h}$  であった（図6）。

シュートポジション間において平均シュート速度の差が生じた要因の1つに、選手たちがゴールポストに対して角度が無いポジションからのシュートで

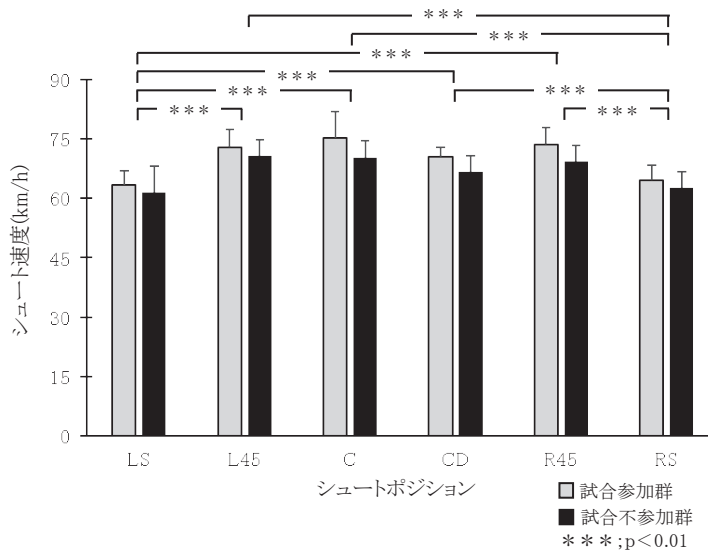


図6. シュートポジション別シュート速度

はボールコントロールを意識したことにより速度低下を招いたと推察する。さらに実際の試合では、本研究とは異なりゴールキーパーもディフェンダーもいる条件となるため、両サイドからのシュートはさらにボールコントロール能力が得点に影響を及ぼすと考える。

試合参加群と試合不参加群の平均シュート速度は、全6シュートポジションにおいて試合参加群が速い結果であった。群間差が最大であったシュートポジションはセンターであり平均値で4.9km/hの差が確認された。一方、群間差が最小のシュートポジションは、左サイドで1.9km/hの差であった(図6)。

坂井(2014)によると、ハンドボールにおけるシュート速度は、体重、股関節屈曲・伸展、肩関節振り下ろし時の最大筋力と関係があると報告されている。このことより、試合参加群と試合不参加群でシュート速度に統計学的有意な差が検出された原因として筋力差が1つの要因と推察する。

#### 2-4. まとめおよび今後の課題

本研究結果から、研究対象大学の選手は両サイドからのシュートにおいてボールコントロールを意識したシュート速度の低下が推察された。そのため、今後のトレーニング課題として全力での投球時のボールコントロールが考えられる。全力投球時の

ボール速度の向上は、シュートのみならずパスにおいても速いパスが実施できることになりシュート以外においても試合に有効であると考えられる。

また、試合不参加群は、全力投球時の速度向上に筋力トレーニングが課題と推察する。しかし、本研究では選手の筋力測定は実施していないこともあり、試合不参加群が試合参加群に比較して筋力が低いとは断定できない。そのため、定期的に全力投球時の速度と選手の筋力との関係性を確認しつつ、筋力トレーニングメニューを作成することが今後の課題と考える。

ハンドボールのシュートにおいて會田(2008)の質的研究において、堀田敬章選手のサイドシュートにおける実践知として『手首を上にはひねってしゃくる感じです』というコメントが紹介されている。ハンドボールにおける試合におけるサイドからのシュートは、全力投球のシュートよりも堀田選手のコメントにもあるボールリリース時に手首をひねることによりボールの回転や軌道を変えるシュートが重要と考えられる。そのため、ハンドボールにおけるスポーツパフォーマンス分析において、シュートポジションやシュートコース以外に選手のボールリリース時の手首の動きも分析項目として数値化することが必要であると考えられる。しかし、スポーツパフォーマンス分析項目を多くすることは、アナリスト

の負担を増大させ、監督・選出へのフィードバックまでの時間を長期化する恐れもある。そのため、アナリストの養成も今後の課題と考えている。

(文責：大石健二・辻 昇一・岡村明音)

## 参考文献

- 會田宏(2008)ハンドボールのシュート局面における個人戦術の実践知に関する質的研究：国際レベルで活躍したゴールキーパーとシューターの語りを手掛かりに。体育学研究, 53:61-74.
- 會田宏・樫塚正一・土合久男(1995)スコアによるゲーム分析からみた女子ハンドボール競技における攻撃の特徴。武庫川女子大学紀要 人文・社会科学編, 43:49-54.
- 児玉義廣(2009)2006年バスケットボール世界選手権のスコア分析。仙台大学紀要, 40(2):261-271.
- 公益財団法人日本ハンドボール協会(2020)交代地域に持ち込み可能な技術的機器に関するガイドライン。公益財団法人日本ハンドボール協会, [https://www.handball.or.jp/rule/doc/2020gijutukiki\\_guideline.pdf](https://www.handball.or.jp/rule/doc/2020gijutukiki_guideline.pdf) (参照日：2022年7月20日)。
- 栗山雅倫(2010)ハンドボールにおけるスコア分析によるゲーム評価の可能性について—シュート占有率に着目して—。東海大学紀要 体育学部, 40:77-84.
- 三浦孝仁・宮道力・兵藤香織・西畑賢治(2012)近年の学生女子ハンドボール競技におけるゲーム構成：2007年・2008年の学生女子上位チームの分析から。大学教育研究紀要, 8:221-234.
- 中川昭(2011)ラグビーにおける記述的ゲームパフォーマンス分析を用いた研究。筑波大学体育科学系紀要, 34:1-16.
- 日本ハンドボール協会(2020)ハンドボール競技規則 2020年版。公益財団法人日本ハンドボール協会, [https://www.handball.or.jp/rule/doc/2020\\_competition\\_rule.pdf](https://www.handball.or.jp/rule/doc/2020_competition_rule.pdf) (参照日：2022年7月20日)。
- 大高敏弘・吉田健司・内山治樹(2007)バスケットボールのハーフコート・オフenseにおけるディフェンス戦術について。大学体育研究, 29:1-11.
- 内山治樹(2004)バスケットボール競技におけるチーム戦術の構造分析。スポーツ方法学研究, 17(1):25-39.
- 宇津野年一(1966)ハンドボール教本。ベースボールマガジン社：東京, 15.
- 坂井智明(2014)ハンドボール競技におけるシュート速度と筋量および等速性筋力の関係。教育医学, 59(3):193-200.

## 3. 大学生ボディビルダーの減量と増量が生理・心理学的指標に及ぼす影響

### 3-1. 目的

ボディビルダーは筋肥大と体脂肪除去(除脂肪)のために、長期間にわたって骨格筋量と体脂肪量を可変的に制御する。一般的には、体脂肪が僅少になるまで除脂肪を進める減量期と、骨格筋肥大を最大化させる増量期に1年間を分ける。先行研究では、試合に向けた6か月の減量期で体脂肪率が14.8%から4.5%まで減少したとする報告(Rossow et al., 2013)や、11週間で9.6%から6.5%に減少したとする報告(Mäestu et al., 2010)が存在するが、いまだ情報は少ない。これらの文献は身体組成の変化のみを主な結果としており、血液生化学データ、睡眠、腸内環境、心理など多角的な分析を試みた報告は見られない。最も新しい減量と増量に関しての文献はGansonらの報告であるが、心理的なアンケート調査のみを行った報告であり、生理学的な変化については言及されていない(Ganson et al., 2022)。このように減量と増量に関する情報は少なく、ほとんどが選手や指導者の経験によって増減量を行っているのが現状である。

一方で、減量や増量の科学的知見を利用して身体組成をコントロールすることはボディビルダー以外にも有効と考える。運動や食事改善による身体組成の制御に関する知見は、社会課題である中高年におけるメタボリックシンドロームの対策に直結するだけでなく、高齢者の健康寿命を延伸する可能性がある筋力維持・増強に対しても、身体組成改善によるアプローチは有効である。また、多様な競技アスリートのパフォーマンス向上にも、身体組成の制御は効果的である(Matthews et al., 2017)。このように、健康増進やアスリートのパフォーマンス向上にも、程度の差こそあれ減量と増量の知見は有効である。

本研究は、ボディビルダーの競技力向上に資する減量および増量の生理・心理学的検討が目的である。これは、筋肥大と除脂肪に特化したサイクルを過ごすボディビルダーにおける心身の状態を検討することで、減量および増量に伴う広範囲な生理・心理学的指標の変化を解明するものであり、学術的な普遍

表2. 被験者特性

	全体	20.6 ± 1.1
年齢 (歳)	全日本学生進出	20.4 ± 1.5
	関東学生敗退	20.8 ± 0.8
	全体	170.3 ± 6.2
身長 (cm)	全日本学生進出	167.8 ± 5.3
	関東学生敗退	172.8 ± 6.6

全日本学生進出 (n=5)、関東学生敗退 (n=5)、平均±標準偏差

的価値があると考え。さらに、得られた知見の一般人への応用の可能性を検討することで、健康の保持増進による医療費削減への貢献、体重階級制競技をはじめとするアスリートの競技力向上という社会的価値も見出せるものである。

### 3-2. 方法

#### 被験者

本研究は日本体育大学倫理委員会の承認のもと実験を行い(承認番号 第022-H054号)、ヘルシンキ宣言に準拠した(Rickham, 1964)。全ての被験者に対して測定に先立ち、本研究の目的と潜在的リスクを説明したうえでインフォームドコンセントを行い、同意を得た。本研究では、2022年に開催した関東学生ボディビル選手権大会および全日本学生ボディビル選手権大会に出場した大学生ボディビルダー10名を対象とした。被験者情報は表に記載した通りである(表2)。被験者は日常的にボディビルのために筋肥大を目的としたトレーニングを実施している。

#### 3-3. 測定時期および測定項目

測定時期は関東学生ボディビル選手権大会(9月23日、以下関東学生)の①2か月前、②1か月前、③3日前、④3日後、⑤1か月後、⑥2か月後の計6ポイントとした。また、関東学生で決勝に進出し1週間後(10月2日)に行われた全日本学生ボディビル選手権大会(以下全日本学生)に出場した選手は、全日本学生終了3日後から測定日④⑤⑥とした。関東学生の2か月前から大会当日までを減量期とし、

また関東学生もしくは全日本学生の終了翌日から2か月間を増量期と設定した。食事記録と睡眠記録は測定期間中、毎日記録した。身体組成、心理アンケートは2か月前から2か月後の全6ポイントで測定し、血液生化学データ、唾液検査、腸内細菌叢検査は1か月前から1か月後の計4ポイントで測定した(図7)。

#### 身体組成

身体組成はInBody430(株式会社インボディ・ジャパン, 東京)を用いてインピーダンス法にて測定した。InBodyのマニュアルに則り、電極にかかとを合わせて立ち、腕をまっすぐに伸ばし体に接しないように姿勢を維持し、体重、Body Mass Index (BMI)、体脂肪率、骨格筋量を測定し、測定ポイント間で比較をした。

#### 食事

食事記録は食事記録アプリカロミル(ライフログテクノロジー株式会社, 東京)を用いて、毎日の食事内容を被験者各自が記録をした。摂取した食事は栄養素ごとに記録され、総摂取カロリー、たんぱく質量、脂質量、糖質量、食物繊維量を1週間ごとに平均化して算出した。

#### 睡眠

睡眠時の生体信号はウェアラブルデバイスGo2 sleep (CTJ株式会社, 東京)を使用して測定した。小型の測定器を専用のバンドに固定し、中指もしくはは

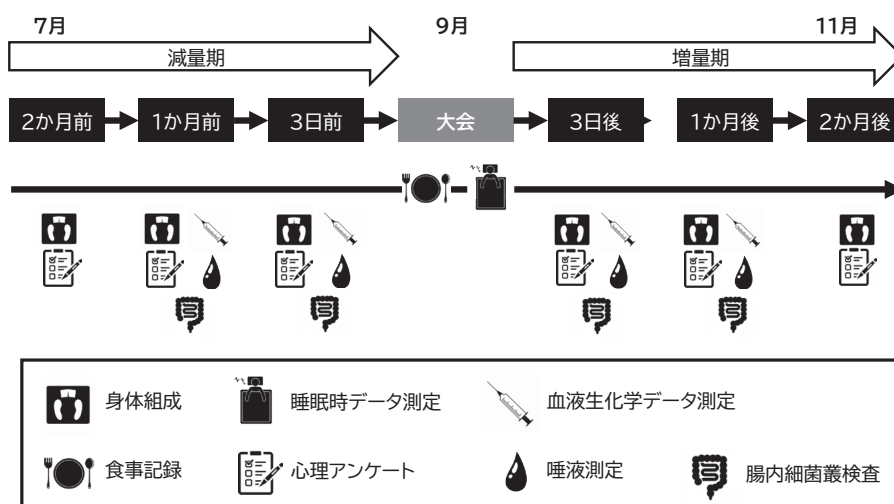


図7. 測定時期および測定項目

測定時期は関東学生ボディビル選手権大会および全日本学生ボディビル選手権大会2か月前、1か月前、3日前、3日後、1か月後、2か月後の計6ポイントとした。食事記録と睡眠記録は実験期間中、毎日記録した。身体組成、心理アンケートは2か月前から2か月後の計6ポイントで測定し、血液生化学データ、唾液検査、腸内細菌叢検査は1か月前から1か月後の計4ポイントで測定した。

人差し指の付け根に装着した。睡眠の深度はN1が最も浅い睡眠、N2が浅い睡眠、N3が深い睡眠、N4が最も深い睡眠として4段階で表記される。N1とN2を浅い睡眠、N3とN4を深い睡眠として合算して検討をした。また、総睡眠時間、レム睡眠時間、就寝時の平均心拍数も記録し、時期ごとの変化を検討した。

### 心理状態

心理アンケートにはProfile of Mood States 2nd Edition：POMS2（金子書房、東京）を使用し、測定日当日の心理状況を調査した。オンライン形式の質問紙を用いて、「怒り・敵意」「混乱・当惑」「抑うつ・落ち込み」「疲労・無気力」「緊張・不安」「活気・活力」「友好」の項目ごとに、「とてもそう思う」から「まったくそう思わない」までの5段階による回答を得た。

### 血液生化学データ

血液生化学データの測定は検者立会いのもと、看護師が採血を行った。被験者には測定の12時間前から食事の摂取は控えてもらった。血清検査および

血漿検査を行うため、2本の試験管に分配して採血した。血清検査用の試験管は採血後、冷蔵にて保管をした。血漿検査用の試験管は遠心分離機で遠心分離をした後、ピペットを用いて分注し血漿成分を冷凍保存した。検体は冷蔵および冷凍保管の後、測定日にLSIメディエンス（株式会社LSIメディエンス、東京）に解析を依頼した。測定項目はアスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ（AST）、尿素窒素、中性脂肪、トリヨードサイロニン（T3）、サイロキシン（T4）、テストステロン、リパーゼ、成長ホルモン（GH）、インスリン用成長因子（IGF-1）、レプチンとした。

### 唾液

唾液中ストレスマーカー分析装置Cube Reader（エムピージャパン株式会社、東京）を用いて、唾液コルチゾールの測定を行った。付属の綿棒を口にくわえ、綿棒の色が青色に変わるまで20～50秒程度、唾液を綿棒に吸収させ採取した。唾液が付着した綿棒を緩衝液の入ったボトルに入れ、2分以上容器を反転させた。付属の検査プレートに緩衝した唾液を滴下し、10分後にCube Reader本体を用いて測定を

行った。Cube Readerで測定した値はソフトウェアSOMA Cube Reader (エムピージャパン株式会社, 東京) を用いて解析した。

### 腸内細菌叢

腸内細菌叢の解析にはマイキンソー (株式会社サイキンソー, 東京) を用いた。被験者は検便キットを用いて測定日の便を採取した後、採取後のキットをサイキンソー社宛に郵送し、解析された。Watanabeらの先行研究に則り、各時期における腸内細菌叢の組成を属および個人内の多様性 ( $\alpha$ 多様性) で比較した (Watanabe et al., 2021)。 $\alpha$ 多様性は腸内細菌叢に含まれる菌種がどのくらい豊富であるかを示し、属は共通の性状をもつ、いくつかの菌種が分類階級にまとめられたものを示している。

### 3-4. 統計処理

関東学生敗退者と全日本学生進出者で分け、大会2か月前、1か月前、3日前、3日後、1か月後、2か月後の計6つの測定ポイント間で比較した。身体組

成は各指標において、測定ポイントと競技成績を因子とした二元配置分散分析を行った。食事記録は各栄養素において、1週間ごとの時期および競技成績を因子に二元配置分散分析を用いて実施した。睡眠記録は測定の不備により記録できていた被験者数が少なかったため、競技成績による比較は実施せず測定ポイント間の比較を、対応のあるt検定もしくは一元配置分散分析にて処理した。心理状態は測定ポイントおよび競技成績を因子に二元配置分散分析を実施し、項目ごとの比較は各項目を因子として一元配置分散分析を実施した。血液生化学データは各項目において、測定ポイントおよび競技成績を因子に二元配置分散分析を実施した。唾液より測定したコルチゾール値は、測定ポイントおよび競技成績を因子に二元配置分散分析を実施した。腸内細菌叢検査は、 $\alpha$ 多様性を示すシャノン指数の比較および属による比較には測定ポイントと競技成績を因子に二元配置分散分析を実施した。分散分析において主効果が確認できた場合、Bonferroniの多重比較を実施した。有意水準は5%未満とした。

表3. 各測定ポイントにおける身体組成

		2か月前	1か月前	3日前	3日後	1か月後	2か月後
体重 (kg)	全体	69.0 ± 4.8	66.2 ± 4.2	64.6 ± 5.0	67.8 ± 5.5	71.1 ± 6.2	76.0 ± 9.8 <sup>††</sup>
	全日本学生進出	71.2 ± 3.0	68.1 ± 2.5	65.3 ± 2.6	69.8 ± 2.6	72.8 ± 5.1	75.6 ± 4.7 <sup>††</sup>
	関東学生敗退	66.9 ± 5.6	64.2 ± 5.0	63.9 ± 6.9	66.3 ± 7.0	69.4 ± 7.2	76.3 ± 14.0
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	全体	23.8 ± 2.0	22.9 ± 1.8	22.3 ± 1.8	23.2 ± 1.9	24.5 ± 2.1	25.2 ± 2.3 <sup>§</sup>
	全日本学生進出	25.2 ± 0.9	24.2 ± 0.8	23.2 ± 0.9*	24.4 ± 0.8	25.8 ± 1.0	26.8 ± 1.2 <sup>††§</sup>
	関東学生敗退	22.4 ± 1.8	21.5 ± 1.5	21.4 ± 2.1	22.2 ± 2.1	23.2 ± 2.2	23.5 ± 1.8
体脂肪率 (%)	全体	12.5 ± 3.0	10.8 ± 3.3	10.2 ± 3.6	10.2 ± 3.2	13.8 ± 2.4	15.7 ± 2.4 <sup>†††§§</sup>
	全日本学生進出	11.9 ± 2.5	10.2 ± 3.6	9.2 ± 3.1	8.5 ± 2.0	12.4 ± 1.8	15.3 ± 1.5 <sup>††</sup>
	関東学生敗退	13.1 ± 3.7	11.4 ± 3.3	11.1 ± 4.2	11.5 ± 3.5	15.3 ± 2.0	16.1 ± 3.3
骨格筋量 (kg)	全体	34.5 ± 2.7	33.7 ± 2.7	33.0 ± 2.7	34.6 ± 3.0	35.0 ± 3.4	35.3 ± 2.7
	全日本学生進出	36.0 ± 2.3	34.9 ± 2.4	33.8 ± 2.2	36.4 ± 1.8	37.0 ± 2.9	36.9 ± 2.0
	関東学生敗退	33.0 ± 2.4	32.4 ± 2.5	32.2 ± 3.2	33.1 ± 3.0	33.4 ± 3.1	33.6 ± 2.4

全日本学生進出群 (n=5)、関東学生敗退群 (n=5)、BMI: Body Mass Index、\*: vs 2か月前 p<0.05、+: vs 1か月前 p<0.05、††: vs 1か月前 p<0.01、†: vs 3日前 p<0.05、†††: vs 3日前 p<0.01、§: vs 3日後 p<0.05、§§: vs 3日後 p<0.01、平均値±標準偏差

### 3-5. 結果

#### 身体組成

被験者全体、全日本学生進出群 (n=5) および関東学生敗退群 (n=5) の身体組成の結果を表3に示す。

#### 体重

被験者全体の比較では、2か月後と比べ1か月前 ( $p=0.013$ ) および3日前 ( $p=0.002$ ) が有意に低値を示した。全日本学生進出群では、被験者全体と同様に2か月後と比べ1か月前 ( $p=0.048$ ) および3日前 ( $p=0.002$ ) において有意に低値を示した。関東学生敗退群では測定ポイント間で有意な差は見られなかった。

#### BMI

被験者全体の比較では、2か月後と比べ3日前が有意に低値を示した ( $p=0.033$ )。全日本学生進出群では、2か月後と比べ1か月前 ( $p=0.046$ )、3日前 ( $p=0.001$ ) および3日後 ( $p=0.015$ ) において有意に低値を示した。また、2か月前と比較し3日後 ( $p=0.046$ )、1か月後と比較し3日前 ( $p=0.004$ ) において有意に低値を示した。関東学生敗退群では測定ポイント間で有意な差は見られなかった。

#### 体脂肪率

被験者全体の比較では、2か月後と比べ1か月前 ( $p=0.009$ )、3日前 ( $p=0.002$ ) および3日後 ( $p=0.004$ ) において有意に低値を示した。全日本学生進出群では、2か月後と比較し3日前 ( $p=0.016$ ) および3日後 ( $p=0.010$ ) において有意に低値を示した。関東学生敗退群では測定ポイント間で有意な差は見られなかった。

#### 骨格筋量

被験者全体、全日本学生進出群および関東学生敗退群において、測定ポイント間で有意な差は見られなかった。

#### 食事

1週間ごとの摂取カロリーについて、被験者全体では大会前と比較して大会後で有意な変化が見られ

た (図8a)。

全日本学生進出群では時期ごとに有意な変化は見られなかった一方 (図8b)、関東学生敗退群では大会前と比較して大会後において有意な差が見られた (図8c)。また、脂質について、被験者全体の比較では大会前と比較して大会後に顕著に摂取量が増加した (図9a)。また、全日本学生進出群および関東学生敗退群においても同様に、大会前と比較して大会後で有意に増加した (図9b、3c)。その他の栄養素では有意な差は見られなかった。

#### 睡眠

測定ポイントおよび競技成績の比較において、いずれの項目にも有意な差は見られなかった。

#### 心理状態

測定ポイントおよび競技成績の比較において、いずれの項目にも有意な変化は見られなかった。

#### 血液生化学データ

血液生化学データの結果について表4に示す。中性脂肪について、被験者全体の比較では1か月前 ( $p=0.05$ ) および3日前 ( $p=0.024$ ) と比べ3日後、また1か月前と比べ1か月後 ( $p=0.034$ ) で有意に高値を示した。また、全日本学生進出群において、1か月前 ( $p=0.041$ ) および3日前 ( $p=0.027$ ) と比べ3日後で有意に高値を示した。関東学生敗退群では有意な差は見られなかった。また、その他の項目において有意な変化は見られなかった。

#### 唾液

測定ポイントおよび競技成績の比較において、有意な差は見られなかった。

#### 腸内細菌叢

$\alpha$ 多様性について、測定ポイントおよび競技成績の比較において、有意な差は見られなかった。

属ごとの比較において、被験者全体では *Bifidobacterium* 属 (1か月前 vs 1か月後:  $p<0.001$ , 1か月後 vs 3日後:  $p=0.002$ , 1か月後 vs 3日前:  $p<0.001$ )、*Bacteroides* 属 (1か月前 vs 3日前:  $p=0.001$ )、*Alistipes*

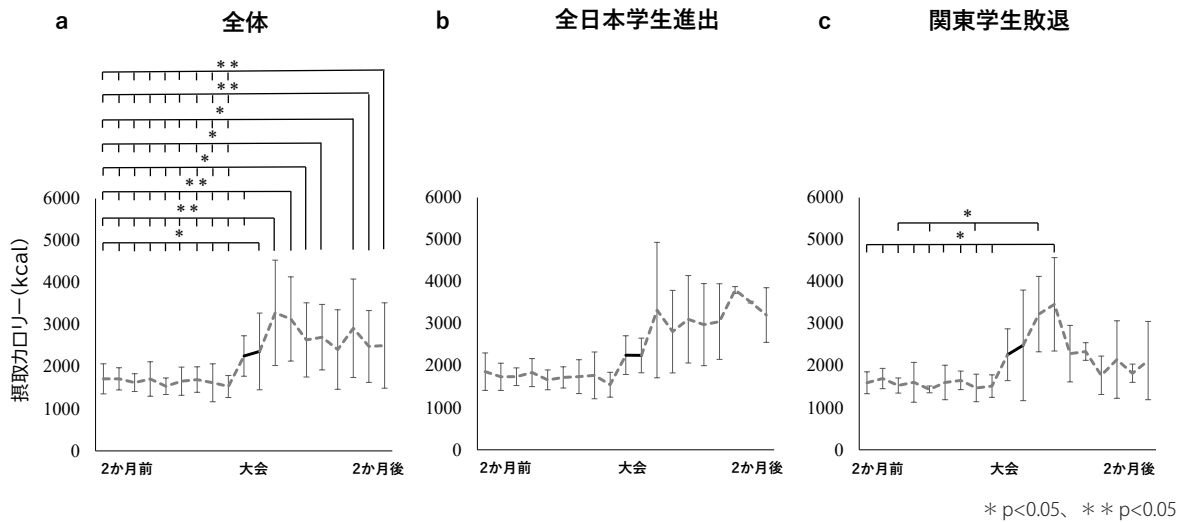


図8. 1週間ごとの摂取カロリー

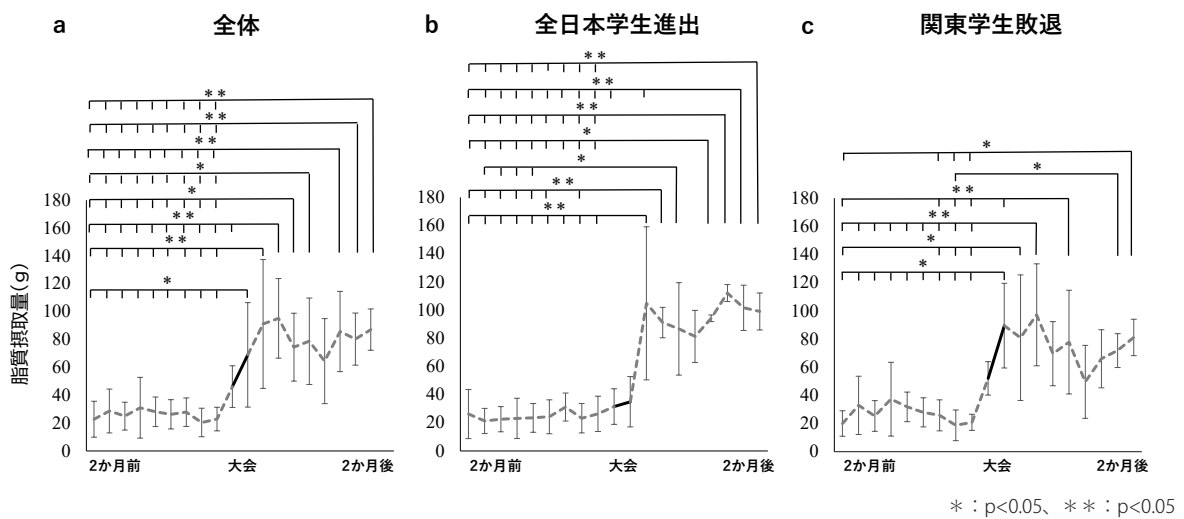


図9. 1週間ごとの脂質摂取量

属 (1か月前 vs 1か月後:  $p=0.023$ , 1か月前 vs 3日後:  $p=0.038$ )、Faecalibacterium属 (1か月前 vs 1か月後:  $p=0.004$ , 1か月前 vs 3日後:  $p<0.001$ , 3日前 vs 3日後:  $p=0.008$ ) の組成割合が時期を通して変化していた。

全日本学生進出群は、Bacteroides属 (1か月前 vs 1か月後:  $p<0.001$ , 1か月後 vs 3日後:  $p<0.001$ , 1か月前 vs 3日前:  $p<0.001$ )、Alistipes属 (1か月前 vs 1か月後:  $p=0.005$ , 1か月前 vs 3日後:  $p=0.008$ )、

Faecalibacterium属 (1か月前 vs 1か月後:  $p=0.001$ , 1か月前 vs 3日後:  $p<0.001$ , 3日前 vs 3日後:  $p=0.002$ ) の組成割合が時期を通して変化していた。一方、関東学生敗退群では、測定ポイント間で腸内細菌叢の組成に有意な変化はみられなかった。

### 3-6. 考察

本研究では、ボディビルダーの減量と増量に関する心理的および生理学的データを、大会の2か月前



表4. 各測定ポイントにおける血液生化学データ

		1か月前	3日前	3日後	1か月後
AST (U/L)	全体	40.3 ± 25.6	35.2 ± 18.8	41.7 ± 27.1	27.5 ± 7.3
	全日本学生進出	46.6 ± 23.5	39.8 ± 19.5	54.3 ± 25.7	31.0 ± 7.0
	関東学生敗退	23.8 ± 7.9	31.6 ± 11.6	33.8 ± 16.2	26.8 ± 7.9
尿素窒素 (mg/dL)	全体	16.7 ± 1.1	18.0 ± 3.1	13.9 ± 2.5	14.6 ± 3.1
	全日本学生進出	18.5 ± 7.1	22.2 ± 6.1	16.7 ± 3.5	14.4 ± 3.9
	関東学生敗退	17.7 ± 3.4	17.7 ± 3.1	12.8 ± 0.5	16.2 ± 1.9
中性脂肪 (mg/dL)	全体	45.3 ± 15.2	46.4 ± 17.5	71.8 ± 25.3*†	71.1 ± 13.8*
	全日本学生進出	42.2 ± 12.5	39.4 ± 10.6	82.3 ± 30.2*†	62.7 ± 18.6
	関東学生敗退	48.4 ± 18.4	53.4 ± 21.3	63.4 ± 19.9	77.5 ± 5.1
T4 (μg/dL)	全体	7.6 ± 1.4	6.9 ± 1.2	7.0 ± 1.3	7.2 ± 0.6
	全日本学生進出	7.2 ± 1.3	6.9 ± 1.2	6.4 ± 1.1	7.5 ± 0.6
	関東学生敗退	8.0 ± 0.9	7.2 ± 1.1	7.5 ± 1.3	7.1 ± 0.7
T3 (ng/dL)	全体	93.0 ± 26.9	86.3 ± 19.4	96.0 ± 26.0	96.0 ± 16.9
	全日本学生進出	78.0 ± 25.7	67.4 ± 18.3	77.5 ± 29.5	89.0 ± 23.5
	関東学生敗退	103.4 ± 7.9	100.0 ± 12.4	111.4 ± 8.0	103.5 ± 3.4
テストステロン (ng/mL)	全体	5.5 ± 3.0	5.3 ± 2.4	6.3 ± 3.2	6.0 ± 2.6
	全日本学生進出	4.8 ± 3.4	3.5 ± 2.9	4.7 ± 3.8	6.6 ± 4.0
	関東学生敗退	4.9 ± 2.5	6.3 ± 0.6	6.7 ± 1.9	5.1 ± 0.4
リパーゼ (U/L)	全体	8.7 ± 3.4	9.7 ± 2.9	10.3 ± 3.8	10.0 ± 4.2
	全日本学生進出	9.4 ± 2.4	10.2 ± 2.5	17.5 ± 14.9	12.0 ± 3.5
	関東学生敗退	7.4 ± 3.6	8.8 ± 2.9	9.2 ± 2.9	7.8 ± 3.8
GH (ng/mL)	全体	2.2 ± 2.7	2.0 ± 1.8	3.6 ± 3.3	3.5 ± 6.3
	全日本学生進出	1.8 ± 1.2	2.6 ± 1.7	1.9 ± 2.2	6.5 ± 8.6
	関東学生敗退	3.2 ± 3.0	2.1 ± 1.9	4.0 ± 3.5	0.5 ± 0.4
IGF-1 (ng/mL)	全体	181.3 ± 46.8	163.8 ± 29.7	166.0 ± 23.8	227.3 ± 48.7
	全日本学生進出	173.4 ± 48.4	145.6 ± 37.5	178.6 ± 39.8	219.3 ± 58.5
	関東学生敗退	210.8 ± 43.0	188.4 ± 89.9	203.3 ± 71.9	259.3 ± 34.0
レプチン (ng/mL)	全体	3.3 ± 0.4	3.1 ± 0.3	3.2 ± 0.4	3.6 ± 0.9
	全日本学生進出	3.4 ± 0.4	3.2 ± 0.5	3.4 ± 0.4	4.6 ± 2.6
	関東学生敗退	3.1 ± 0.5	3.3 ± 1.2	4.4 ± 3.0	3.8 ± 0.8

全日本学生進出群 (n=5)、関東学生敗退群 (n=5)、AST: アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ、T3: トリヨードサイロニン、T4: サイロキシン、GH: 成長ホルモン、IGF-1: インスリン用成長因子、\*: vs 1か月前 p<0.05、†: vs 3日前 p<0.05、平均値±標準偏差

から2か月後の4か月間にわたって詳細に調査をした。その結果、測定項目ごとに以下のことが明らかとなった。

### 身体組成

被験者全体において体重、BMIおよび体脂肪率の有意な変化が見られた。骨格筋量はどの時期においても変化が見られなかったことから、減量においては骨格筋量を減らさずに体脂肪量を減少させ、身体組成を変化させることができていた。一方、増量期においては骨格筋量が増加していないにもかかわらず体重および体脂肪率がともに増加していたため、大会終了後の急激な体重増加は体脂肪率のみを顕著に増加させる危険性がある事が示唆された。また、全日本学生進出群は時期ごとに身体組成の顕著な変化が確認できたが、関東学生敗退群では体組成の変化が見られなかった。つまり、各時期によって身体組成を大きく変化させることができるか否かが、競技成績を左右する要因のひとつとして考えられる。

### 食事

被験者全体では、大会前と比較して大会後において、摂取エネルギーおよび脂質摂取量に有意な増加が見られた。これは大会が終わり厳しい食事制限から解放された結果、暴飲暴食を行うことが理由として考えられる。特に糖質、タンパク質と比べエネルギーの高い脂質を大量に摂取することで、総摂取カロリーも大幅に増加していることが分かった。しかし、総摂取エネルギーを競技力別に比較を行うと、関東学生敗退群では大会終了後に総摂取エネルギーの増加が見られた一方、全日本学生進出群では大会後も総摂取エネルギーの増加が見られなかった。これは、競技成績の高い選手は大幅な暴飲暴食を行わず、大会が終了した後も食事量を調節できていることが考えられる。後述する血液生化学データにおいて、大会終了後は急激に中性脂肪が増加していたことから、大会終了時の摂取エネルギーおよび脂質摂取量の増加は健康管理上の観点からも悪影響が大きいことがわかる。大会後の脂質を中心とした摂取エネルギーの増加をいかに制御できるかが、競技成績をわけるひとつの要因となるかもしれない。

### 睡眠

本研究では睡眠時の各種データを測定したが、いずれの項目にも有意な差は見られなかった。しかしこれは、本研究で用いたウェアラブルデバイスの装着アタッチメントが上手く機能せず、測定できた日とできなかった日が存在し、データを多く取得できなかったことが影響していると考察している。次回の測定では指先に装着するアタッチメントを利用して測定する予定である。ボディビルダーにおける減量および増量と睡眠に関する報告は存在しないため、方法などに改善を加えながら継続して測定していく。

### 心理状態

減量および増量時にかかる心理的ストレスは大きなものであると仮説を立て、心理アンケートを実施したが、予想に反して有意な変化が見られないという結果となった。また、競技成績の高い選手は心理的ストレスも低く、競技成績の低い選手は心理的ストレスが大きくなると予想していたが、こちらも有意な差は見られなかった。本研究では測定日の心理状態を測定当日に調査した。しかし、被験者の意見のひとつに「大会が終わった後に振り返ってみると、大会前は心理的に追い詰められていたかもしれない」と、後になって自身の心理状態の捉え方が変わるということがあった。したがって、次回測定時には全測定終了時に、各測定時期の心理状態を振り返る調査を行うことも考慮するべきであることが分かった。

### 血液生化学データ

本研究では筋肥大や体脂肪率の削減に重要と考えられる多くの項目を網羅的に測定したが、有意差が見られた結果は中性脂肪のみであった。大会後に反動的に摂取エネルギー、特に脂質摂取量が増えることにより、急激な中性脂肪の増加が見られたと考えられる。大会後に食事量を増やすことで筋肉量が増大しやすいという言説が競技者の間には存在する。しかし本研究の結果から、筋肉量よりも体脂肪量が増えやすいことがわかり、競技の観点はもちろん、健康管理の観点からも危惧される言説であると考察

した。他の筋肥大に関連する項目にも大きな変化が見られないことから、大会後のエネルギー摂取量増大および脂質摂取量増大は体脂肪のみを急激に増加させる危険性があるということを考慮して、大会後の過ごし方を計画すべきである。

### 唾液

コルチゾール分泌量はストレス反応の指標となるため、減量および増量において変化すると仮説を立てていたが、本研究では測定時期および競技力別で有意な差は見られなかった。唾液採取によるコルチゾール測定は簡便に実施できるというメリットがあるが、採血による検査の方が信頼性が高い。次回は項目を絞って解析を行うため、コルチゾールも血液検査において測定をする予定である。

### 腸内細菌叢

増減量の時期を通して腸内細菌叢の組成が変化することが明らかとなった。競技成績別の比較において、全日本学生進出群では測定時期による変化がみられた一方、関東学生敗退群では変化がみられなかった。つまり、高度な身体組成の変化には、腸内細菌叢の組成が関連している可能性がある。腸内細菌叢の組成は食生活、特に食物繊維に起因して変化すると報告されていることから (Martínez et al., 2015)、食物繊維摂取の調整が競技力に関与している可能性があり、摂取した食物繊維について詳細な検討を加えることが重要と考える。

### 3-7. 結論

減量終了後は脂質摂取量の過度な増加が見られ体重およびBMIは増加するが、筋肉量ではなく体脂肪量のみが顕著に増加した。また減量終了後、筋肥大に関連するホルモンなどの血液生化学的データに変化は見られない一方、中性脂肪は急激に増加していた。急激な体脂肪の蓄積や血液性状の悪化を防ぐためにも大会後の摂食行動には注意が必要である。また、競技力の高いボディビルダーは身体組成の変化に伴い腸内細菌叢の組成を柔軟に変化させている事が示唆された。

(文責：岡田 隆・八角卓克・三矢紘駆)

### 参考文献

- Ganson KT, Cunningham ML, Pila E, Rodgers RF, Murray SB, Nagata JM. "Bulking and cutting" among a national sample of Canadian adolescents and young adults. *Eat Weight Disord.* 2022 Dec;27(8):3759-3765. doi: 10.1007/s40519-022-01470-y. Epub 2022 Sep 9. PMID: 36085408; PMCID: PMC9462603.
- Mäestu J, Eliakim A, Jürimäe J, Valter I, Jürimäe T. Anabolic and catabolic hormones and energy balance of the male bodybuilders during the preparation for the competition. *J Strength Cond Res.* 2010 Apr;24(4):1074-81. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181cb6fd3. PMID: 20300017.
- Martínez I, Stegen JC, Maldonado-Gómez MX, Eren AM, Siba PM, Greenhill AR, Walter J. The gut microbiota of rural papua new guineans: composition, diversity patterns, and ecological processes. *Cell Rep.* 2015 Apr 28;11(4):527-38. doi: 10.1016/j.celrep.2015.03.049. Epub 2015 Apr 16. PMID: 25892234.
- Matthews JJ, Nicholas C. Extreme Rapid Weight Loss and Rapid Weight Gain Observed in UK Mixed Martial Arts Athletes Preparing for Competition. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2017 Apr;27(2):122-129. doi: 10.1123/ijsnem.2016-0174. Epub 2016 Oct 6. PMID: 27710145.
- RICKHAM PP. HUMAN EXPERIMENTATION. CODE OF ETHICS OF THE WORLD MEDICAL ASSOCIATION. DECLARATION OF HELSINKI. *Br Med J.* 1964 Jul 18;2(5402):177. doi: 10.1136/bmj.2.5402.177. PMID: 14150898; PMCID: PMC1816102.
- Rossow LM, Fukuda DH, Fahs CA, Loenneke JP, Stout JR. Natural bodybuilding competition preparation and recovery: a 12-month case study. *Int J Sports Physiol Perform.* 2013 Sep;8(5):582-92. doi: 10.1123/ijspp.8.5.582. Epub 2013 Feb 14. PMID: 23412685.
- Watanabe S, Kameoka S, Shinozaki NO, Kubo R, Nishida A, Kuriyama M, Takeda AK. A cross-sectional analysis from the Mykinso Cohort Study: establishing reference ranges for Japanese gut microbial indices. *Biosci Microbiota Food Health.* 2021;40(2):123-134. doi: 10.12938/bmfh.2020-038. Epub 2021 Feb 10. PMID: 33996369; PMCID: PMC8099632.