

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・西山哲成・大石健二・岡田 隆

プロジェクトの概要と2020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。2年目の本年度は、1. 陸上競技長距離選手、2. スピードスケート選手、3. バレーボール選手をそれぞれ対象とした。1では、トレーニング指標をモニタリングし、生化学的指標および競技記録との相互関係について検討を行った。2では、握力、垂直跳と主観的指標の推移から中枢性疲労および末梢性疲労を区別してコンディション評価する方法を検討した。3では、試合前後の口腔内局所免疫機能の変化を検証するとともに試合時の運動量と口腔内局所免疫機能との関係性を検討した。いずれも興味深い知見を得ることができた。いかに1~3のそれぞれの研究成果について詳報する。

1. 定期的な主観および客観的コンディションチェックを用いた望ましいコンディショニング方略の検討—男子長距離選手を対象として—

1-1. 目的

2019年度の研究プロジェクトでは、大学男子長距離選手を対象として、微量血液、唾液、尿中に含まれる様々な生化学的指標及びVAS法による主観的指標の定期的な測定によってコンディションを可視化することと、それらと長距離走の競技記録(10,000m, ハーフマラソン)との関係及び測定値の

相互関係について検討した。その結果、生化学的指標、VAS法による主観的指標の測定によって全体としての傾向、選手個々のコンディション及び競技成績との関係性のある程度評価することができた。しかし、昨年度は、実際のトレーニング指標(走行距離・トレーニング負荷など)を把握することができずコンディションとの関係性についての検討が課題として残った。そこで、2020年度はこれまでに測定した客観的指標に加えてトレーニング指標をモニタリングし、生化学的指標および競技記録との相互関係について検討し、長距離走のコンディショニングに関する知見を得ることを目的とした。

1-2. 対象者

対象は、大学男子長距離選手23名(年齢 21.4 ± 0.8 歳, 身長 169.2 ± 5.4 cm, 体重 56.0 ± 4.7 kg, 10,000m走記録 $29分17秒2 \pm 31秒2$)であった。23名は、箱根駅伝のエントリーメンバーを選考する選抜チームでトレーニングしていた選手であり、大学長距離選手としては、競技水準が高く均一な対象とみなすことができる対象であった。

1-3. 測定項目

生化学的指標は、微量採血によるd-ROMs(酸化ストレス)、BAP(抗酸化力)、潜在的抗酸化能(BAP/d-ROMs)(フリーラジカル解析装置FREECarrio DUO, ウィスマー社製)、CPK、LDH、GOT、GPT(スポットケムEZSP-4430N, アークレイ社製)、唾液中のコルチゾール、SIgA(唾液中ストレスマーカー分析装置(CubeReader), SOMA社製)、尿中の8-OHdG、インドキシル硫酸(からだチェック郵送

検査、ヘルスケアシステムズ社製)、唾液中の細菌数(細菌カウンタ,PHCホールディングス社製)を測定した。主観的なトレーニング・コンディショニング指標はコンディショニングアプリ(ONETAPSPORTS,ユーフォリア社製)を用いて毎日の主観的指標を記入した。主観的なトレーニング指標は、走行距離(ウォーミングアップ・クーリングダウンを含む)、VAS法による運動の負担度(0低い-100高い)、SessionRPE(運動時間×RPE)により算出したトレーニング負荷とした。トレーニング負荷を算出する際の運動時間は、ウォーミングアップ・クーリングダウン・筋力トレーニング等を含まない本練習のみの走行時間とした(Pustinaら,2017)。主観的なコンディショニング指標は、VAS法による全般的な体調(0悪い-100良い)および0.5時間単位での睡眠時間とした。対象者の競技パフォーマンスとして測定期間内に行われた10,000m走記録(秒)およびベスト記録に対する相対値(%自己ベスト)を指標とした。

1-4. 対象期間

生化学的指標は2020年11月12日および11月27日であり(図1)、どちらも15-17時の間に測定を行った。生化学的指標の測定時期を期分けすると、11月12日は試合期で10,000m競技会の2日前であり、11月27日は箱根駅伝に向けての鍛練期であった。また、主観的なトレーニング・コンディショニング指標に関しても同期間に測定した。

1-5. 統計処理

(1) 試合期における生化学的指標と主観的なトレーニング・コンディショニング指標、10,000m競技成績の相互関係、(2) 試合期-鍛練期における主観的なトレーニング・コンディショニング指標と生化学的指標の変化量の関係について検討するために、各測定項目間でPearsonの積率相関係数によって分析した。いずれも有意水準は5%未満とした。

1-3. 結果および考察

対象者

生化学的指標の測定を行った23名の中で毎日の主観的なトレーニング・コンディショニング指標を記入できた14名(年齢 21.5 ± 0.7 歳、身長 169.6 ± 5.6 cm、体重 56.0 ± 5.5 kg、10,000m走記録29分10秒 5 ± 30 秒4)を分析対象とした。11月14日に10,000mの競技会に出場した選手は14名中12名だったため、12名の生化学的指標および主観的なトレーニング・コンディショニング指標と競技成績の相互関係について検討した。また、その12名の中には、10,000mの試合に直近3年以上出場していない選手がいたため、%自己ベストの分析対象は11名とした。

生化学的指標と10,000m走記録の関係

d-ROMsと10,000m走記録、%自己ベストとの間にそれぞれ $r=0.597$ 、 -0.689 ($p < 0.05$: 図2,3)、潜在的抗酸化能と%自己ベストとの間に $r=0.725$ ($p <$

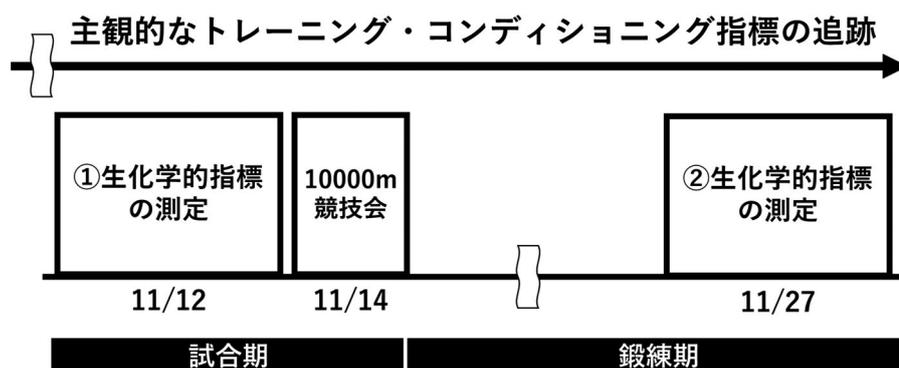


図1. 測定日程

0.05：図4)の有意な相関が認められた。d-ROMsが低い、潜在的抗酸化能が高い選手ほど2日後の10,000m走記録の相対値が良かったことが示唆され、他の測定項目と10,000m走記録の間に関係性は認められなかった。d-ROMsは酸化ストレス度(Iameleら, 2002)、d-ROMsとBAPの比である潜在的抗酸化能(BAP/d-ROMs)は、酸化ストレス防御系を包括的に評価する指標として用いられている(永田ら, 2008)。d-ROMsの基準値は、正常値:200-300、ボーダーライン:301-320、軽度の酸化ストレス:321-340、中程度の酸化ストレス:341-400、強度の酸化ストレス:401-500、かなり強度の酸化ストレス:501以上(関, 2009)、潜在的抗酸化能については、永田ら(2008)が示した日本人の健常者の値である7.541がアスリートにおいても目指すべき目標値とされている。%自己ベストが最も低かった選手

(98.2%)は、d-ROMsが324U.CARR、潜在的抗酸化能が5.64であり、関(2009)、永田ら(2008)が示す基準値よりも悪かった。特に、d-ROMsは、他の11名は320以下(ボーダーラインの上限)であった。昨年度の研究プロジェクトにおいても、本研究と同様にd-ROMsが低い選手ほど2日後のハーフマラソンの記録が良かったことを報告しているため、定期的な生化学的指標の測定は選手のコンディションチェックの指標として有用であることが推察される。

試合期の主観的なトレーニング・コンディショニング指標と生化学的指標の関係

測定直前1週間のVAS法による運動の負担度とコルチゾールの間に $r=0.534$ ($p < 0.05$: 図5)、全般的な体調とコルチゾールの間に $r=-0.550$ ($p < 0.05$: 図6)の有意な関係が認められた。VAS法における運動

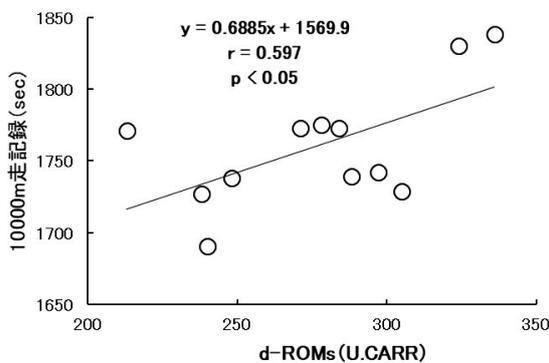


図2. d-ROMsと10,000m走記録の関係

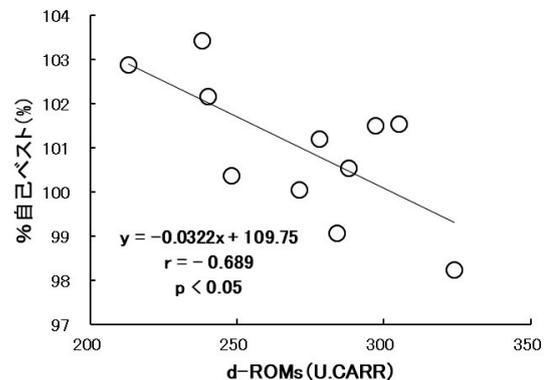


図3. d-ROMsと%自己ベストの関係

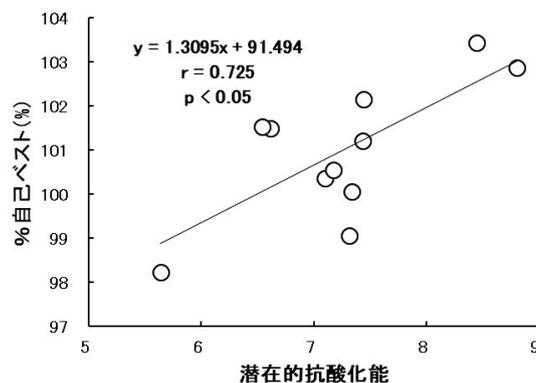


図4. 潜在的抗酸化能と%自己ベストの関係

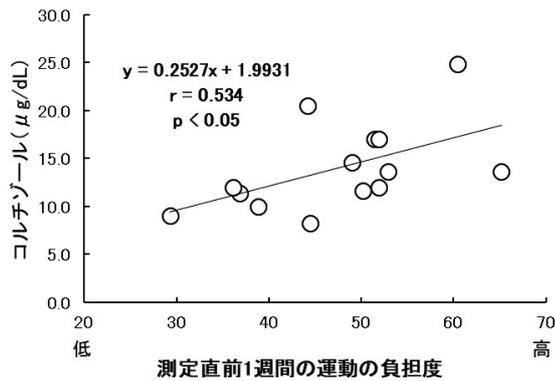


図5. 測定直前1週間の運動の負担度とコルチゾールの関係

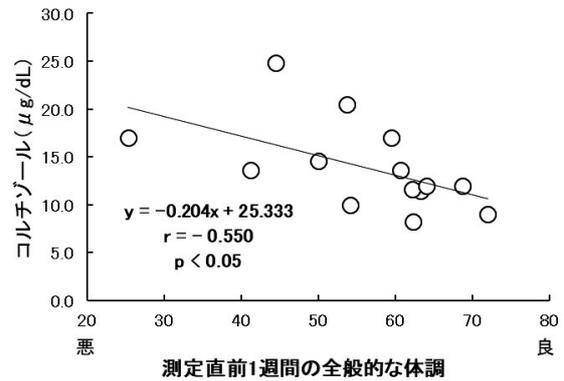


図6. 測定直前1週間の全般的な体調とコルチゾールの関係

の負担度が高い、全般的な体調が悪いと認識している選手ほどコルチゾールが高かった。コルチゾールは、副腎皮質で合成される糖質コルチコイド・ホルモンであり、精神的ストレスおよび一過性高強度運動ストレスなどによって増加する (Alix-Syら, 2007: Duclosら, 2008)。さらに、松生ら (2006) は、副腎皮質のストレス応答が同一の運動負荷に対しても必ずしも画一的にはならないとし、運動やストレスに伴う心理的・環境的要因などがストレス応答に大きく影響を及ぼしていると指摘している。したがって、本研究において、コルチゾールは選手の主観的なコンディショニング指標を反映する可能性があるため、VAS法による運動の負担度および全般的な体調と関連があることが推察される。以上のことから、比較的簡易的に測定できる唾液によるコルチゾール測定、VASによるトレーニング・コンディショニングチェックは重要である。

2週間における主観的なトレーニング・コンディショニング指標と生化学的指標の変化率との関係
試合期－鍛練期における2週間のトレーニング負荷とd-ROMsの変化率の間に $r=0.752$ ($p < 0.01$: 図7)、トレーニング負荷と潜在的抗酸化能の変化率との間に $r=-0.631$ ($p < 0.05$: 図8)の有意な相関が認められた。トレーニング負荷が高かった選手ほどd-ROMsが増加、潜在的抗酸化能が減少した。琉子ら (2014) は、本研究と同程度の競技レベルであることが推察できる箱根駅伝のエントリー選手を対

象に走行距離と様々なコンディショニング指標を追跡した結果、月間走行距離が多い選手ほどd-ROMsが高く、潜在的抗酸化能が低いことを報告している。持久系競技者のトレーニング負荷は内的負荷 (心拍数: HR, 血中乳酸濃度: Laなど) および外的負荷 (走行距離, 走速度など) によって決定される。長距離走において、走行距離はトレーニング評価の指標として有効であると考えられているが、トレーニング負荷の全般を把握できるものではない。対して、Session RPEは、運動時間 (外的負荷) とRPE (内的負荷) を乗算することでトレーニング負荷を推定する複合的な指標であるといわれている (Foster, 2001)。図7、8を見ると、2週間におけるトレーニング負荷が2712.0AU/週、3217.5AU/週と高い数値を示していた2名の選手はそれぞれd-ROMsの変化率が+32.8%、+59.6%、潜在的抗酸化能の変化率が-20.6%、-31.2%であった。他の12名の選手は2週間においてトレーニング負荷は2000AU/週以下であり、d-ROMsの変化率は+18%以下 (変化量+50U. CARR以下)、潜在的抗酸化能の変化率は-11.9%以上 (変化量-1.0以上) であったことから、トレーニング負荷の高かった2名のd-ROMsおよび潜在的抗酸化能の変化率がいかに大きかったか窺うことができる。以上の結果から、本研究における対象者においては、トレーニング負荷が2000AU/週以上になったときにd-ROMsが増加、潜在的抗酸化能が減少する可能性があるため、微量血液を測定することができない場合においては、トレーニング負荷を測定し、

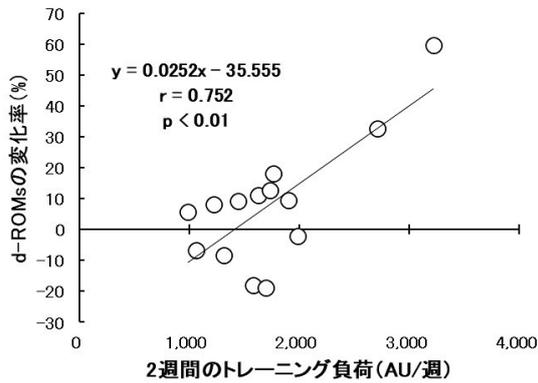


図7. 2週間のトレーニング負荷とd-ROMsの変化率の関係

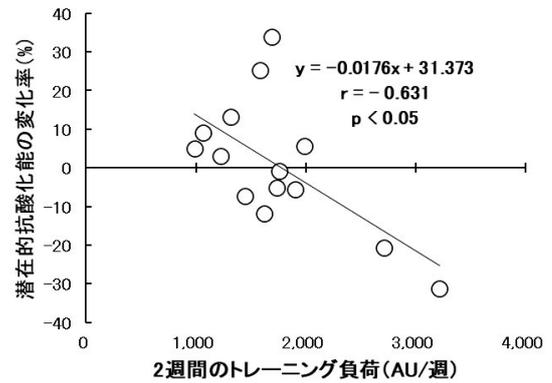


図8. 2週間のトレーニング負荷と潜在的抗酸化能の変化率の関係

コンディショニングの目安としても活用できることが推察される。

1-6. 今後の課題

今後の課題として、各指標において重回帰分析や主成分分析などから測定項目を精査すること、睡眠の質的・量的な分析を行いそれらとの関係性を明らかにすること (Fullagarら, 2015)、心理面の評価を行うこと (星川ら, 1995; kagetaら, 2016)、栄養調査とともに疲労回復の度を定量化することなどがあげられる。各指標の相互関係を究明するとともに対象者の個人差、特徴をより明確にできれば、個人にあった精度の高いコンディショニング法を提示できるものと考えられる。

(文責：杉田正明・中澤 翔・河村亜希・橋本 峻)

文献

Alix-Sy D, Le Scanff C, Filaire E. Psychophysiological responses in the pre-competition period in elite soccer players. *J Sports Sci Med*, 7(4): 446-454, 2008.

Duclos M, Gourarne C, Bonnemaïson D. Acute and chronic effects of exercise on tissue sensitivity to glucocorticoids. *J Appl Physiol*, 94:869-875, 2003.

Foster C, Florhaug JA, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin LA, Parker S, Doleshal P, Dodge C. A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res*, 15(1):109-115, 2001.

Fullagar HH, Skorski S, Duffield R, Hammes D, Coutts AJ, Meyer T. Sleep and athletic performance: the effects of sleep loss on exercise performance, and

physiological and cognitive responses to exercise. *Sports Med*, 45(2):161-186, 2015.

星川淳人, 鳥居俊, 小林康一. 女子マラソン選手における心理的コンディショニングと競技成績. *日本臨床スポーツ医学会誌*, 3(1):1-5, 1995.

Kageta T, Tsuchiya Y, Morishima T, Hasegawa Y, Sasaki H, Goto K. Influences of increased training volume on exercise performance, physiological and psychological parameters. *J Sports Med Phys Fitness*, 56(7-8):913-921, 2016.

Iamele L, Fiocchi R, Vernocchi A. Evaluation of an Automated Spectrophotometric Assay for Reactive Oxygen Metabolites in Serum. *Clin Chem Lab Med*, 40(7):673-676, 2002.

松生香里, 張秀敏, アルタ・ファマワティ, 東洋平, 菊地次郎, 永富良一. 高強度運動に対するストレス応答の再現性. *東北福祉大学感性福祉研究所年報*, 7:33-40, 2006.

永田勝太郎, 長谷川拓也, 広門靖正, 喜山克彦, 大槻千佳. 生活習慣病と酸化ストレス防御系. *日本心身医学*, 48(3):177-183, 2008.

Pustina AA, Sato K, Liu C, Kavanaugh AA, Sams ML, Liu J, Uptmore KD, Stone MH. Establishing a duration standard for the calculation of session rating of perceived exertion in NCAA division I men's soccer. *J Trainol*, 6(1):26-30, 2017.

流子友男, 小松崎禎行, 田中博史, 只隈伸也. 定期的な酸化ストレス測定は駅伝選手の有効なコンディショニング指標になる. *運動とスポーツの科学*, 20(1):31-39, 2014.

関泰一. d-ROMsテストによる酸化ストレス総合評価. *生物試料分析*, 32(4):301-306, 2009.

2. 末梢要因および中枢要因を区別したコンディショニング評価について—スピードスケート選手について

2-1. 目的

運動によって生じる疲労を運動性疲労と呼び、これは精神性疲労と区別されている。運動性疲労とは、運動に必要とされる力を発揮できない状態とも定義されている¹⁾。疲労が蓄積し、コンディションが低下した状態が続くと、パフォーマンス低下ばかりではなく慢性疲労状態（オーバートレーニング）に繋がる恐れがある。疲労は脳の疲労を含む「中枢性疲労」と筋肉の疲労を含む「末梢性疲労」とに分類される²⁾。実際、疲労に伴う発揮筋力の低下には、末梢性疲労のみならず中枢性疲労が関与していることが報告されている³⁾。このことから、運動性疲労は、中枢要因および末梢要因の2つが関わり生じると考えられる。

スポーツの競技現場において選手のコンディション状態を「中枢の疲労なのか」あるいは「末梢の疲労なのか」に分けて評価することができるとコーチングにおけるコンディショニングの質は高まると考えられる。しかしながら、スポーツ競技現場で中枢性疲労と末梢性疲労を区別して簡易的に測定できる指標は現状ではない。

体力測定などで採用される握力や垂直跳などの測定では筋力、筋パワーを最大発揮することが特徴である。筋疲労のない状態であれば、これらの最大筋力、パワーの低下は共同筋を支配する一次運動野か

ら脊髄運動ニューロンに至る皮質脊髄路での興奮性の低下が関連することが示唆されている⁴⁾。また先行研究においては中枢の脳神経細胞の活動低下と握力低下の関係が報告されている⁵⁾。一方で、垂直跳に着目し、疲労をモニタリングした研究では、トレーニング期間において跳躍高が低下することが示されている^{6,7)}。

客観的指標とともにコンディションを評価できる指標としてVisual Analog Scale (VAS) による主観的コンディションチェックが挙げられる。毎日のVAS法により選手のコンディションを把握し、良い競技パフォーマンスの獲得につながったことが報告されている⁸⁾。長期的なトレーニングの継続および高いパフォーマンス発揮のためには選手の主観的指標の把握は重要であり客観的指標と併せて調査する必要がある。

スピードスケートは下肢筋を選択的に使用する競技であり、氷上トレーニング期において上肢の疲労はあまり蓄積されないという競技特性がある。本研究はこの競技特性を利用して、上肢および下肢の筋力、筋パワー発揮の推移を観察することで、運動性疲労における中枢性要因および末梢性要因を区別してコンディション評価する方法について検討することを目的とした。

2-2. 方法

研究対象は本学学友会スケート部スピード部門に所属する男子長距離選手5名、女子短距離選手5名、女子長距離選手4名であった。

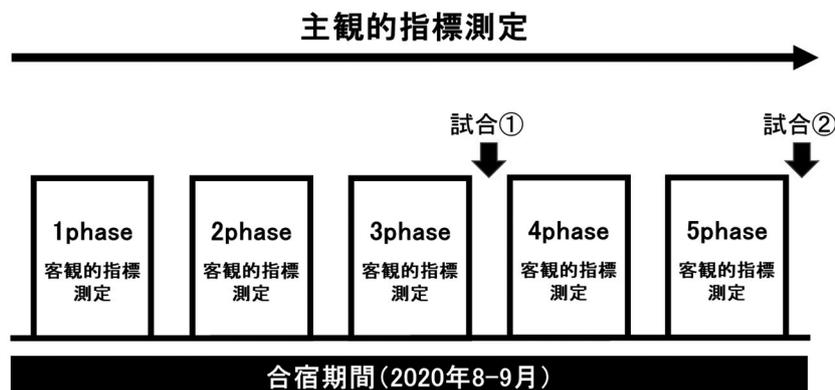


図9. 測定スケジュール

測定期間はインシーズン開幕（10月）前の2020年8月から9月までの鍛練期（合宿期間）とした。対象とする期間（5週）を、5phaseに分け、3phase、5phase目の直後に試合が行われた。対象期間に行われた試合の位置付けは、合宿期間中ということもあり、1試合目（3phase直後）はトレーニングによる疲労がある中で出場し、2試合目（5phase直後）はそれよりも良い感触が得られるように計画された（図9）。

測定項目については「客観的指標」として握力、垂直跳高を毎回のトレーニング直前に測定し、対象期間における最高値に対する相対値を求めた。「主観的指標」は、コンディショニングアプリ（ONETAP SPORTS、ユーフォリア社製）を用い、VAS法による全般的な体調、疲労感、心理的ストレス、練習意欲、上肢筋肉痛、下肢筋肉痛、前日の運動の負担度を記録項目とし、各選手が毎日記録した。

2-3. 統計処理

各群（男子長距離、女子短距離、女子長距離）と期間（Phase）要因を用いて反復測定二元配置分散分析および多重比較検定（Bonferroni法）を行った。また、客観的指標および主観的指標の測定項目間でPearsonの積率相関係数によって分析した。いずれも有意水準は5%未満とした。

2-3. 結果

女子短距離選手においては、握力が合宿期間の1phaseと4phaseの間に有意な低下を示したが（ $p < 0.05$, 図10）、垂直跳高については有意な低下は認められなかった（図11）。また、男女長距離選手においては握力、垂直跳高において対象期間を通して変化が認められなかった。主観的指標の「心理的ストレス」、「全般的な体調」においても対象期間を通して低下傾向を示したが個人差が大きく有意な変化は認められなかった（図12）。

「心理的ストレス」は握力との間に有意な相関関係（ $r = 0.352, p < 0.01$ ）を認めたが、垂直跳高との間には有意な関係は認められなかった（図13）。「全般的な体調」については、握力（ $r = 0.259, p < 0.05$ ）、および、垂直跳高（ $r = 0.281, p < 0.05$ ）との間に有意な相関関係が認められた（図14）。

2-4. 考察

疲労に伴う筋力および筋パワーの低下には、末梢性疲労のみならず中枢性疲労が関与しており³⁾、競技現場において、これら2つの疲労要因を区別したコンディショニング評価が実践できるようになれば、コーチングの質を高めることにつながる。本研究では中枢性疲労と末梢性疲労を区別してコンディショニング評価する方法について検討した。スピードスケート選手のシーズン前鍛練期（5週間）を対象として、中枢性疲労の指標として握力を、また、筋疲労を含む末梢と中枢性疲労を合わせた指標として垂直跳高を選び主観データと合わせて分析を行った。

対象期間内における握力は「心理的ストレス」「全般的な体調」の両指標との間に有意な相関関係を示し、一方、垂直跳高は「全般的な体調」と有意な関係を示し、「心理的ストレス」との間に相関関係は認められなかった。この結果は、我々が想定した通り、握力は中枢性疲労の指標、垂直跳高は末梢と中枢性疲労を合わせた疲労の指標となる可能性を示すものであった。これらの測定データを用いることで末梢、中枢性疲労を区別したコンディショニング評価を競技現場において実践できる可能性が示唆された。

また、これらの解釈に基づき本結果を評価してみると、図10、11に示した女子短距離選手において、鍛練期4phase目に握力低下が認められた一方、垂直跳高には変化が認められなかったことから、同時期には末梢性要因よりも中枢性要因による疲労の割合が高かった可能性が推察された。また、同時期の男女長距離選手では握力、垂直跳高のいずれにも有意な低下を認めなかったことから、グループの競技特性（運動強度など）を考慮したコンディショニング評価に応用できると考えられた。

コーチングの観点から、コンディション把握をする際には、個人を評価する必要性も高い⁹⁾。図15は女子短距離選手（A-E選手）を対象に、握力および垂直跳高の変化率（1-4phase間）を示している。個人別で見えていくと、A選手は握力には変化は見られなかったが、垂直跳高では大きな減少（-11.5%）を示しており、末梢性要因による疲労を窺うことができる。また、C選手およびD選手については、握力の

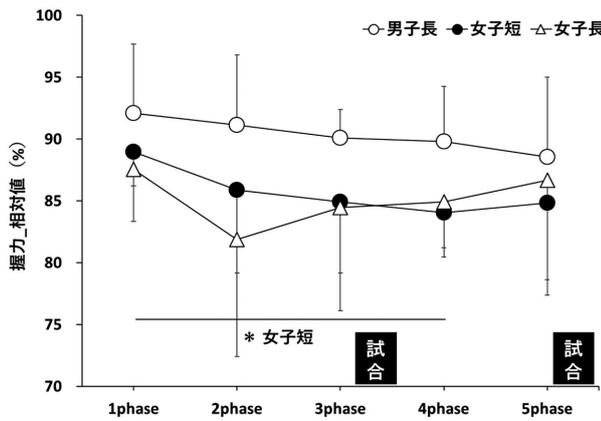


図10. 各群における握力の推移

* $p < 0.05$

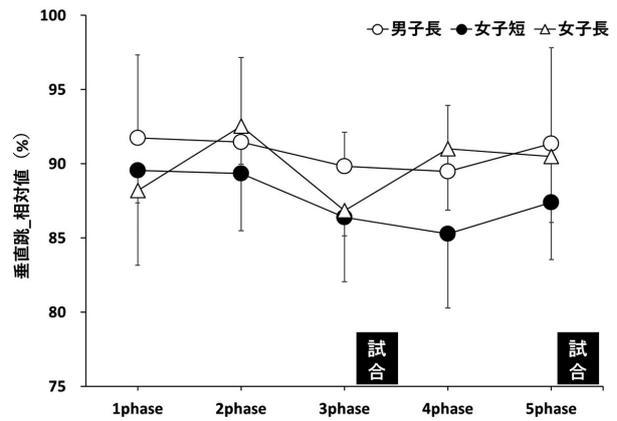


図11. 各群における垂直跳の推移

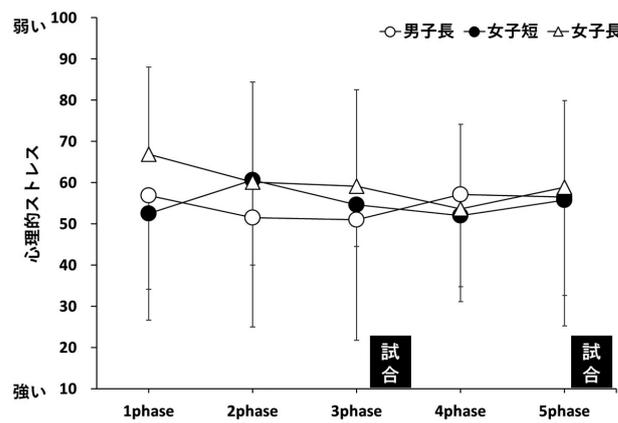


図12. 各群における心理的ストレスの推移

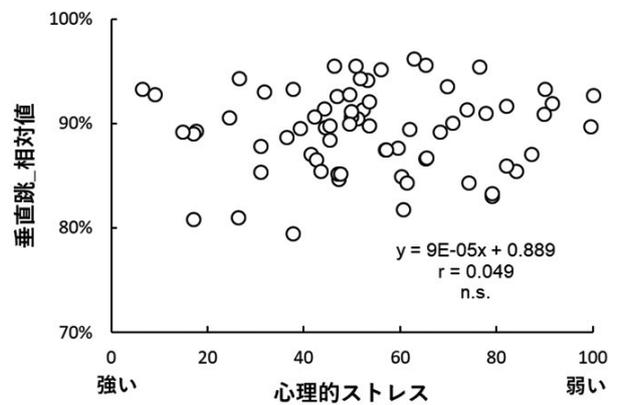
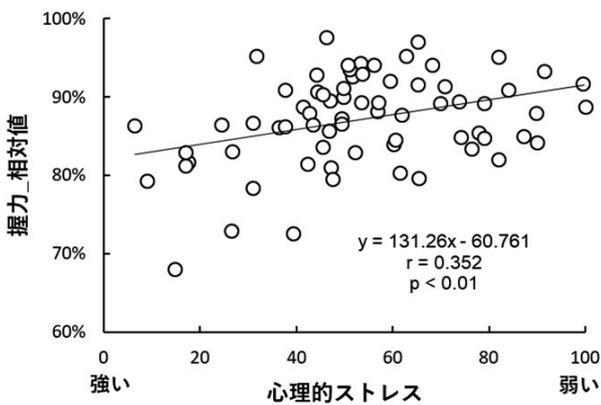


図13. 心理的ストレスと握力、垂直跳高の関係

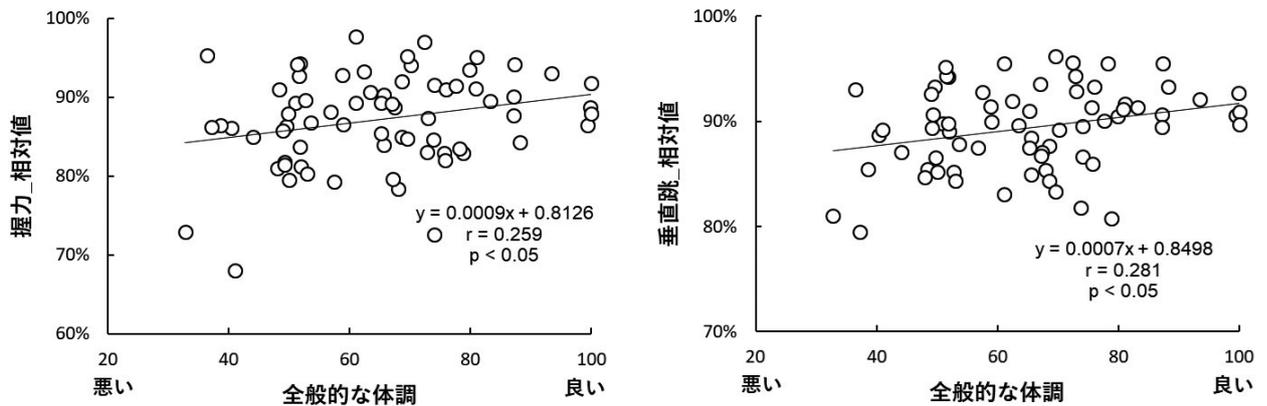


図14. 一般的な体調と握力、垂直跳高の関係

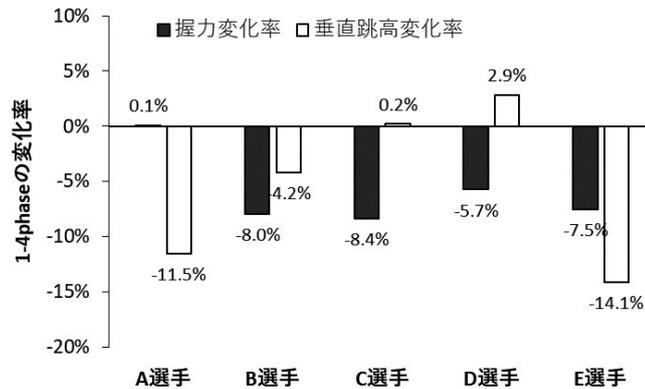


図15. 1-4phaseにおける女子短距離選手の握力、垂直跳高の変化率

低下が顕著であり中枢性疲労の影響が考えられた。合宿期間中のトレーニング負荷が高い期間にコルチゾールが増加したという報告もある¹⁰⁾。コルチゾールは、副腎皮質で合成される代表的な糖質コルチコイド・ホルモンであり、精神的ストレスや一過性高強度運動ストレスなどによって増加することから、本研究結果を支持するものとなる。今後の課題として、心拍変動や唾液等から得られる客観的指標を追加測定することでさらに有用なコンディショニング評価方法を提案できる可能性があると考えられた。

2-4. まとめ

スピードスケート選手を対象に、インシーズン前の鍛練期において、握力、垂直跳高と主観的指標の

推移から中枢性疲労および末梢性疲労を区別してコンディション評価する方法を検討した。その結果、次のことが明らかとなった。(1) 握力、垂直跳高、および主観的疲労のアンケートデータを継続して観察することにより中枢性及び末梢性疲労を区別してコンディション評価することができる。(2) 短距離、長距離選手などの種目別グループはもちろん、グループ内における個人のコンディション評価も可能である。(3) 本研究で実施した試みは指導現場において実践可能なコンディション評価の方法である。

(文責：西山哲成・青柳 徹・曾根良太・中澤 翔)

文献

- 1) Pootmans J and Jeanloz RW (1968) Quantitative

immunological determination of 12 plasma proteins excreted in human urine collected before and after exercise. *J Clin invest*, 47(2): 386-393.

- 2) 三浦豊彦 (1988) 現代労働衛生ハンドブック. 労働科学研究所出版. 神奈川: 1109-1111.
- 3) 矢部京之助 (1986) 疲労と体力の科学—健康づくりのための上手な疲れ方—. 講談社. 東京: 100-104.
- 4) Gandevia SC (2001) Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiol Rev*, 81: 1725-1789.
- 5) 久保山直己, 高元宗一郎 (2014) 近赤外線分光法を用いた中枢疲労測定における頭部皮膚血流の影響. *大阪商業大学論集*, 9(4): 89-96.
- 6) Rouglan LT, Raastad T and Borgesen A (2006) Neuromuscular fatigue and recovery in elite female handball players. *Scand J Med Sci Sports*, 16(4): 267-273.
- 7) Roe G, Darrall-Jones J, Till K, Phibbs P, Read D, Weakley J and Jones B (2017) To jump or cycle? Monitoring neuromuscular function in rugby union players. *Int J Sports Physiol Perform*, 12(5): 690-696.
- 8) 松村勲 (2009) 陸上競技女子長距離選手の体調確認の実践事例—VAS法の活用—, *スポーツパフォーマンス研究*, 1: 110-124.
- 9) 西山哲成, 青柳徹, 曾根良太, 中澤翔 (2020) 定期トレーニングデータを利用したコンディショニングおよびトレーニング方略の検討. 末梢要因および中枢要因を区別したコンディショニング評価について. *日本体育大学体育研究所雑誌*, 2019: 47-49.
- 10) 飯塚太郎, 大岩奈青, 舛田圭太 (2013) 心拍変動モニタリングによる一流スポーツ競技者の疲労評価に関する研究. *デサントスポーツ科学*, 35: 53-60.

3. 大学女子バレー選手を対象とした公式試合中における出場時間とジャンプパフォーマンスが口腔内局所免疫機能に及ぼす影響

3-1. 研究目的

大学生を対象とした球技系競技種目における公式戦(大会)は、総当たりによるリーグ戦による開催が多い。関東大学男女1部バレーボールリーグは、12大学により総当たりのリーグ戦にて大会が開催され、春季リーグは4月初旬から5月下旬、秋季リーグは9月初旬から11月初旬までが大会期間となる。そのため、選手・チームスタッフにとって大会期間となる約2ヵ月間におけるコンディション管理が大会で良いパフォーマンスを発揮するためにも重要な課題である。

コンディションの評価として口腔内局所免疫機能の変化を観察した報告が数多くある。特に、唾液中分泌型免疫グロブリンA(唾液中SIgA)の変化は、上気道感染症発症リスクの指標として多くの研究で用いられている。Freitas et al. (2016)は、公式戦前後には唾液中SIgAの減少が確認された一方で、模擬戦前後では変化が確認されなかったことを報告している。また、サッカーやバスケットボールなど高強度の断続的運動が多い種目における公式戦(1試合)後における口腔免疫機能の調査報告はあるが、バレーボール競技を対象とした口腔内局所免疫機能の報告は夏合宿を対象とした観察研究はあるがバレーボール競技特有のパフォーマンスの関連を検討した研究報告は確認できない。

そこで本研究は、大学女子バレーボール選手を対象とし、秋季関東大学バレーボールリーグ戦初戦における試合前後の口腔内局所免疫機能の変化を検証することとした。さらに、バレーボール競技の特性上、選手交代が自由に実施されるため、各選手の運動量を示す項目として試合出場時間に着目し試合出場時間やジャンプ回数と口腔内局所免疫機能との関係性に注目した。

3-2. 方法

3-2-1. 参加者

本研究参加者は、大学女子バレーボール部所属19選手とした。本研究参加者には、研究内容を説明した後、研究への参加の同意を得た。尚、本研究は日本体育大学ヒトを対象とした実験等に関する倫理委員会の承認を得て実施した（承認番号：第019-H080号）。

3-2-2. 対象試合

本研究は、新型コロナウイルス感染症の影響による2020年度秋季関東大学バレーボール女子1部リーグ戦代替試合を対象とした。

3-2-3. 口腔内局所免疫機能の測定方法

口腔内局所免疫機能は、唾液中SIgAを評価項目とした。各選手の唾液は、対象試合開始2時間前と試合終了後15分以内に採取した。唾液の採取にあたり、5分間の安静後、口腔内を蒸留水で十分にすすぎ、綿棒を含ませた後採取した。唾液から、酵素免疫測定法（Enzyme-linked immunosorbent assay；ELISA法）を用い唾液中SIgAの濃度を測定し、分泌速度を算出した。

3-2-4. 主観的コンディションの測定方法

主観的コンディション指標は、Visual Analog Scale (VAS)を用い、トータルコンディション、身体的ストレス、心理的ストレス、試合への緊張・不安、上半身の違和感、下半身の違和感の6項目とした。

3-2-5. パフォーマンス項目の測定方法

ジャンプ回数とジャンプ高は、3軸加速度計が内蔵されたVert Team System (Vert Coach, S&C corp.)を用い測定した。各ジャンプ高と体重からジャンプによる仕事量を算出した。また、1試合におけるジャンプによる仕事量を総和し総仕事量とした。また、試合出場時間は、撮影した動画を画像編集・分析ソフト(nacsport；株式会社ジェイ・エス)を用い選手がコートに入るタイミングとコートから出るタイミングをラベリングし各セットにおけるコート内の滞在した時間を出場時間(on court time)とした。

3-2-6. 統計分析

口腔内局所免疫機能と主観的なコンディショニングにおける試合前後における差の検討に、Mann-WhitneyのUの検定を用いた。また、唾液中SIgA分泌速度の変化率とパフォーマンス項目との関係は、スピアマンの順位相関を用いた。尚、統計分析はIBM SPSS Statistics Ver26 (IBM Corp)を用いて行い、有意水準は5%未満とした。

3-3. 結果

本研究参加者は大学女子バレーボール部所属19選手であるが、対象試合に出場しなかった8名を分析から除外した。秋季関東大学バレーボールリーグ戦代替試合の初戦前後における唾液量と唾液中SIgA濃度は11名中8名が減少した。また、唾液中SIgA分泌速度は、試合に出場した11名中7名が減少した。しかし、11名の平均値では、試合前後において統計学的有意な差は検出されなかった(表1)。

また、いずれの主観的コンディション指標においても試合前後において統計学的有意な差は検出されなかった(表1)。

さらに、唾液中SIgA分泌速度の変化率とパフォーマンス項目との相関分析においても、全ての2変量間に統計学的有意な関係性は検出されなかった(図16)。

3-4. 考察および今後の課題

Neville et al. (2008)は、唾液中SIgA分泌速度の減少率が30%を超えると上気道感染のリスクが高まると報告している。本研究において、11選手中7選手(63.6%)がバレーボール1試合の実施前後において唾液中SIgA分泌速度の減少が確認された。唾液中SIgA分泌速度の減少が確認された7名の内1名が上気道感染のリスクが高まると考えられている30%以上の減少率を示した。また、7名の内2名が25%以上を示し、1名が20%以上の減少率を示した。しかし、試合に参加した11名の試合前後における平均値には統計学的有意な差は検出されなかった。

Freitas et al. (2016)は、サッカー1試合の実施前後において唾液中SIgA分泌速度が減少したと報告しているが、Morerira et al. (2009)は、変化しなかった

表1. 対象者特性と各測定結果

対象者数 (n = 11)		試合前	試合後	p 値
対象者特性	年齢 (歳)	20.6 ± 1.6	-	-
	身長 (cm)	169.5 ± 7.1	-	-
	体重 (kg)	62.6 ± 6.9	-	-
主観的評価 (VAS)	トータルコンディション (mm)	77.4 ± 11.8	77.8 ± 18.1	0.316
	身体的ストレス (mm)	71.9 ± 13.3	59.9 ± 23.4	0.158
	心理的ストレス (mm)	72.0 ± 19.3	57.7 ± 23.4	0.135
	試合への緊張・不安 (mm)	49.3 ± 19.1	69.9 ± 28.7	0.063
	上半身の違和感 (mm)	69.8 ± 23.8	74.0 ± 23.8	0.720
	下半身の違和感 (mm)	71.0 ± 26.7	71.8 ± 26.7	0.943
唾液成分	唾液量 (mL/min)	1.66 ± 0.72	1.75 ± 0.75	0.777
	唾液中SIgA 濃度 (µg/mL)	27.1 ± 9.2	26.2 ± 10.3	0.820
	唾液中SIgA 分泌速度 (µg/min)	41.6 ± 18.0	43.5 ± 24.5	0.842
出場時間	1セット目 (秒) n=8	-	938.1 ± 408.9	-
	2セット目 (秒) n=8	-	1007.6 ± 379.8	-
	3セット目 (秒) n=10	-	855.6 ± 407.0	-
	1ゲーム (秒) n=11	-	2192.9 ± 1451.3	-
ジャンプパフォーマンス	回数 (回)	-	60.7 ± 34.8	-
	総仕事量 (Nm)	-	16556.8 ± 9841.3	-
	平均仕事量 (Nm ; Total work / Frequency)	-	262.7 ± 56.4	-

平均 ± 標準偏差

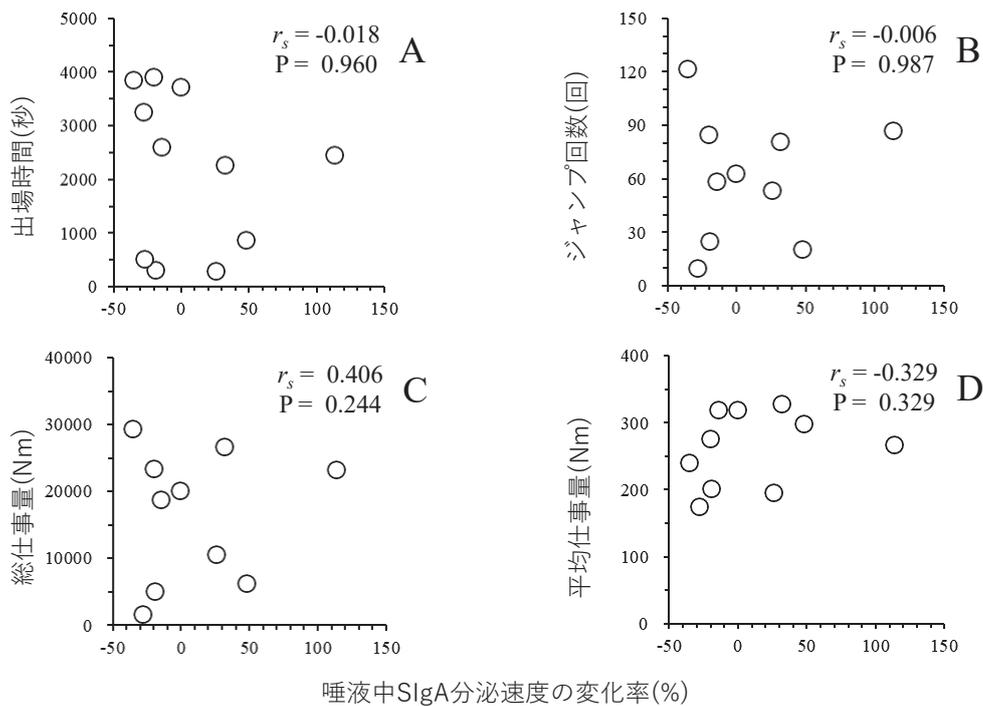


図16. 唾液中SIgA分泌速度の変化率と出場時間 (A)、ジャンプ回数 (B)、総仕事量 (C) と平均仕事量 (D) との関係

ことを報告している。独立行政法人国立健康・栄養研究所が発表している「身体活動のメッツ (METs) 表」においてサッカーの試合実施を10METsとし、バレーボールの試合実施を6METsと報告している。このように「身体活動のメッツ (METs) 表」から、サッカーの試合実施はバレーボール試合実施よりも1.5倍以上の高強度スポーツと捉えることができる。バレーボールよりも高強度なサッカーを対象にした研究においても1試合の実施前後において口腔内局所免疫機能の変化は一致した結果が示されていないことから、サッカーよりも低強度運動と考えられるバレーボールの1試合実施前後では本研究結果のように統計学的有意な差は検出されない可能性が高いと考えられる。しかし、上気道感染のリスクが高まると考えられる唾液中SIgA分泌速度の減少率が30%を超える選手が1名確認され、減少率30%に近似する2名の選手が確認されたことより、選手個人においては1試合毎にコンディション管理をする必要があると考える。

本研究は、総ジャンプ回数と試合出場時間が多い選手ほど口腔内局所免疫機能が低下すると仮説立てて実施した。しかし、本研究結果は仮説とは異なり唾液中SIgA分泌速度の変化率とジャンプ回数、仕事量、総仕事量、出場時間の4項目とも統計学的有意な関係性は検出されなかった。唾液中SIgA分泌速度の変化率とジャンプパフォーマンス変数の分析は、リベロとして出場した選手が試合中のジャンプ動作が確認されなかったこともありリベロ選手を除く10名のデータにて分析した。アウトサイドヒッター、ミドルブロッカー、セッター、リベロの4つポジションに分類した際、セッターの唾液中SIgA分泌速度の減少率が最大であった。唾液中SIgA分泌速度の減少率が最大であったセッターは、3セット目の途中まで選手交代なしに出場した。このセッターのジャンプ回数は、122回と最多であった。また、出場時間は、3852秒(64分12秒)と出場選手の中で2番に長い出場時間であった。セッターの次に唾液中SIgA分泌速度減少率が大きかったポジションはリベロであった。セッターもリベロもアウトサイドヒッターやミドルブロッカーとは異なり、1名で1試合を実施することが多い。そのため、他のポ

ジションの選手より運動様式だけでなく精神的ストレスも異なると考えられる。このようにポジション間による違いが2変量間の関係に影響を与えている可能性が高く、ポジションを考慮した分析が必要と考える。

今後の課題として以下の2つが考えられる。バレーボール選手の口腔内局所免疫機能は選手のポジションによる影響があり、個人間での差が大きく集団で評価するより個人の特性として評価することが重要と考える。つまり、バレーボール競技においてチーム全体としてではなく、選手個人に合わせたコンディション管理が重要と考える。試合や練習により口腔内局所免疫機能が著しく低下傾向を示す選手の早期確認が可能となれば、指導者はコンディション管理が必要な選手に対し重点的な実施を可能にすると考えられる。そのため、ポジション別の研究や簡易的な口腔内局所免疫機能評価方法の開発が今後の課題と考える。また、身体的な負荷が同等であると考えられる同一ポジションの選手間においても口腔内局所免疫機能の変化が異なる為、バレーボール選手の口腔内局所免疫機能は身体的ストレスより精神的ストレスに影響する可能性も考えられる。そのため、精神的ストレスを主要因と仮説立てた検証が今後の課題の1つと考える。

(文責：大石健二・曾根良太・根本研・山本健之)

参考文献

- Freitas C, Aoki MS, Arruda AFS, Franciscon C and Moreira A. 2016. Monitoring salivary immunoglobulin A responses to official and simulated matches in elite young soccer players. *J Hum Kinet* 53: 107-115.
- Heath GW, Ford ES, Craven TE, Macera CA, Jackson KL and Pate RR. 1991. Exercise and the incidence of upper respiratory tract infections. *Med Sci Sports Exerc* 23: 152-157.
- Koch AJ, Wherry AD, Petersen MC, Johnson JC, Stuart MK and Sexton WL. 2007. Salivary immunoglobulin A response to a collegiate rugby game. *J Strength Cond Res* 21: 86-90.
- Mahmoud I, Othman AAA, Abdelrasoul E, Stergiou P and Katz L. 2015. The reliability of a real time wearable sensing device to measure vertical jump. *Procedia Engineering* 112: 467-472.

- Moreira A, Arsati F, Cury PR, Franciscon C, Oliveira PR and Araujo VC. 2009. Salivary immunoglobulin a response to a match in top-level Brazilian soccer players. *J Strength Cond Res* 23: 1968–1973.
- Neville V, Gleeson M and Folland JP. 2008. Salivary IgA as a risk factor for upper respiratory infections in elite professional athletes. *Med Sci Sports Exerc* 40: 1228–1236.
- Sone R, Yamamoto K and Ohishi K. 2021. Effect of pre-season training camp on oral immune functions in elite collegiate volleyball players. *J Phys Fitness Sports Med* 10(2): 39–44.