

特集 ハイパフォーマンススポーツ・カンファレンス特別セミナー特集

レジリエントなアスリートサポートシステムの構築による 個別パフォーマンスの最適化

Individualized Performance Optimization through Developing Resilient Athlete Support System

壱倉花¹⁾, 山下大地¹⁾, Washif Jad Adrian²⁾, Laursen Paul^{3), 4)}, Rønnestad Bent⁵⁾,
Halson Shona⁶⁾, Pyne David⁷⁾, Solli Guro⁸⁾, 山岸卓樹¹⁾, Mujika Iñigo^{9), 10)},
Hana Tsubokura¹⁾, Daichi Yamashita¹⁾, Jad Adrian Washif²⁾, Paul Laursen^{3), 4)},
Bent Rønnestad⁵⁾, Shona Halson⁶⁾, David Pyne⁷⁾, Guro Solli⁸⁾,
Takaki Yamagishi¹⁾, Iñigo Mujika^{9), 10)}

キーワード：新型コロナウイルス感染症, 高強度インターバルトレーニング, リカバリー,
長期フォローアップ

I. はじめに

2023年2月15日～3月15日、日本スポーツ振興センター ハイパフォーマンススポーツセンター（HPSC）主催によるハイパフォーマンススポーツシンポジウム「レジリエントなアスリートサポートシステムの構築による個別パフォーマンスの最適化」がオンライン形式で開催された。本シンポジウムが実施された当時、日本では依然として新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の影響が続いており、同年5月8日にCOVID-19の感染症法上の分類が2類相当から5類に移行するまで、多くのアスリートはトレーニングの制限により、計画した強化活動に制限を受けていた。このような状況下では、限られた機会（時間や頻

度など）においても最大限の成果を引き出すためのトレーニングやリカバリー方法を深く理解することが重要であった。本シンポジウムは、最適なパフォーマンスを目指したトレーニングおよびコンディショニングに関する世界中の知識と見識を集めることを目的として企画された。まず「概要説明」と題して、著者（Iñigo Mujika）が各講演者の紹介と講演の概要について説明し、続いてそれぞれのトピックについて各講演者（著者）が解説した。各講演はおおよそ40分から60分の内容であったが、本稿は誌面の都合上、要約に留めている。詳細な内容については、引用文献を参照いただきたい。

¹⁾国立スポーツ科学センター, ²⁾National Sports Institute of Malaysia, ³⁾Athletica Inc., ⁴⁾HIIT Science Inc., ⁵⁾Inland Norway University of Applied Sciences, ⁶⁾Australian Catholic University, ⁷⁾University of Canberra, ⁸⁾Norwegian University of Science and Technology, ⁹⁾University of the Basque Country, ¹⁰⁾Universidad Finis Terrae

¹⁾Japan Institute of Sports Sciences, ²⁾National Sports Institute of Malaysia, ³⁾Athletica Inc., ⁴⁾HIIT Science Inc., ⁵⁾Inland Norway University of Applied Sciences, ⁶⁾Australian Catholic University, ⁷⁾University of Canberra, ⁸⁾Nord University, ⁹⁾University of the Basque Country, ¹⁰⁾Universidad Finis Terrae

E-mail : hana.tsubokura@jpnspor.go.jp

II. コロナ禍におけるエリートアスリートのトレーニングの実際 (Washif Jad Adrian)

COVID-19 によるロックダウンの影響で、フィットネスセンター、スポーツ施設、トレーニングセンターは閉鎖または利用が制限された。国内外の大会も延期または中止され、2020 年に開催予定であった東京オリンピック・パラリンピックも延期された。パンデミックはアスリートとコーチに前例のない挑戦をもたらした。そのような状況においてもエリートアスリートは競技パフォーマンスを向上させようと努力し、実際に競泳ではパフォーマンスが向上していたという報告もある⁷⁾。

我々は 111 名の様々な分野からなる研究者で国際的なコンソーシアム (Effects of Confinement on knowledge, Beliefs/Attitudes, and Training in Athletes; ECBATA project) を組織し、35 か国語でオンラインアンケートを実施した。ここでは 140 以上の国 の 12000 人以上の回答から、トレーニングに関する様々な制限や変化を明らかにした。本講演では、その成果の一つの論文⁴¹⁾を中心紹介する。

その大規模調査は、一般的なトレーニング施設が利用できない中で、身体のコンディションを維持することに最も重点が置かれていた。新しいトレーニング方法を考案する必要があり、ホームワークアウト、バーチャルトレーニングセッション等のエクササイズが一般的になった。さらに、メンタルヘルスやモチベーションの維持が重要な課題となり、心理的サポートや集中力を維持するための戦略が求められた。クラブレベルおよび国レベルで実施された対策にも焦点が当てられている。クラブやスポーツ機関は厳格な健康プロトコルを実施し、トレーニングスケジュールを適応させ、オンラインプラットフォームを利用してコーチングを行った。国のスポーツ機関はアスリートを支援するために政策を見直し、必要な情報やガイダンスを提供した。これらの対応は、競技力を維持し、アスリートの健康を守るために非常に重要であった。

パンデミックのような危機が生じた際、トレーニングは柔軟で革新的でなければならない。パンデミックの際は、包括的な緊急対策計画と変化に迅速に適応する高い能力が求められる。ロックダウンに関連したアスリートの課題は、以下の 5 つであった。

- 1) トレーニングの目的の変化：ほとんどのアスリートが 1 人で実施していた。競技トレーニングよりも一般的な健康を重要視した。

- 2) 施設とサポートの制限：利用可能なリソース（スペース、設備、施設、サポートチーム）が不足していた。しかし、世界レベルのアスリートはそうでないアスリートより多くのリソースを利用してトレーニングしていた。

- 3) 主なトレーニング変数：アスリートのトレーニング頻度、時間、強度、種類は大幅に減少した。

- 4) スポーツと性別の影響：道具に依存しない競技では競技トレーニングの維持が比較的容易だったが、道具に依存する競技やチーム競技は多大な影響を受けた。性別による差はわずかであった。

- 5) トレーニング以外の影響：試合がないことによるトレーニングへのモチベーションの維持とメンタルヘルスが低下した。

我々は将来に同様な状況が発生した際に備えなければならない。個人・チーム/組織単位ではトレーニング環境の準備や、場合によっては「バブル」トレーニングキャンプが実施可能な体制⁴⁰⁾、政府はトレーニングや大会を継続できる制度を整えることも重要である。

III. 高強度インターバルトレーニングの理論と応用—プログラミングパズルの最適解— (Laursen Paul)

本講演は 2013 年に Sports Medicine に掲載された 2 つの総説^{5),6)} と、それを基にして作成した書籍¹²⁾ とオンラインコース⁴⁾に基づいており、HIIT の科学的基盤を築くための重要な役割を果たしている。High-Intensity Interval Training (HIIT) とは、血中乳酸蓄積開始点 (OBLA) やクリティ

カルスピード/パワー以上の強度の運動を、休息を挟みながら繰り返し行うことである。HIITは時間効率性に優れ、呼吸循環系、代謝系、神経・筋系機能の向上に効果的である。

HIITは主に5つの形式がある。

- 1) ロングインターバル：比較的長い運動（>60秒）を、短い休憩を挟み繰り返し行う
- 2) ショートインターバル：①よりも短く（≤60秒）高い強度の運動を繰り返し行う
- 3) 反復ショートスプリント：全力で短いスプリント（≤10秒）を繰り返し行う
- 4) 反復ロングスプリント：全力で長いスプリント（>10秒）を繰り返し行う
- 5) スモールサイドゲーム（ゲーム形式のHIIT）

ただし、これらのHIITが全てではなく、創造的に解決策を講じる必要がある。コンテンツ（方法）を適用する前に、まずコンテキスト（背景）を知る必要がある。スポーツの特性を理解し、アスリートを知り、チームの戦術を知り、目標とする大会に向けた長期的な適応を考え、プログラムをデザインする。そうすることで初めて、日々のトレーニングの内容を設定することができる。

HIITセッションのターゲットは主に酸化系、解糖系、神経・筋系の動員の組み合わせを考える。HIITを実施する際には、主に10の変数（運動強度、運動時間、休息強度、休息時間、セットの時間、セットの数、セット間の休息時間、セット間の休息強度、セッション全体のボリューム、運動様式）を考慮する必要がある。その中でも特に運動強度と休息時間が重要であり、通常は最大パワー（スピード）と、最大持久性パワー（スピード）を計測し、その比率（Aerobic Power Reserve; APR またはAerobic Speed Reserve; ASR）を基にする。また、適切な回復期間を設けることで、身体が十分に回復し、次のトレーニングに備えることが可能となる。休息時の運動強度も重要であり、特に休憩時間が短い場合はパッシブリカバリーの方がアクティブリカバリーよりも疲労回復までの時間を長くすることができる⁸⁾。一方で最大限の呼吸循環系（酸化系）刺激を与えた場合、アクティブリ

カバリーの方が効果的である。

HIITの実践において、適切な負荷設定と回復の重要性を強調する必要があり、トレーニング負荷が過剰になると、外傷・障害や過労のリスクが高まるため、個々の体力レベルに応じた調整が必要となる。さらに、HIITは個々の目標やニーズに応じてカスタマイズできる柔軟性がある。スマートサイドゲームでは、コートの広さ、選手の数、ルールを変更することで、コンディショニングをしながら同時にスポーツに必要なスキルや戦術を身に着けることもできる。HIITは、適切に操作できれば様々な目的に応じたトレーニングプランを構築することができ、非常に有用である。

N. 持久性アスリートのための高強度インターバルトレーニングの最適化 (Rønnestad Bent)

本講演では、科学的根拠に基づく方法とプログラム設計の具体的データ・戦略を紹介した。これらの知見は、アスリートやコーチの高度な計画策定に資する重要な指針であり、Rønnestadらの書籍²⁶⁾に記載されている。まず、トレーニング強度が $\dot{V}O_{2\text{max}}$ の向上と正の相関があり、特に $\dot{V}O_{2\text{max}}$ の 90~100%付近の強度で最も顕著な効果が見られる⁴²⁾。また、 $\dot{V}O_{2\text{max}}$ の 90%以上の強度でのトレーニング時間が、持久性能力の向上に有効であるとされており^{6), 13), 36), 38)}、Thevenetらの研究³⁴⁾では、 $\dot{V}O_{2\text{max}}$ 付近の強度の運動時間が最も長い群が最大のトレーニング適応を達成したことが報告されている。しかし、これらの研究では、トレーニング中の $\dot{V}O_2$ は測定されておらず、トレーニング中における生体の反応とトレーニング適応との関連は明確ではなかった。

そこで、筆者らのチームは、平均 $\dot{V}O_{2\text{max}}$ が 67 ml/min/kg のサイクリストを対象にした研究を実施した²⁰⁾。この研究では、9週間にわたり週 2 ~ 3 回のインターバルセッションを行い、セッション毎に $\dot{V}O_2$ を測定した。22人のサイクリストが参加し、21のインターバルセッションを実施した。全てのインターバルセッションでの $\dot{V}O_2$ 測定は非常に大変な作業であったが、この研究か

らインターバルセッション中の $\dot{V}O_{2\max}$ に対する VO_2 の割合が非常に重要であることが示され、90% $\dot{V}O_{2\max}$ 以上の $\dot{V}O_2$ の時間が、インターバルセッションの質を示す良い基準だと考えられる。

次に、著者らの研究結果に基づき、高強度インターバルセッションを持久力向上のための効果的な方法として推奨している。特に、90% $\dot{V}O_{2\max}$ 以上でのトレーニング時間が長いほど、トレーニング効果が高まり、加えてこれらの高強度セッションの強度を調整することで、全体的なトレーニングプログラムの有効性がさらに向上することを確認している^{1), 25), 28), 39)}。

本講演では、持久系アスリートがトレーニングプログラムを設計する際の具体的なデータと戦略を提供し、科学的根拠に基づいた効率的なトレーニング方法を共有した。これらの知見は、アスリートやコーチが最先端のトレーニング計画を策定する際の重要な指針となるだろう。

V. 高強度インターバルトレーニング後のリカバリーと睡眠 (Halson Shona)

リカバリーにおける最も重要な要素は睡眠と休息であり、これがリカバリーピラミッドの基盤を成す³⁵⁾。その上に適切な栄養と水分補給が積み重なり、精神的および身体的リカバリーを支える。

さらに、能動的および受動的なリカバリー戦略についても詳しく説明していく。具体例として、水浴、コンプレッションウェア、アクティブリカバリー、ストレッチ、マッサージが挙げられる。これらは多くの科学的研究によって支持されており、リカバリーにおいても非常に効果的であるとされている。特に水中浸漬については多くのエビデンスがあり、その効果が認められている方法である。例えば最近発表された研究では、特にサッカーにおいて水中浸漬が非常に人気のあるリカバリー方法の1つとして挙げられており、他のリカバリー方法に比べてより頻繁に利用されている^{2), 9)}。その一方で、最新の技術を使用したリカバリー法、例えばクライオセラピーチャン

バーや赤外線機器等は、十分な科学的根拠が未だに確立されていない。多くのアスリートがエビデンスの少ないこれらの方法に飛びつく一方で、基本的なリカバリー戦略を軽視しがちであることが懸念される。

リカバリー戦略の選択については、科学的根拠に基づく方法を優先することが重要だと考える。特に基本的なリカバリー方法、つまり十分な睡眠と適切な栄養の重要性を再認識する必要がある。近年ウェアラブルデバイスにより睡眠の計測ができるようになっているが、現在のところ、睡眠時間を記録するのには優れているものの、睡眠の段階を識別するのに十分な精度は得られていない¹⁴⁾。最新の技術に頼りすぎることなく、科学的エビデンスに基づいた実践が推奨されている。

重要なことは、リカバリー戦略において基本に立ち返ることである。リカバリーの基礎となる睡眠と栄養を重視し、これに科学的根拠のある方法を追加することで、最適なリカバリーを実現することが可能となる。リカバリー戦略の選択においては流行や新しい技術に惑わされることなく、立証されている確実なエビデンスに基づく方法を採用することを強くお勧めしたい。

VI. エリートアスリートの長期的なフォローアップ: 教訓と応用 (Mujika Iñigo)

ここでは、エリートアスリートの長期間にわたるフォローアップから得られる教訓と、その応用方法について紹介する。これにより、スポーツ科学の文献から得られるエビデンスに基づいた情報を活用して、アスリートのトレーニングやパフォーマンスに役立てることが可能になる。このように、実践的なトレーニングの側面と科学的知見の双方から学ぶことで、相互にフィードバックを与えることが可能となる。

特に、長期計画や年間のピリオダイゼーション(トレーニングの期分け)、トレーニング強度の配分、持久性パフォーマンスのための筋力トレーニング、ピークパフォーマンスのためのテーパリング(トレーニング量を徐々に減少させる期間)、

高地トレーニングの有効性等、様々なトピックを取り上げた。

まず、「マグニフィセントスリー」と呼ぶ3名のアスリートを紹介したい。彼らは長期間にわたって指導してきた選手、Ainhoa Murua（バスケット出身のトライアスロン選手で、13年間指導し、オリンピックに4度出場した）¹⁵⁾、Eneko Llanos（同じくバスケット出身のトライアスロン選手で、10年間指導し、複数回世界チャンピオンになった）¹⁷⁾、そして Mireia Belmonte（スペイン競泳史上最高の選手で、リオオリンピックでは金メダルと銅メダルを獲得した）である^{16, 19)}。

長期計画については、アスリートのキャリアを通じて計画的にトレーニングを組み立てることが重要となり、不可欠である¹⁵⁾。年間のピリオダイゼーションについても、トレーニングのピリオダイゼーションによってシーズン全体を見据えた計画が立てられ、その中で適切な強度の配分や内容のトレーニングを行うことが重要である¹⁸⁾。そして狙った試合でピークパフォーマンスを引き出すためには、テーパリングも重要である。大会直前のトレーニング量を減少させることで、身体の回復を促し、最高の状態でパフォーマンスを発揮することができる³⁷⁾。さらに、直前でもう一度負荷を高める2段階テーパリング³⁷⁾や、さらに最後に負荷を減らす3段階テーパリング¹⁵⁾も有効だと考えられるが、選手の好みや状況に応じた、より実用的なアプローチを調整する必要がある。

また、持久性パフォーマンスのための筋力トレーニングについても紹介した^{3), 27)}。持久性トレーニングに加えて高重量の筋力トレーニングを取り入れることで、短期的にも長期的にも持久性パフォーマンスを向上させることが示されている。そして、試合期には筋力を維持することが重要である。

高地トレーニングについては、持久系エリートアスリートのための高地トレーニングのピリオダイゼーションについて紹介した¹⁹⁾。我々は、高地トレーニングに適応しないアスリートなど存在しないと主張しており、ピリオダイゼーション、

プログラミング、モニタリング全てを正しく行えば、誰もが高地トレーニングの恩恵を受けることができると考えている。

結論として、エリートアスリートの長期的なフォローアップを通じて得られる知見が、他のアスリートやコーチにとっても非常に有益であることを強調したい。実際のトレーニングや競技の経験を基にした実践的な知識と、スポーツ科学の最新の研究成果を統合することで、より効果的なトレーニングプログラムを構築し、アスリートのパフォーマンス向上に寄与することができる。

VII. 史上最高の冬季オリンピック選手からどのような知見を得たのか (Solli Guro)

著者 (Solli Guro) は元クロスカントリースキー選手であり、Marit Bjørgen（世界で最も成功した女性クロスカントリースキー選手）とナショナルチームに所属していた時期がある。著者は博士課程に進む際、Marit Bjørgen に、「彼女のトレーニングを研究することはできないか？」と尋ねた。彼女は快諾し、昔のトレーニング日記を全て共有してくれたため、18歳から38歳でクロスカントリースキーを引退するまでのトレーニングとテストのデータを分析することができた。そして著者は博士課程で、彼女のトレーニングを詳細に調査した研究を発表した^{30), 32), 33), 34)}。

全体として、最も成功したシーズンにおける年間のピリオダイゼーションは、伝統的なパターンで、低強度トレーニングを長時間行い、中強度トレーニングや筋力トレーニング、スピードトレーニングセッションを挟み、競技特異的な運動様式と非特異的な運動様式を同程度配分するという特徴があった³²⁾。そして、試合期に向けて徐々に、低強度セッションを短くし、より競技特異的な運動様式を多くし、高強度セッションを増やしていく。一方で、若いシニアの時代には、ブロックピリオダイゼーションを取り入れた時期もあった³³⁾。その効果はすぐに表れたが、その後はパフォーマンスの停滞も経験した³⁴⁾。

女性アスリートとして、Bjørgen は月経周期や

ホルモン避妊薬の使用による影響を考慮する必要があったが、周期関連の変化を経験しながらもトレーニングを調整しなかった。これは、ノルウェーのクロスカントリースキーヤーの約 50～70% が月経周期の影響を認識している一方、実際にトレーニングを調整する者は約 22% にとどまるとする報告³¹⁾ と一致している。その点において、Marit Bjørgen の妊娠期と産後のトレーニングの記録³⁰⁾ は重要な知見となる。Marit Bjørgen は、最も成功した 5 シーズンの直後に妊娠し、出産から 2 年後の世界選手権で 4 つの金メダルを獲得した。妊娠中は高強度トレーニングを中止し、筋力トレーニングも内容を変更したが、平均で週 14 時間（初期は 13 時間、中期は 18 時間、後期は 9 時間）と、高いトレーニング量を維持していた。この期間中、彼女は睡眠時間や疲労度に応じてトレーニング内容を調整し、トレーニングを継続できるよう工夫していた。出産後は非常に早期にトレーニングを再開（最初の 6 週は平均で 7 時間、7～12 週目は 14 時間、）したが、13 週目と 23 週目に仙骨の骨折を 2 度も経験した。そのため、プログレッションに遅れが見られたが、最終的には試合期に向けてトレーニングができた。また、授乳を止めた後は骨密度が上昇し、妊娠前とほとんど同じ値に戻った。これらの知見は、産後のアスリートが慎重なトレーニングプログレッションと骨強化戦略を必要とする結果となつた。

彼女の成功に関するその他の要素として、強い内発的動機づけが大きく影響していると考えられる。コーチやサポートチームは、彼女がトレーニングや試合に対して強い情熱を持っていたと指摘した。さらに、週平均 15 時間という驚異的なトレーニングを 18 年間続けることができたのは、彼女がキャリアを通して大きな病気や外傷・障害がなく、健康を維持する能力に非常に長けていたことが大きな要因であると考える。彼女のケーススタディは、エリートアスリートの長期的な成功の過程や、産後に復帰する際の重要な指針を提供しており、研究者、コーチ、アスリートの間で実

りある議論や考察を促進し、見識を高めることに貢献できるだろう。

VIII. アスリート支援強化システム推進によるパフォーマンスの個別最適化 (Pyne David)

本稿では、スポーツ科学分野におけるケーススタディの価値について、スポーツ科学的サポートについて、勝敗を分けるポイントに焦点を当てて紹介する。著者 (Pyne David) は International Journal of Sports Physiology and Performance の創刊から長年にわたり関わっている^{22), 23)}。その執筆要項¹⁰⁾ に書かれているが、ケーススタディは、流れの速いこの世界では短い論文である必要があり、研究者だけでなく、プラクティショナー、コーチが興味を持つものでなければならない。またケーススタディは、サンプル数は少ないが、新規性や特異性があり、実用的で興味深いことが必須である²¹⁾。

著者が競泳コーチである Vince Raleigh 氏と発表したケーススタディ²⁴⁾ を紹介する。当時我々は毎日のように共に活動しており、指導していた Brenton Rickard が 2009 年の男子 100 m 平泳ぎの世界選手権で金メダルを獲得した。そしてその準備についてケーススタディを執筆する機会を得た。著者は日々、プールサイドでトレーニングや測定のデータを取得し、リアルタイムでフィードバックしていたが、このケーススタディでは、2003～2009 年までの試合のパフォーマンスや形態のテスト、プールで行った生理学的テストの特徴について報告した。その詳細およびその他のケーススタディは書籍¹¹⁾ を参照いただきたい。

スポーツ科学的サポートについて、これはプロチームの場合もあれば国際機関の場合もある。それぞれに管理体制、役割と責任があるが、スポーツ科学者は、特に前向きな姿勢や献身的な姿勢が重要である。Salcicovic らは、様々な業界におけるチームのパフォーマンスに影響を与える要因について調べ、リーダーシップのスタイル、支援的な行動、コミュニケーション、パフォーマンスのフィードバックが重要だと結論づけた²⁹⁾。各分

野との協働において、著者のキャリアの初期には、multidisciplinary（集学的）という言葉がよく使われていた。分野が成熟するにつれ、様々な分野の研究者が協働し、interdisciplinary（学際的）なサポートが発展してきた。そして例えば週末の試合で発生した傷害について、チームメンバー全員を集めて検討するようになり、transdisciplinary（超学際的）なスポーツ科学的サポートの形が生まれてきた。このような超学際的研究は、コーチやアスリート、その他のサポートスタッフに最も大きな利益をもたらすだろう。したがって、自身のスポーツ科学的支援に超学際的な交流ができないかどうか考えてみるとよいだろう。

最後に哲学的なことであるが、勝敗を分けるポイントについては、アメリカの著名な投資家 Charles T. Munger の言葉が参考となる。このポイントは、「自分の知らないことを知ることは、優秀であることよりも役に立つ」ということである。我々は、アスリートを向上させるために自分が何をすべきなのかに重点を置いている。しかし、世の中には、私よりも才能があって優秀な人がいる。そこで、たまには一歩下がって考えてみることをお勧めする。我々が行っているのは、物事をより良くすることであり、文献や他人がしていることに従うだけではいけない。時間をかけてグループやチームに敬意を払い、チーム文化を学び、自分の役割やチームにとって何がベストなのか、具体的に知る必要がある。アスリートから何かを学び、スポーツ科学の世界から何かを学ぶのである。

IX. まとめ

本シンポジウムは、アスリートサポートの未来を見据え、科学的知見と実践的経験の融合を通じて、新たな可能性を探求する場となった。COVID-19 がもたらした未曾有の挑戦を背景に、限られた環境下でも成果を最大化するためのトレーニング、コンディショニング、リカバリーの新たな枠組みが議論された。

本シンポジウムの目的は、変化する環境や個々のアスリートの多様な背景に柔軟に対応するため

のレジリエントなシステムを、あらゆる側面に取り入れる必要性にあった。科学的な理論やエビデンスに基づく方法論を基盤としつつも、それを現場の具体的な状況に適応させる実践の重要性が繰り返し強調された。特に、パフォーマンス最適化に向けたアプローチは、トレーニング手法やリカバリー戦略だけでなく、アスリートの長期的なキャリアや個別の目標設定を包括的に支援する視点が提供された。

また、科学技術や新しいツールへの期待が高まる中、基本に立ち返る姿勢も重要である。睡眠や栄養などの基本的な健康管理を土台とし、個々のアスリートの特性やニーズに合わせた柔軟で実証的な支援が、最も効果的で持続可能な方法である。さらに、スポーツ科学が単独で完結するものではなく、コーチ、医療専門家、アスリート本人を含む多分野の協働を通じて初めて真価を發揮することが明確になった。学際的なアプローチがアスリートサポートの枠組みを進化させる鍵であるとともに、現場の声を反映した柔軟性のあるサポート体制の構築が強く求められる。

最後に、このシンポジウムによって、アスリートサポートの未来に向けた重要な指針を示唆することができた。単なる問題解決ではなく、未曾有の困難を契機に新たな発展の可能性を見出し、アスリートとそのサポートチームが共に歩むべき道筋を明確にする意義深い場であったといえる。この知見は、スポーツ界における持続可能な進化と、アスリート個々の成功とウェルビーイングを両立させるための基盤となるであろう。

文献

- 1) Almquist NW, Nygaard H, Vegge G, Hammarström D, Ellefsen S, Rønnestad BR. Systemic and muscular responses to effort-matched short intervals and long intervals in elite cyclists. *Scand J Med Sci Sports*, 30(7): 1140–1150, 2020.
- 2) Altarriba-Bartes A, Peña J, Vicens-Bordas J, Casals M, Peirau X, Calleja-González J. The use

of recovery strategies by Spanish first division soccer teams: A cross-sectional survey. *Phys Sportsmed*, 49(3): 297–307, 2021.

- 3) Berryman N, Mujika I, Arvisais D, Roubeix M, Binet C, Bosquet L. Strength training for middle- and long-distance performance: A meta-analysis. *Int J Sports Physiol Perform*, 13(1): 57–63, 2018.
- 4) Buchheit M, Laursen PB. Hiit science. <https://hiitscience.com/> (2024年11月25日)
- 5) Buchheit M, Laursen PB. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. Part II: Anaerobic energy, neuromuscular load and practical applications. *Sports Med*, 43(10): 927–954, 2013.
- 6) Buchheit M, Laursen PB. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: Cardiopulmonary emphasis. *Sports Med*, 43(5): 313–338, 2013.
- 7) Demarie S, Chirico E, Galvani C. Prediction and analysis of Tokyo Olympic Games swimming results: Impact of the COVID-19 pandemic on swimmers' performance. *Int J Environ Res Public Health*, 19(4): 2110, 2022.
- 8) Dupont G, Moalla W, Guinhouya C, Ahmaidi S, Berthoin S. Passive versus active recovery during high-intensity intermittent exercises. *Med Sci Sports Exerc*, 36(2): 302–308, 2004.
- 9) Field A, Harper LD, Chrismas BCR, Fowler PM, McCall A, Paul DJ, Chamari K, Taylor L. The use of recovery strategies in professional soccer: A worldwide survey. *Int J Sports Physiol Perform*, 16(12): 1804–1815, 2021.
- 10) International Journal of Sports Physiology and Performance. Author guideline. https://journals.humankinetics.com/view/journals/ijsspp/ijsspp-overview.xml?tab_body=author-guidelines#Authorship (November 25, 2024)
- 11) Lane AM, Godfrey RJ, Loosemore M, Whyte GP. Case studies in sport science and medicine. CreateSpace, 2014.
- 12) Laursen P, Buchheit M. Science and application of high-intensity interval training. *Human Kinetics*, 2019.
- 13) Midgley AW, McNaughton LR, Wilkinson M. Is there an optimal training intensity for enhancing the maximal oxygen uptake of distance runners? *Sports Med*, 36(2): 117–132, 2006.
- 14) Miller DJ, Sargent C, Roach GD. A validation of six wearable devices for estimating sleep, heart rate and heart rate variability in healthy adults. *Sensors (Basel)*, 22(16): 6317, 2022.
- 15) Mujika I. Olympic preparation of a world-class female triathlete. *Int J Sports Physiol Perform*, 9(4): 727–731, 2014.
- 16) Mujika I. Winning the BIG medals. *Int J Sports Physiol Perform*, 12(3): 273–274, 2017.
- 17) Mujika I. Case study: Long-term low-carbohydrate, high-fat diet impairs performance and subjective well-being in a world-class vegetarian long-distance triathlete. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 29(3): 339–344, 2019.
- 18) Mujika I, Chatard JC, Busso T, Geyssant A, Barale F, Lacoste L. Effects of training on performance in competitive swimming. *Can J Appl Physiol*, 20(4): 395–406, 1995.
- 19) Mujika I, Sharma AP, Stellingwerff T. Contemporary periodization of altitude training for elite endurance athletes: A narrative review. *Sports Med*, 49(11): 1651–1669, 2019.
- 20) Odden I, Nymoen L, Urianstad T, Kristoffersen M, Hammarström D, Hansen J, Mølmen KS, Rønnestad BR. The higher the fraction of maximal oxygen uptake is during interval training, the greater is the cycling performance gain. *Eur J Sport Sci*, 24(11): 1583–1596, 2024.
- 21) Pyne D. Case studies in IJSPP. *Int J Sports Physiol Perform*, 1(3): 193–194, 2006.
- 22) Pyne D. IJSPP: The first year. *Int J Sports Physiol Perform*, 2(1): 1–2, 2007.
- 23) Pyne D, Mujika I. IJSPP: The first three years and

beyond. *Int J Sports Physiol Perform*, 4(1): 1–2, 2009.

24) Pyne DB, Raleigh V. Physiological preparation of a world champion breaststroke swimmer. Lane AM Eds, *Case studies in sport science and medicine*. CreateSpace, 2014.

25) Rønnestad BR, Bakken TA, Thyli V, Hansen J, Ellefsen S, Hammarstrøm D. Increasing oxygen uptake in cross-country skiers by speed variation in work intervals. *Int J Sports Physiol Perform*, 17(3): 384–390, 2022.

26) Rønnestad, BR, Facundo A, Carles T. *Interval Training for Cycling: From Lab to Races*. Sport-training, 2024.

27) Rønnestad BR, Mujika I. Optimizing strength training for running and cycling endurance performance: A review. *Scand J Med Sci Sports*, 24(4): 603–612, 2014.

28) Rønnestad BR, Rømer T, Hansen J. Increasing oxygen uptake in well-trained cross-country skiers during work intervals with a fast start. *Int J Sports Physiol Perform*, 15(3): 383–389, 2020.

29) Salcinovic B, Drew M, Dijkstra P, Waddington G, Serpell BG. Factors influencing team performance: What can support teams in high-performance sport learn from other industries ? A systematic scoping review. *Sports Med Open*, 8(1): 25, 2022.

30) Solli GS, Sandbakk Ø. Training characteristics during pregnancy and postpartum in the world's most successful cross country skier. *Front Physiol*, 9: 595, 2018.

31) Solli GS, Sandbakk SB, Noordhof DA, Ihalainen JK, Sandbakk Ø. Changes in self-reported physical fitness, performance, and side effects across the phases of the menstrual cycle among competitive endurance athletes. *Int J Sports Physiol Perform*, 15(9): 1324–1333, 2020.

32) Solli GS, Tønnessen E, Sandbakk Ø. The training characteristics of the world's most successful female cross-country skier. *Front Physiol*, 8: 1069, 2017.

33) Solli GS, Tønnessen E, Sandbakk Ø. Block vs. Traditional periodization of HIT: Two different paths to success for the world's best cross-country skier. *Front Physiol*, 10: 375, 2019.

34) Solli GS, Tønnessen E, Sandbakk Ø. The multidisciplinary process leading to return from underperformance and sustainable success in the world's best cross-country skier. *Int J Sports Physiol Perform*, 15(5): 663–670, 2020.

35) Stephens JM, Halson SL. Recovery and Sleep. French D, Ronda LT 編, *Nsca's essentials of sport science*. Human Kinetics, pp.355–363, 2021.

36) Thevenet D, Tardieu-Berger M, Berthoin S, Prioux J. Influence of recovery mode (passive vs. active) on time spent at maximal oxygen uptake during an intermittent session in young and endurance-trained athletes. *Eur J Appl Physiol*, 99(2): 133–142, 2007.

37) Thomas L, Mujika I, Busso T. Computer simulations assessing the potential performance benefit of a final increase in training during pre-event taper. *J Strength Cond Res*, 23(6): 1729–1736, 2009.

38) Turnes T, de Aguiar RA, Cruz RSdO, Caputo F. Interval training in the boundaries of severe domain: Effects on aerobic parameters. *Eur J Appl Physiol*, 116(1): 161–169, 2016.

39) Urienstad T, Hamarsland H, Odden I, Lorentzen HC, Hammarstrøm D, Mølmen KS, Rønnestad BR. The higher oxygen consumption during multiple short intervals is sex-independent and not influenced by skeletal muscle characteristics in well-trained cyclists. *Eur J Sport Sci*, 24(11): 1614–1626, 2024.

40) Washif JA, Ammar A, Trabelsi K, Chamari K, Chong CSM, Mohd Kassim SFA, Lew PCF, Farooq A, Pyne DB, James C. Regression analysis of perceived stress among elite athletes from

changes in diet, routine and well-being: Effects of the COVID-19 lockdown and “bubble” training camps. *Int J Environ Res Public Health*, 19(1): 402, 2022.

41) Washif JA, Farooq A, Krug I, Pyne DB, Verhagen E, Taylor L, Wong DP, Mujika I, Cortis C, Haddad M, Ahmadian O, Al Jufaili M, Al-Horani RA, Al-Mohannadi AS, Aloui A, Ammar A, Arifi F, Aziz AR, Batuev M, Beaven CM, Beneke R, Bici A, Bishnoi P, Bogwasi L, Bok D, Boukhris O, Boullosa D, Bragazzi N, Brito J, Cartagena RPP, Chaouachi A, Cheung SS, Chtourou H, Cosma G, Debevec T, DeLang MD, Dellal A, Dönmez G, Driss T, Peña Duque JD, Eirale C, Elloumi M, Foster C, Franchini E, Fusco A, Galy O, Gastin PB, Gill N, Girard O, Gregov C, Halson S, Hammouda O, Hanzlíková I, Hassanmirzaei B, Haugen T, Hébert-Losier K, Muñoz Helú H, Herrera-Valenzuela T, Hettinga FJ, Holtzhausen L, Hue O, Dello Iacono A, Ihalainen JK, James C, Janse van Rensburg DC, Joseph S, Kamoun K, Khaled M, Khalladi K, Kim KJ, Kok L-Y, MacMillan L, Mataruna-Dos-Santos LJ, Matsunaga R, Memishi S, Millet GP, Moussa-Chamari I, Musa DI, Nguyen HMT, Nikolaidis PT, Owen A, Padulo J, Pagaduan JC, Perera NP, Pérez-Gómez J, Pillay L, Popa A, Pudasaini A, Rabbani A, Rahayu T, Romdhani M, Salamh P, Sarkar A-S, Schillinger A, Seiler S, Setyawati H, Shrestha N, Suraya F, Tabben M, Trabelsi K, Urhausen A, Valtonen M, Weber J, Whiteley R, Zrane A, Zerguini Y, Zmijewski P, Sandbakk Ø, Ben Saad H, Chamari K. Training during the COVID-19 lockdown: Knowledge, beliefs, and practices of 12, 526 athletes from 142 countries and six continents. *Sports Med*, 52(4): 933–948, 2022.

42) Wenger HA, Bell GJ. The interactions of intensity, frequency and duration of exercise training in altering cardiorespiratory fitness. *Sports Med*, 3(5): 346–356, 1986.

Appendix

Individualized Performance Optimization through Developing Resilient Athlete Support System

Hana Tsubokura¹⁾, Daichi Yamashita¹⁾, Jad Adrian Washif²⁾, Paul Laursen^{3), 4)},
Bent Rønnestad⁵⁾, Shona Halson⁶⁾, David Pyne⁷⁾, Guro Solli⁸⁾,
Takaki Yamagishi¹⁾, Iñigo Mujika^{9), 10)}

Keywords : COVID-19, high-intensity interval training, recovery, long-term follow-up

I . Introduction

From February 15 to March 15, 2023, the Japan High Performance Sports Center (JHPSC) hosted the High-Performance Sport Symposium titled “Individualized Performance Optimization Through Developing Resilient Athlete Support Systems” in an on-demand format. At that time, Japan was still grappling with the consequences of COVID-19, and athletes experienced training restrictions until May 8th when the disease severity was downgraded to the lowest category 5. Understanding training and recovery methods to maximize outcomes with limited opportunities was crucial. The symposium was designed to gather global knowledge and perspectives on training and conditioning strategies aimed at achieving optimal performance. It began with a session titled “General Introduction,” where the author (Iñigo Mujika) provided an overview of each speaker and their presentations. This was followed by a series of detailed lectures on respective topics. While each presentation lasted approximately 40 to 60 minutes, due to space limitations, this paper provides only a summary. Readers are encouraged to refer to the cited literature for more comprehensive details.

II . Training Practices of Elite Athletes during the COVID-19 Pandemic (Jad Adrian Washif)

COVID-19 lockdowns led to closures or restrictions of fitness and sports facilities, and training centers. Competitions were postponed or canceled, including the Tokyo Olympics and Paralympics. The pandemic posed unprecedented challenges to athletes and coaches. Despite this, elite athletes endeavored to improve performance; some reports indicate improved swimming performance⁷⁾.

An international consortium of 111 researchers (Effects of Confinement on knowledge, Beliefs/Attitudes, and Training in Athletes; ECBATA project) conducted an online survey in 35 languages, receiving over 12,000 responses from more than 140 countries. Various training restrictions and changes were identified⁴¹⁾.

The survey revealed that maintaining physical conditioning was prioritized when regular facilities were unavailable. Athletes devised new training methods, with home workouts and virtual sessions becoming common. Mental health and motivation became critical challenges, necessitating psychological support and strategies. Sports institutes and clubs implemented strict health protocols, adapted schedules, and utilized

¹⁾ Japan Institute of Sports Sciences, ²⁾National Sports Institute of Malaysia, ³⁾ Athletica Inc., ⁴⁾ HIIT Science Inc., ⁵⁾ Inland Norway University of Applied Sciences, ⁶⁾ Australian Catholic University, ⁷⁾ University of Canberra, ⁸⁾ Nord University, ⁹⁾ University of the Basque Country, ¹⁰⁾ Universidad Finis Terrae

online coaching. National sports federations and councils reviewed policies, providing information and guidance to support athletes. These measures were crucial in maintaining competitive ability and safeguarding health.

The pandemic highlighted the importance of flexibility and innovation in sports training during crises. Comprehensive emergency plans and rapid adaptability were required. Challenges faced during lockdown included:

- 1) Training focus shifted: Most trained individually, prioritizing general health over competitive training.
- 2) Facilities and support: Resources like space, equipment, and support teams were limited. World-class athletes had more access than others.
- 3) Key training variables: The frequency, duration, intensity, and type of training were substantially reduced or limited.
- 4) Sports and sex effects: Less equipment-dependent sports maintained training more easily, while equipment-dependent and team sports faced substantial challenges. Sex differences were small or trivial.
- 5) Non-training related impacts: Motivation declined due to lack of competitions, affecting mental health.

Preparing for similar future situations is essential. At individual and organizational levels, establishing training environments and “bubble” camps when necessary is important⁴⁰⁾. Governments should develop systems allowing training and competitions to continue.

III. The Science and Application of High-Intensity Interval Training (Paul Laursen)

This lecture is based on two review articles in Sports Medicine published in 2013^{5), 6)}, a subsequent book¹²⁾, and an online course⁴⁾, contributing significantly to the scientific foundation of High-Intensity In-

terval Training (HIIT). HIIT involves exercises at intensities above the onset of blood lactate accumulation or critical speed/power, repeated with rest intervals. It is time-efficient and effective in improving cardio-respiratory, metabolic, and neuromuscular functions.

HIIT mainly includes five formats:

- 1) Long Intervals: Repeating long exercises (>60 seconds) with short breaks.
- 2) Short Intervals: Repeating shorter (≤ 60 seconds), higher-intensity exercises.
- 3) Repeated Short Sprints: Repeated maximal sprints (≤ 10 seconds).
- 4) Repeated Long Sprints: Repeated maximal sprints (>10 seconds).
- 5) Small-Sided Games: Game-format HIIT.

Creative solutions beyond these formats are necessary. Understanding the context—sport characteristics, athlete profile, team tactics, long-term adaptations, and program design—is essential before applying methods. Only then can daily training content be effectively set.

HIIT sessions target combinations of oxidative, glycolytic, and neuromuscular recruitment. Nine variables need consideration: exercise intensity, duration, rest intensity, rest duration, set duration, number of sets, rest between sets, total volume, and exercise modality. Exercise intensity and rest duration are particularly important. Measuring maximal sprint power/speed and maximal aerobic power/speed, and their ratio (Anaerobic Power/Speed Reserve), informs training. Appropriate recovery allows sufficient preparation for subsequent training. Rest intensity is vital; with short, passive recovery can prolong time to exhaustion compared to active recovery⁸⁾. However, for maximal cardio-respiratory stimulation, active recovery is more effective.

Emphasizing appropriate load setting and recovery is crucial. Excessive loads increase injury and over-training risks; adjustments according to individual fitness levels are needed. HIIT offers flexibility to customize according to goals and needs. In small-sided

games, modifying court size, player numbers, and rules allows simultaneous conditioning and skill acquisition. Properly manipulated, HIIT is highly useful in constructing training plans for various objectives.

IV. Optimizing High-Intensity Interval Sessions for the Endurance Athlete (Bent Rønnestad)

This lecture provided specific data and strategies for designing training programs, sharing scientifically grounded methods. These insights offer important guidelines for athletes and coaches developing advanced training plans that can be found in the book of Rønnestad et al.²⁶⁾. Training intensity positively correlates with improvements in $\dot{V}O_{2\text{max}}$, especially at intensities around 90–100% $\dot{V}O_{2\text{max}}$ ⁴²⁾. Training time above 90 % $\dot{V}O_{2\text{max}}$ effectively enhances endurance capacity^{6), 13), 36), 38)}. Thevenet et al. (2007) found that groups with the longest time at $\dot{V}O_{2\text{max}}$ intensities achieved the greatest adaptations³⁴⁾. However, these studies did not measure $\dot{V}O_2$ during training, leaving the relationship between physiological responses and adaptations unclear.

Our research group conducted a study with cyclists averaging $\dot{V}O_{2\text{max}}$ of $67 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$, measuring $\dot{V}O_2$ during interval sessions over nine weeks²⁰⁾. Twenty-two cyclists performed 21 sessions, with $\dot{V}O_{2\text{max}}$ measured throughout. The study showed that the percentage of $\dot{V}O_2$ relative to $\dot{V}O_{2\text{max}}$ during sessions is crucial; time spent above 90% $\dot{V}O_{2\text{max}}$ is a good indicator of session quality.

Based on our findings, high-intensity interval sessions are effective for improving endurance performance. Longer training time at or above 90% $\dot{V}O_{2\text{max}}$ correlates with greater effects. Adjusting the intensity of these sessions can enhance the overall training program's effectiveness^{1), 25), 28), 39)}.

This lecture provided specific data and strategies for designing training programs, sharing scientifically grounded methods. These insights offer important guidelines for athletes and coaches developing ad-

vanced training plans.

V. Recovery and Sleep Following High-Intensity Interval Training (Shona Halson)

Sleep and downtime are the foundation of the recovery pyramid³⁵⁾. Proper nutrition and hydration then lay on this foundation.

Active and passive recovery strategies include water immersion, compression garments, active recovery, stretching, and massage. These methods are supported by substantial research and are effective. In particular, water immersion has robust evidence; studies show it is among the most popular recovery methods in sports like soccer^{2), 9)}. Conversely, methods using new technologies such as cryotherapy chambers and infrared devices lack sufficient evidence. It is concerning that athletes adopt these less-supported methods while overlooking fundamental strategies.

Prioritizing scientifically supported methods in recovery is imperative. Emphasizing basic strategies—sufficient sleep and proper nutrition—is necessary. While wearable devices now enable sleep measurement, they currently excel at recording duration but lack accuracy in identifying sleep stages¹⁴⁾. It is recommended not to over-rely on technology but to practice based on evidence.

Returning to basics in recovery strategies is key. By prioritizing foundational elements and incorporating evidence-based methods, optimal recovery can be achieved. In selecting strategies, it is advised to adopt methods based on solid evidence, without being swayed by trends or new technologies.

VI. Long-Term Follow-Up of Elite Athletes: Lessons and Applications (Iñigo Mujika)

This section introduces lessons from long-term follow-up of elite athletes and their applications. Utilizing evidence-based information from sports science literature aids training and performance. Learning from both practical training and scientific insights al-

lows mutual feedback.

Topics addressed include long-term planning, annual periodization, training intensity distribution, strength training for endurance, tapering for peak performance, and altitude training effectiveness.

Three athletes, the “Magnificent Three”, are introduced: Ainhoa Murua (Basque triathlete coached for 13 years, a four-time Olympian)¹⁵⁾, Eneko Llanos (Basque triathlete coached for 10 years, multiple World Champion)¹⁷⁾, and Mireia Belmonte (Spain’s greatest swimmer, winning gold and bronze at the Rio Olympics)^{16), 19)}.

Long-term planning involves systematically structuring training throughout an athlete’s career¹⁵⁾. Annual periodization allows season-wide planning with appropriate intensity distribution and content¹⁸⁾. Tapering is essential for peak performance; reducing training volume before competition allows optimal performance³⁷⁾. Two-phase tapering (increasing load before competition)³⁷⁾ and three-phase tapering (successively decreasing, increasing and decreasing load)¹⁵⁾ can be effective, but adjustments to suit athlete preferences are necessary.

Strength training for endurance involves incorporating high-load strength training alongside endurance training, improving performance both short-term and long-term^{3), 27)}. Maintaining strength during the competition season is crucial.

Regarding altitude training, periodization for elite endurance athletes was presented¹⁹⁾. We assert that athletes can adapt to altitude training; with correct periodization, programming, and monitoring, everyone can benefit.

In conclusion, knowledge from long-term athlete follow-up is highly beneficial for other athletes and coaches. Integrating practical knowledge with the latest research allows for more effective training programs, enhancing athlete performance.

VII. What Can We Learn from the Most Decorated Winter Olympian in History? (Guro Solli)

The author (Guro Solli), a former cross-country skier, was once on the national team with Marit Bjørgen—the world’s most successful female cross-country skier. During her doctoral studies, the author asked Bjørgen if she could research her training. Bjørgen agreed and shared all her training diaries, allowing the author to analyze her training and physiological test data from the age of 18 until her retirement at 38. This led to detailed studies of Bjørgen training practices^{30), 32), 33), 34)}.

In her most successful seasons, Bjørgen’s annual periodization followed a traditional pattern: extensive low-intensity training interspersed with moderate-intensity sessions, strength training, and speed workouts, equally dividing sport-specific and non-specific exercises³²⁾. As competitions approached, she shortened low-intensity sessions, increased sport-specific modalities, and added more high-intensity training. In her early senior years, she experimented with block periodization³³⁾. While this had immediate effects, she later experienced a performance plateau³⁴⁾.

As a female athlete, Bjørgen had to consider how her menstrual cycle and hormonal contraceptive use affected her training and competition. Although she experienced some cycle-related changes, she did not modify her training accordingly. This aligns with findings by Solli et al.³¹⁾, which indicate that while a substantial proportion of Norwegian cross-country skiers (≈50–70%) report that the menstrual cycle affects their training or performance, relatively few (≈22%) adjust their training on that basis. After her five most successful seasons, she became pregnant and won four gold medals at the World Championships two years after giving birth. During pregnancy, she stopped high-intensity training and modified strength training but maintained a high volume—averaging 14 hours per week (13 hours in the first trimester, 18 in the second, and 9 in the third)³⁰⁾. She adjusted training based

on sleep quality and fatigue to ensure continuity. Postpartum, Bjørgen resumed training early—averaging 7 hours per week in the first six weeks and 14 hours between weeks 7 and 12—but suffered sacral fractures in weeks 13 and 23. This delayed her progression, but she eventually prepared adequately for the competition season. After ceasing breastfeeding, her bone density increased, returning to near pre-pregnancy levels. These findings suggest that postpartum athletes require cautious training progression and bone-strengthening strategies.

Factors contributing to Bjørgen's success likely include strong intrinsic motivation. Coaches and support staff noted her deep passion for training and competition. Moreover, her ability to consistently average 15 training hours per week over 18 years is attributed to her exceptional capacity to stay healthy, free from major illnesses or injuries. Her case study provides crucial guidelines on the long-term success of elite athletes and considerations for returning to competition postpartum. It offers valuable insights for researchers, coaches, and athletes, fostering fruitful discussions and a deeper understanding of elite athletic performance.

VIII. Individualized Performance Optimization through Developing Resilient Athlete Support System (David Pyne)

This article discusses the value of case studies in sports science, the role of sports science support, and key factors that distinguish winning from losing. As someone involved with the International Journal of Sports Physiology and Performance (IJSPP) since its inception^{22), 23)}, the author (David Pyne) notes that, per IJSPP's author guidelines, case studies today need to be concise and engaging not only for researchers but also for practitioners and coaches. Despite small sample sizes, they must be novel, specific, practical, and interesting²¹⁾.

An example is a case study I published with swimming coach Vince Raleigh²⁴⁾. We worked together dai-

ly, coaching Brenton Rickard, who won gold in the men's 100 m breaststroke at the 2009 World Championships. We documented his preparation, collecting training and measurement data poolside and providing real-time feedback. The study reported on his performance from 2003 to 2009, morphological tests, and physiological assessments conducted in the pool. For details and other case studies, see the book in which I contributed some chapters¹¹⁾.

Sports science support can occur within professional teams or national organizations, each with its management structure, roles, and responsibilities. For sports scientists, a positive attitude and dedication are crucial. Salcinovic et al. identified leadership style, supportive behavior, communication, and performance feedback as key factors influencing team performance across industries²⁹⁾. Early in my career, "multidisciplinary" was a common term. As the field matured, "interdisciplinary" support evolved, with researchers collaborating across disciplines. Eventually, "transdisciplinary" sports science support emerged, where all team members collectively address issues like injuries from weekend games. Such transdisciplinary approaches likely offer the greatest benefits to coaches, athletes, and support staff. Consider integrating transdisciplinary interaction into your sports science support.

Lastly, on a philosophical note about what distinguishes winning from losing, consider the words of American investor Charles T. Munger: "Knowing what you don't know is more useful than being brilliant." We often focus on what we should do to improve athletes, but others may be more talented or brilliant. It's worthwhile to step back and reflect. Our aim is to make things better, not just follow literature or others. We must respect the group or team, learn the team culture, and understand our specific role and what is best for the team. We learn from athletes and from the world of sports science.

IX. Summary

This symposium served as a platform for envisioning the future of athlete support, exploring new possibilities by integrating scientific insights with practical field experience. Against the backdrop of unprecedented challenges brought on by COVID-19, participants discussed emerging frameworks in training, conditioning, and recovery designed to maximize outcomes even under limited and constrained circumstances.

The primary objective was to emphasize the need for incorporating resilient support systems capable of adapting to shifting environments and the diverse backgrounds of individual athletes. While firmly grounded in scientific theory and evidence-based methodologies, the importance of tailoring these approaches to real-world conditions was repeatedly underscored. In particular, strategies for performance optimization were presented not merely as discrete training or recovery methods, but as comprehensive support structures encompassing long-term career progression and individualized goal setting.

In an era of heightened expectations for new technologies and tools, the value of returning to fundamen-

tals was also highlighted. By anchoring support in the basics—such as quality sleep and balanced nutrition—and then flexibly adapting evidence-based practices to meet each athlete's unique characteristics and needs, the most effective and sustainable outcomes can be achieved. Moreover, it became clear that sports science does not exist in isolation. Instead, its true potential is realized through multidisciplinary collaboration among coaches, medical professionals, and athletes themselves. Such interdisciplinary approaches were identified as both the key to advancing the framework of athlete support and essential for building adaptive support systems informed by field-level perspectives.

Finally, this symposium provided important guidance for shaping the future of athlete support. Rather than merely addressing immediate problems, it offered an opportunity to discover new avenues for development prompted by unprecedented difficulties. By clarifying the path forward for athletes and their support teams, it established a meaningful foundation that could foster sustainable evolution in the sporting world, ensuring that the pursuit of athletic excellence goes hand-in-hand with individual well-being.