

Key Words【スピードスケート：speed skating、ピリオダイゼーション：periodization、傷害予防：injury prevention、筋力：strength、パワー：power、エネルギー供給機構の強化：energy system development】

# スピードスケート競技における ストレングストレーニングおよび強化

## Strength Training and Development in Competitive Speed Skating

Andrew Stuart,<sup>1,2</sup> M.S., CSCS, RSCC      Kristen C. Cochran-Snyman,<sup>3</sup> Ph.D., CSCS,\*D

<sup>1</sup>US Speedskating, Salt Lake City, Utah

<sup>2</sup>Physical Education and Sports, Charles University, Prague, Czech Republic

<sup>3</sup>Department of Health & Human Performance, Concordia University, Chicago, Illinois

### 要約

スピードスケートは、スキル、筋力、パワー、および運動容量を必要とするタイムトライアル系の競技である。この競技に固有の要求については、徹底したニーズ分析を行なって、身体的要求、潜在的な傷害、および適切な準備のためのピリオダイゼーションについて理解を深める必要がある。本稿では、短距離および中距離種目のスピードスケート選手における全般的な強化に焦点を当て、コーチ、選手、およびストレングス&コンディショニング専門職に、競技のバイオメカニクス、生理学、およびエネルギー供給機構に関する要求への理解を提供し、また、動作の反復によって発生しやすい傷害を明らかにする。

### はじめに

スピードスケートは、13世紀のオランダを起源とするユニークなスポーツである。オリンピックには、1924年のシャモニー冬季大会から採用された(24)。スピードスケートには、ロングトラック、ショートトラック、およびマラソンなど、複数の競技がある。本稿では、ロングトラックのスピードスケート、なかでも短距離(500 m、1,000 m)および中距離(1,500 m)種目の選手に焦点を当てる。ロングトラックスピードスケートは、タイムトライアル系の競技であり、選手同士の戦いというより、時間との戦いが求められる。時間との戦いとはいえ、レースは2人1組で行なわれるため、人間同士の競争の側面もある。競技距離は、短距離(500、1,000 m)、中距離(1,500 m)、および長距離(3,000 m、5,000 m、10,000 m)の3種目に分類される(24)。ワールドカップの諸大会は、北米、アジア、およびヨーロッパでシーズンごとに、ほぼ秋から冬を通して開催され、3月初めにシーズンが終了する。選手は各大会においてワールドカップのポイントやメダルの獲得を争うため、一

つひとつの大会が重要である。

スピードスケートは、競技特異的な環境やサーフェスからエネルギー供給機構の強化まで、他の競技と類似している面がある。ショートトラックは、スピードスケートでも異なる競技であるが、競技の距離、バイオメカニクスおよび生理学的側面、ならびにトレーニングにおいてロングトラックと共通している。また、アイスホッケーのような他の競技も、バイオメカニクス、エネルギー供給機構の強化、および潜在的な傷害といった側面においてスピードスケートと類似している。Koningsら(25)は2015年に、スピードスケート競技に関する大量の文献をレビューした。レビューでは1971～2014年に発表された文献を対象に、スピードスケート選手における形態学的、技術的、生理学的、戦術的、および心理学的な特性を調査した。この調査結果から、エリートレベルのスピードスケート選手は、滑走中の膝関節と体幹の角度が小さいことや、エリートレベルの選手においても、依然として、ペース戦略における最適なバランスの特定が性別を問わず求められていること、体脂肪

を1kg減らすと500mのパフォーマンスが0.12秒向上すること、また、心理学的な自己制御の実践について、エリートレベルの選手を対象にさらなる調査が必要であることなど、パフォーマンスに関するいくつかの重要な情報が得られた。これらの知見は、Hofmanら(23)が、ウィングテストが1,500mパフォーマンスの強力な予測因子であることを調査した直近の研究によって支持されている。現在のところ、このレビューと他のいくつかの研究を除き、ストレングスおよびパワートレーニングの分野において、スピードスケート競技をトピックに取り上げた研究は多くない。

この競技に関する文献は限られており、また、米国などの欧米諸国ではこの競技に触れる機会が少ないため、スピードスケート選手のトレーニングや指導はかなりの困難を伴う。また、競技に触れる機会が少ないと、ショートトラック、インラインスケート、およびアイスホッケーなど、他の類似競技からの転向も起こりにくい。そこで本稿は、短距離および中距離種目のスピードスケート選手における全般的な強化に焦点を当て、コーチ、選手、およびストレングス&コンディショニング(S&C)専門職に、競技のバイオメカニクス、生理学、およびエネルギー供給機構に関する要求への理解を提供し、また、競技において発生しやすい傷害を明らかにすることを目的とする。

### ニーズ分析

ニーズ分析は、特定の競技または種目において、特定のアスリート集団に対する重要な生理学および構成概念に関する要求を明らかにする方法である。徹底したニーズ分析によって、S&C専門職は、最適なパフォーマンスのための効果的な強化計画を作成することが可能となる。ニーズ分析を評価することで、専門職やコーチは、その競

技におけるバイオメカニクスおよび生理学的要求と、潜在的に発生しやすい傷害を特定することができる。当該の競技に可能なかぎり特化したニーズ分析を行なうことは、プログラム作成とアスリートの漸進的強化に向けた重要なステップとなる。以下に、スピードスケートの短距離および中距離種目(500~1,500m)の選手を対象としたニーズ分析の概要を示す。

### 動作分析

スピードスケート選手の主な目標は、競技距離の全体を通じて大きなパワー発揮を維持することである。スケートの動作においては、比較的高速で前進することで、目的の距離を滑走することができる。しかし、競技の各局面によって、パフォーマンスはわずかに異なる。これらの違いには、それぞれに固有の生体エネルギー要求、筋力とパワーの要件、および潜在的な傷害リスクが存在する。

レースのスタート局面は、陸上トラック種目のスタートに類似している(9,24,25)。選手はスタート直後から加速するため、最初に大きな力発揮と無酸素性運動を行なう。最初のスタート局面を終えると、ストロークは高速での膝関節伸展を伴う滑走動作へと移行していく。体幹は、スタート時のより垂直な直立姿勢から、より水平な姿勢へと徐々に変化し、標準的な体幹の角度は15°となる(2,6,12,40)。これにより、レースの第1コーナーでの加速に備えることが可能となる。

スタートを経てトラックの第1コーナーを抜けると、選手は波のような動作パターンを見せ始め、ストロークは滑走、プッシュオフ、および足の引きつけという3つの異なる局面に分かれる(2,6,12,24)。前方へ滑走する際、足を後方へ押し出すのでは十分な推進力を効果的に生み出すことができない。前方への推進力を得るには、滑走方向に

対して垂直にプッシュオフしなくてはならず、その結果、側方へのプッシュ動作が前方への動作パターンを生み出す(9)(図1)。両下肢でこのような循環運動が行なわれている間、空気抵抗による速度低下を抑えるため、選手の体幹の姿勢は水平に保たれる(6,12,31,43)。プッシュオフは、主に膝関節と股関節の伸展によって行なわれる。しかし、次のストロークへ移るためにスケート靴を持ち上げる際、股関節と膝関節は完全には伸展していない(9)(図2)。スピードスケートとアイスホッケーの選手はいずれも、プッシュオフ局面では後側方へ向かって加速動作を実施し、



図1 側方への押し出し



図2 足の引きつけへの移行

その動作に股関節の伸展筋群および外転筋群を用いる。そこから次の滑走局面へ移行する際には、股関節および膝関節の屈曲筋群と伸展筋群が共縮して、安定性とバランスを維持する(29)。

### ペース配分とエネルギー供給機構の要求

スピードスケート競技においては、大きなパワーを発揮し、維持するために、有酸素性と無酸素性の両方のエネルギー供給機構が使用される。有酸素性と無酸素性のエネルギー供給機構の寄与度は、競技距離によって異なる(9,18,19,22)。特に高いレベルの競技においては、競技の技術的要素のトレーニングを優先すべきであるが、これらのエネルギー供給機構の寄与度を理解することは、コーチがウェイトルームの内外における非技術的トレーニングを処方する上で役立つ。さらに、最大有酸素性能力およびクリティカルパワーテストといった選手の評価を実施することで、距離別の種目に関連したエネルギー供給機構の適応を確認することができる。

予想されるように、無酸素性エネルギー供給機構の寄与度は、500mや1,000mのような短距離においては比較的高く、そこから競技時間が長くなるにつれて低下する。短距離の500mおよび1,000mの場合、国際レベルにおいては、最初から全力を発揮する戦略が用いられており(9,10)、エリートレベルの男女における標準的な競技時間は33.6～71.6秒である。これらの短距離において、選手は競技距離が終わるまでに可能なかぎり多くのエネルギーを迅速に生み出すために、最初に大きなパワー発揮を必要とする(9-11,15,29,44)。500mおよび1,000mにおいては、無酸素性エネルギー供給機構の寄与度が約30～70%であるのに対し、1,500mにおいては、有酸素性エネルギー供給機構の寄与度が約30

～51%を占める(16,28,44)。500mのパフォーマンスと全身の無酸素性パワー( $r=0.818, p<0.001$ )、および跳躍高( $r=0.87, p<0.001$ )には強い相関があり、この種目における無酸素性エネルギー供給機構の寄与度が高いことを示している。

無酸素性エネルギー供給機構を主に用いる500mとは異なり、1,500mはすべての利用可能なエネルギー供給機構を必要とする。1,500mでは、エリートレベルの男女における標準的な競技時間が1分40～49秒となり、国際レベルの競技においては、最初の急加速に続いて減速が観察されることが明らかになっている(11,15)。最初の急加速と、それに続くコントロールされた減速は、レースの1周目におけるピークパワーの達成を可能にすることが示唆されている。このような戦略をとることで、選手は無酸素性の予備スピードと最大有酸素性パワーを用いて、レースの残りを完走できると考えられる(5,8,11,19)。

Fosterら(18)は、500～10,000mなどのスピードスケート競技や、1,000～4,000mなどの自転車競技に参加するアスリートが用いるペース戦略について、アスリートのパワー発揮能力の観測値を、確立された空気抵抗因子と組み合わせた定量的モデリングを用いて調査した。モデリングの結果、1,500m走の序盤においては、有酸素性エネルギー供給機構の寄与度が16%、無酸素性エネルギー供給機構の寄与度が84%を占めた。一方、シミュレーションの終盤においては、有酸素性エネルギー供給機構の寄与度が72%、無酸素性エネルギー供給機構の寄与度が28%であった。これはあくまでシミュレーションの結果であるが、実際の競技にみられる生理学的要求を反映している(18,19)。さらに、スピードスケートを直接対象としたデータは少ないが、自転車タイムトライアルを対象とした研

究では、多くの同じ協調動作、筋群、および競技距離が調査されており、スピードスケートの評価を進める上での基盤を提供している。ただし、スピードスケートに自転車競技の知見を当てはめるには限界があることから、スピードスケート選手を幅広く対象としたさらなる研究によって、ペース戦略およびエネルギー供給機構の利用について調査し、これらの隔たりを埋めることが求められる。

### 潜在的な傷害に関する考察

スピードスケートは、高度な協調が求められる技術的および戦術的スキル競技である。選手は、1/8インチ(約3mm)という薄さのブレードの上でバランスをとりながら、高速でパフォーマンスを行なう(27)。しかし、空気力学的姿勢をとる特性と、エリートレベルになるのに過酷なトレーニングを要することから、傷害の発生は珍しくない。ロングトラックのスピードスケートを対象とした文献は少ないが、ショートトラック選手を対象とした傷害研究は実施されている(33)。タイムトライアル系競技のロングトラックに対し、ショートトラック競技は集団で滑走するレースという点で異なるが、両者は、バイオメカニクス、生理学、およびトレーニングの側面において類似性が非常に高い。1999～2000年の競技シーズン中に報告された傷害111件のうち、特に多かったのは、膝、足関節、脊椎、下肢、および鼠径部の傷害である(33)。氷上および氷上外でのトレーニングにおける急性傷害が全体の60%近くを占め、競技活動からの離脱時間は、それぞれ平均 $14.8\pm 4.4$ 日および $10.8\pm 2.1$ 日であったのに対し、競技中の急性傷害は19%で、離脱時間は $34.3\pm 11.4$ 日であった(33)。また、氷上外でのトレーニング中に発生した傷害としては、足関節の捻挫(12.1%)、鼠径部の肉離れ(9.1%)、膝の傷害(33

%)、および脊椎の傷害(22.2%)などの報告が多かった(33)。同様の傷害は、アイスホッケーなど、バイオメカニクスの姿勢が類似している他の競技にも関連づけられている。Nightingale(30)によると、アイスホッケーにおいては、十字靭帯損傷などの膝関節の傷害、および鼠径部の肉離れが、競技および練習関連の傷害として最も多く発生している。この2つの競技は、バイオメカニクスの特性は異なるが、鼠径部、膝、および脊椎などにおける傷害の潜在的リスクは、ある程度重複している可能性がある。互いに関連性がみられるのは、おそらく、氷上および氷上外でのトレーニングや競技における腰椎の姿勢、膝関節および股関節のオーバーユースが共通しているためと考えられる。

傷害は、氷上での周回数の増加、陸上での静的活動の増加、自転車またはトレーニングキャンプ、および高強度のプライオメトリックスのセッションなど、トレーニング量の増加と前後して発生することが明らかになっている(33)。Quinnら(33)の研究における限界のひとつは、性別、年齢、バイオメカニクスのアライメント、関節弛緩性、筋力、柔軟性、コンディショニング、および最大速度能力といった内的な危険因子を考慮していない点である。この限界があるために、スピードスケート選手における傷害リスクを低減するため

の潜在的な解決策は示されていない。現場での実践および事例報告に基づく考察は、傷害リスクを低減する方法として、適切なウォームアップの奨励、準備段階での適切な量の蓄積、適切なコアの筋力と安定性の強化、股関節および膝関節の伸展筋力の向上、および軟部組織のモビライゼーションの実施を支持している。**表1**に、これらの潜在的な負荷の発生源と、関連する危険因子、およびトレーニングにおける留意点をまとめた。

### 形態学的特性

エリートレベルのスピードスケート選手の身長と体重は、男性が $178 \pm 7.6$  cmおよび $75.5 \pm 5.5$  kg、女性が $165.8 \pm 3.8$  cmおよび $62.3 \pm 5.8$  kgと、同じ年齢層の大学生の対照群と比べて平均的または標準的であることが、先行研究において示唆されている(39)。パフォーマンスの結果や発揮パワーは、形態学的特性とは関連していないとみられる(7,8,25)。しかし、スピードスケート選手は、一般の活動的な集団と比較して、下肢が短く、体幹が長い傾向がみられる(39)。また、スピードスケート選手は一般的に、全下肢長に対して大腿長が比較的短いことが先行研究で示されているが、ただしこれは、少数(n=5)の男子オールラウンド選手を対象とした調査のみの結果である(1)。また、エリートレベルのスピー

ドスケート選手は、400 m短距離走、マラソン、クロスカントリースキー、およびフィギュアスケートといった他競技の選手と比較して、大腿の筋群が非常に発達しており、総筋量の相対値( $p < 0.01$ )と絶対値( $p < 0.05$ )がともに有意に大きく(1,39)、このことは、スピードスケートの動作パターンにおいて、股関節および膝関節の伸展筋群が重要であることを示している。

身長と体重は全般的に、同じ年齢層の一般人の男女と比較して平均的であるが、女子スピードスケート選手は、男子選手と比較して体脂肪率が高いようである(40,45)。Van Ingen Schenauら(44)は、エネルギーフローモデルを用いて、体脂肪が1 kg減ると、500 mのタイムを0.12 秒短縮できると推定している。したがって、体脂肪率が他選手より低い女子選手は、スピード面で有利になる可能性がある。なお、除脂肪体重1 kg当たりで表した外的パワーの発揮には、男女で差はないとみられる(37,39,42,44,46)。

### テストバッテリーの提案

徹底したニーズ分析は、S&C専門職ならびにスポーツコーチに、競技特異的な動作パターン、発生しやすい傷害、および競技の生理学およびエネルギー供給機構に関する要求についての適切な情報をもたらす。スピードスケート選手のためのトレーニングプログラム

表1 スピードスケートにおける負荷の発生源、リスク因子、および実践上の留意点

トレーニング/量の発生源	潜在的な傷害	留意点
陸上での静的活動	膝蓋大腿関節傷害、腰痛	動的ストレッチングとコアの活性化を含む適切な動的ウォームアップのプロトコルの実施。
自転車/トレーニングキャンプ	腰痛、膝の違和感	キャンプ前の準備段階における適切な量の蓄積。コアおよび股関節/膝関節伸展筋群の適切な強化。
周回量の増加	腰痛	準備段階における適切な量とコンディショニングの蓄積。コアおよび股関節/膝関節伸展筋群の適切な強化。
高強度のプライオメトリックスセッション	膝蓋大腿関節傷害、腰痛	コアおよび股関節/膝関節伸展筋群の適切な強化。動的ストレッチングとコアの活性化を含む適切な動的ウォームアップのプロトコルの実施。選手のクールダウンとウォームアップに、フォームローラーなどのセルフ筋膜リリースを実施させる。

を適切に評価するためには、包括的なテストバッテリーを作成する必要がある。可能なかぎり、氷上と氷上外の両方で、スピードスケートのパフォーマンスと直接的に関連しているテストを含めるのが望ましい。しかし、先に述べたように、スピードスケート選手に関する情報は限られている。

スピードスケート競技に特異的で、かつ先行研究の知見に基づく範囲において、最も関連性の高い評価項目は、身体組成、下半身のパワー、下半身の筋力、無酸素性パワー、無酸素性能力、および有酸素性能力である。これらを検査する方法として、S&C専門職が実施するのに適したテストを選択した。テストの実施順は、疲労度の低いテスト(身体組成、ジャンプテストなど)から疲労度の高いテスト(無酸素性および有酸素性能力)へと順番に実施することを示している。パフォーマンスの向上に要する時間を考慮して、テストは1~2回のメゾサイクル(4~8週間)ごとに再評価する。スピードスケート競技には発表済みの基準データがないため、表2に示したパフォーマンスの数値は、先行研究のパフォーマンスと事例報告のパフォーマンスの両方を含んでいる。

## ストレングス&コンディショニングプログラムに関する考察

スピードスケート競技で成功を収めるには、薄いブレードの上でバランスをとりながら身体を推進させるのに必要な大きな力を生み出すために、高度に協調的な動作、筋力、およびパワーを備えていなければならない。スピードスケート選手のためのS&Cについては、これを直接考察した先行研究が存在する(21,27)。McCarthy(27)は、スピードスケート選手のトレーニングは、この競技を左右する2つの要素である、神経筋の適応と代謝の適応に分けるべきであるとの見解を示している。このアプローチを用いることで、様々な競技距離の要求に対応したS&Cプログラムを作成する方法を簡素化できる。

### 神経筋の適応

神経筋の適応は、筋力とパワーに関連する評価項目に単純化することができる。筋力については多くの研究がなされており、筋力の向上は、多くの身体能力とパフォーマンス能力の基礎となる特性であることが明らかになっている(41)。また自転車トラックレースなど、他のタイムトライアル系の

競技においては、最大筋力と爆発的パワーのトレーニングが、全体的なタイムトライアルパフォーマンスの向上に繋がること明らかにされている(13,36,42,43)。加えて、最大筋力と爆発的パワーのトレーニングは、酸素消費量を減少させ、最大有酸素性パワーにおける疲労困憊までの時間を延長し、また、80%  $\dot{V}O_2\max$ における疲労困憊までの自転車パフォーマンスを向上させる効果が期待できる(3,32,40)。

Dawesら(5)によると、パワーは筋力(力)とスピード(速度)を掛け合わせたものである。相対筋力を高めることで、スピードスケート選手の体重を動かすのに必要な力が最大筋力に占める割合が小さくなる。スピードスケート選手に処方できるパワートレーニング様式のひとつが、プライオメトリックトレーニングである。垂直跳びのパワーとスピードスケートのパフォーマンスは、正の相関関係にあることが研究で明らかになっている(26)。Liebermannら(26)によると、100mのタイムは、スピードスケートのスプリントパワーおよび垂直跳びのパワーと強い相関関係にあった( $r=0.870, p<0.001$ )。さらに、15mおよび100mのスプリントタイムは、スプリントパワ

表2 スピードスケートのテストバッテリー

評価項目	テスト	実施方法	順番	頻度	パフォーマンスの範囲
形態学的特性	7ヵ所の皮脂厚合計値	Santosら(35)	1	6~8週間ごと	女性: 30~50mm 男性: 50~90mm(35)
下半身パワー	カウンタームーブメントジャンプの跳躍高	Runnerら(34)	2	4~12週間ごと	0.49~0.60m
下半身筋力	1RMバックスクワット	Runnerら(34)	3	8~12週間ごと	1.5~2.1kg/kg
無酸素性パワー	ウィングート6秒間ピークパワーテスト	Hofmanら(23)	4	8~12週間ごと	男性: 16~21W/kg 女性: 13~17W/kg(22)
無酸素性能力	ウィングート30秒間無酸素性能力テスト	Hofmanら(23)	5	6~8週間ごと	男性: 9~11W/kg 女性: 7~9W/kg(22)
有酸素性能力	ビーブテスト	Delisle-houdeら(14)	6	8~12週間ごと	男性の $\dot{V}O_2\max$ : 57.2~62ml/kg/分 女性の $\dot{V}O_2\max$ : 52.2~54.9ml/kg/分(6,8,37)

一と逆相関関係にあり( $r = -0.818$  および  $r = -0.909, p < 0.001$ )、また、最終的な500mのタイムと強い相関関係にあった( $r = 0.972, p < 0.001$ )。プライオメトリックトレーニングは、ストレッチ-ショートニングサイクルを用いるものであり、スピードスケートに必要な力の立ち上がり率を向上させる効果が期待できる(5)。スピードスケートには、素早い力発揮が求められ、その結果、反応筋力が高められる。反応筋力の向上は、レースのスタート時などに素早く最大速度まで加速するのに必要な、水平および鉛直方向の力発揮能力を向上させることができる。したがって、プライオメトリックトレーニングを取り入れることは、スケートパフォーマンスの向上に繋がる有益な適応をもたらすと考えられる。

その他に、スピードスケートのトレーニングに有益であることが明らかになっているパワートレーニング様式は、スプリントである。Haugら(20)は、陸上スプリントがショートトラックのスピードスケートにおけるスタートに及ぼす影響について調査した。選手たちは4週間のトレーニングプロトコルに参加し、計9回のスプリントを、レップ間に最低2分の休息、セット間に3~5分の休息を挟んで実施した。介入前と介入後では、陸上と氷上スプリントにおけるスタートパフォーマンスの関連性が強まった(介入前： $r^2 = 0.66, p < 0.0001$ 、介入後： $r^2 = 0.88, p < 0.0002$ )。Haugらは、介入後に、スプリントのタイムが平均0.07秒短縮したことを明らかにした(20)。著者らは、パフォーマンスが向上したのは、その運動課題の向上が別の類似した運動課題の強化または向上によってもたらされたためである可能性が高いと考察している(20)。これらの関連性は、スピードスケート選手において筋力とパワーを強化する必要があることを示している。プライオメトリックスおよびス

プリントトレーニングは、スピードスケートの諸要素と相関関係にあることが明らかになっているが、さらなる研究によって、スピードスケート選手の筋力とパワーを強化する他の様式についても調査する必要がある。

### 代謝の適応

スピードスケート選手は、有酸素性および無酸素性の両エネルギー供給機構を様々に用いることで、異なる競技種目をこなす。成功を収めるためには、高強度で短時間のトレーニングと、低強度で長時間のトレーニングへの適応を強化する必要がある。筋力とパワーの向上プログラムを作成する場合と同様に、スピードスケート選手のコンディショニングプログラムにもピリオダイゼーションを取り入れ、競技パフォーマンスを成功に導くための最適な刺激を提供しなくてはならない。競技の要求への適切な適応をもたらすために、S&C専門職は、ストレングスおよびパワートレーニングと同じく、非技術的なトレーニングを通じて、すべてのエネルギー供給機構を順序立てて強化することに重点を置くべきである。例えば、移行期には、選手が過酷な競技とトレーニングから回復することが重要である。この段階では、有酸素性エネルギー供給機構を強化して、心臓血管系の適応を促し、より高強度の運動をこなすための基盤を構築することを目標とする。この段階に処方できる一般的なトレーニング様式は、ジョギング、自転車運動、インラインスケート、サーキットトレーニング、筋持久力トレーニング、およびトラックで行なうテンポ走などである。移行期に続く一般的な準備期には、有酸素性および非乳酸性コンディショニングの両方の強化に重点を移す。この段階に処方できるトレーニング様式は、スプリント/加速のメカニクス、ヒルまたは傾斜スプリント、レジスティッドスプリント、お

よびファルトレク走またはスケータリングなどである。

続いて特異的準備期に入るが、これは年間計画における転換期に当たる。ここでは、乳酸性トレーニングなど、より競技特異的な要求への取り組みが開始される。このようなトレーニングを実施することで、選手は乳酸を緩衝し、エネルギー源として利用する能力を高めることが可能となる。この段階に処方できるトレーニング様式は、インターバルトレーニング、氷上での競技特異的な持久系トレーニング、および氷上でのスピード持久力トレーニングである。**表3**に、短距離および中距離スピードスケート選手のための年間代謝トレーニングプログラムの例を示した。

### 現場への応用：スピードスケートのためのプログラム作成に関する考察

スピードスケート選手のトレーニングを作成する上で、ピリオダイゼーションは非常に重要な概念である。Cunananら(4)が説明するように、ピリオダイゼーションとは設計図のようなものであり、コーチはそれを基に、特定の体力特性の獲得および発揮に向けた時期を予測し、割り当てることができる。この定義を念頭に置いて、S&C専門職がとるべき最初のステップは、スピードスケート選手の年間計画を作成することである。これには、大小すべての競技会、トレーニングキャンプ、パフォーマンステストの日程、およびモニタリング/評価の日程を含めなければならない。それらを考慮した上で、年間計画を、一般的準備期、特異的準備期、試合期、ピーキング期、移行期、および積極的休養期といったマクロサイクルに分ける(**表4**)。これらの期は数ヶ月に及ぶこともある。

マクロサイクルが決定すると、マクロサイクル内の数週間を、さらにメゾサイクルに分けることができ、それら

は通常4～16週間に及ぶ(15,16)。メゾサイクルの目的は、最大筋力、パワー、無酸素性持久力、およびパワー持久力などのトレーニング目標を強化し、発揮できるようにすることである。各メゾサイクルのテーマが決定したら、そのトレーニングブロックの中で、適応、疲労の抑制、および潜在能力が最適化されるようにマイクロサイクルを組み合わせる事が非常に重要である(表4)。

我々は、順序立てたピリオダイゼーションのアプローチが、スピードスケ

ート選手にとって最も有利なトレーニング構造であると考え。それはこのモデルが、まず筋横断面積(mCSA)を増大させ、それが中枢効果の向上と力発揮能力の強化を引き起こし、そこからパワートレーニングを通じて神経系への効果がさらに高まる結果、発揮パワーが増大するという、各段階の増強効果をもたらすことが大きな理由である(15-17)。

トレーニングの一般的準備期においては、筋持久力の強化に重点を置く(表5)。このトレーニング段階のウェ

イトルームにおけるプログラムの目的は、mCSAの増大と、全体的な筋力の予備能力の向上に取り組むことである。mCSAの増大は、多くの量(セット数×レップ数)を60～80% 1RM強度でこなすことでもたらされる。これらの負荷設定は、mCSAに筋肥大の変化をもたらす、骨格筋線維における無酸素性エネルギーの産生に有利な代謝適応を引き起こすことが明らかになっている(38)。このトレーニングブロックで得られる効果は、氷上および氷上外での競技特異的トレーニングが、より高強

表3 スピードスケート選手における代謝の年間トレーニングプログラムの例

シーズンの各期	移行期	一般的準備期	特異的準備期	試合期
目標	有酸素性能力の向上	有酸素性パワーと無酸素性作業閾値	転換期	特異的持久力
競技特異的なトレーニング	テンポ走 心拍出量	閾値トレーニング、非乳酸性パワー、非乳酸性能力	乳酸性パワー、乳酸性能力	完走スプリント 競技会 競技シミュレーション テンポ走
例	サーキットトレーニング、テンポ走	ヒルスプリント、レジスティッドスプリント、ファルトレク	インターバルトレーニング、競技特異的持久力、スピード持久力	タイムトライアル、レースペースでの様々な競技距離および非競技距離

表4 スピードスケートにおける年間マクロサイクルの例

月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
シーズンの各期	一般的準備期				特異的準備期		試合前期		試合期			移行期
トレーニングの各段階	筋持久力、最大下筋力、パワー				最大筋力、筋力-スピード		筋力-スピード、最大筋力		スピード-筋力、筋力-スピード、最大下筋力			積極的回復
トレーニングの焦点	SE	SMS	MS	P	MS	ST/SP	ST/SP	ST/SP	SP/ST	SP/ST	SP/ST	AR
期間(負荷をかける週/かけない週)	2～3 /1	2～4 /1	2～4 /1	2～3 /1	2～4 /1	2～3 /1	2～3 /1	2～3 /1	—	—	—	2～3 /1

AR=積極的回復、MS=最大筋力、P=パワー、SE=筋持久力、SMS=最大下筋力、ST/SP=筋力-スピード、SP/ST=スピード-筋力

表5 一般的準備期：筋持久力サイクルの例

順番	エクササイズ	セット数	レップ数/持続時間	% 1RM	休息时间
テクニック/スキル	スライドボード	1～2	7～10秒で 5～6回	N/A	2～5分
1	バックスクワット	3～5	8～10	50～85%	2～5分
2	クリーンプルtoニーまたは床からのクリーンプル	6	5	70～85%	2～5分
3	プッシュプレス	3	8～10	50～85%	2～5分
4	バーベルステップアップ	3	8～10	50～85%	2～5分
5	コアスタビリティ	3	10	N/A	30～90秒

セッションの目的は、高強度のストレンクスおよびパワートレーニングを実施するための生理学的適応を向上させること。テクニック/スキルトレーニングとリフティングセッションは、適切な回復を確保するため、最低3～4時間の間隔を空ける。

度で、なおかつ通常はより長時間にわたり、スピードスケートの競技姿勢を用いて実施されるのに備えて、無酸素性能力の向上を通じてそれに対応できるように、選手の準備を整える上で非常に重要である。またこのブロックは、以降のトレーニングブロックにおいて最大筋力およびパワーを強化するための基盤となる要素をもたらす。

特異的準備期においては、先の一般的な準備期のトレーニングブロックを踏まえて、強度(% RM)を高め、量(セット数×レップ数)を減らすことで、最大筋力の向上を目指すトレーニングを実施する(表6)。パワークリーン、ハンククリーン、およびハンクスナッチといったオリムピックリフティングのバリエーションや派生動作など、より複雑な動作を取り入れることで強度を高めることができる(表7)。また、強度を高め、それに伴い最大筋力のレベルが上がることは、力-速度曲線の変化を通じてパワーの向上を促す。このトレーニング段階では、全体的な力発揮能力の増大を通じ、この時期に長くなる氷上トレーニングの距離に合わせて加速する能力を強化する。さらに、このトレーニング段階では、短時間で大きな力発揮(力の立ち上がり率)の要素を取り入れるが、これは以降のトレーニング段階において重要な基盤となるものである。

一般的準備期と特異的準備期に構築した基礎を踏まえて、選手は競技に向けた準備を開始する。トレーニングの重点は、最大筋力およびパワーから、筋力-スピードおよびスピード-筋力へと移行する。これにより、少量かつ中強度のトレーニング(80~85% 1RM)によって最大筋力を維持しつつ、パワーおよびバリスティック系のトレーニングを増やして神経系のさらなる強化を図ることが可能となる。この段階に処方できる主なトレーニング様式は、増強コンプレックスである

(表8)。これにより、筋力を維持しながら、同時に爆発力の向上に取り組むことができる。このブロックにおいては、S&C専門職、スポーツコーチ、およびその他の競技パフォーマンスをサポートするスタッフが、予定されているトレーニング介入や競技に伴う制限を、定期的に伝達しあうことが重要である。それによって、スポーツスキルに悪影響が及ぶのを最小限に抑えることができる。このトレーニング段階は、毎日の氷上および氷上外でのトレーニングセッションや重要な競技会に向けて、選手の準備状態を維持するのに非常に重要となる。選手のトレーニング

と競技への準備状態を優先するため、全体的な量の減少に重点を置き、一方で強度は、氷上でのパフォーマンス、またはウェイトルームや陸上での競技特異的トレーニングといった補足的な活動を通じて維持する。

スピードスケート選手のトレーニングにおいて重要なのは、ウェイトルーム外でのストレス要因を考慮することである。スピードスケート選手は一般的に、自転車運動、ストレングストレーニング、インラインスケート、スプリント、プライオメトリックス、スライドボード、およびその他の氷上外での競技特異的エクササイズなど、多様なクロ

表6 特異的準備期：筋力サイクルの例

順番	エクササイズ	セット数	レップ数／持続時間	% 1RM	休息时间
テクニック／スキル	氷上スプリント	2~4	3×20~40秒	N/A	3分
1	ハンクパワークリーン	3~5	3	75~90%	2~5分
2	バックスクワット	3~5	2~6	75~90%	2~5分
3	床からのプル	3~5	5	>100%	2~5分
4	バーベルラテラルレンジ	3~5	5	75~85%	2~5分
5	コアスタビリティ	3	10		30~90秒

セッションの目的は、より高強度で力を発揮するトレーニングを通じて、パワー向上のための基礎を構築すること。テクニック／スキルトレーニングとリフティングセッションは、適切な回復を確保するため、最低3~4時間の間隔を空ける。

表7 特異的準備期：最大筋力／パワーサイクルの例

順番	エクササイズ	セット数	レップ数／持続時間	% 1RM	休息时间
テクニック／スキル	氷上スケータイング	2~4	3×90~120秒	N/A	2~3分
1	パワークリーン	3~5	1~2	80~90%	2~5分
2	バックスクワット	3~5	2~3	75~90%	2~5分
3	床からのプル	3~5	2~3	>100%	2~5分
4	ジャンプスクワット	3	5	0~30%	2~5分
5	バーベルスプリットスクワット	3~5	5	75~85%	2~5分
6	コアスタビリティ	3	10		30~90秒

セッションの目的は、筋力向上と負荷の増大、ならびに比較的大きな負荷を素早く動かすこと。テクニック／スキルトレーニングとリフティングセッションは、適切な回復を確保するため、最低3~4時間の間隔を空ける。



ストレーニングをこなしている。オーバートレーニングを防ぐために、選手に課せられる生理学および心理学的な負担を考慮することは、スポーツコーチと並んで、S&C専門職の責務である。

## まとめ

スピードスケート、なかでも短距離および中距離種目の選手は、高度な協調性、筋力、およびパワーを必要とする。これらの選手は、スケート靴の上でバランスをとりながら、500～1,500mの距離を驚異的なスピードで滑走する。本稿は、様々なレベルの選手やクラブを対象としたS&Cプログラム全体を作成し、また、スケート選手として成功する可能性のある他分野のアスリートを特定するのに役立つ重要な情報を提供するものである。◆

## References

- Akahane K, Kimura T, Cheng GA, et al. Relationship between balance performance and leg muscle strength in elite and non-elite junior speed skaters. *J Phys Ther* 18: 149-154, 2006.
- Allinger TL, Van den Bogert AJ. Skating technique for the straights, based on the optimization of a simulation model. *Med Sci Sport Exer* 29: 279-286, 1997.
- Coetzee B, Malan D. Laboratory-based physical and physiological test results that serve as predictors of male, amateur road cyclists' performance levels. *J Strength Cond Res* 32: 2897-2906, 2018.
- Cunanan AJ, DeWeese BH, Wagle JP. The general adaptation syndrome: A foundation for the concept of periodization. *Sports Med* 48: 787-797, 2018.
- Dawes J, Lentz D. Methods of developing power to improve accelerations for the nontrack athlete. *Strength Cond J* 34: 44-51, 2012.
- de Boer RW, Ettema GJ, Faessen BG, et al. Specific characteristics of speed skating: Implications for summer training. *Med Sci Sport Exer* 19: 504-510, 1987.
- de Greeff MJW, Elferink-Gemser MT, Sierksma G, et al. Explaining the performance of talented youth speed skaters. *Res Sport Phys Activity* 1: 85-99, 2011.
- de Koning JJ, Baker FC, de Groot G, et al. Longitudinal development of young talented speed skaters: Physiological anthropometric aspects. *J Appl Physiol* 77: 2311-2317, 1994.
- de Koning JJ, van Ingen Schenau GJ. Performance-determining factors in speed skating. In: *Biomechanics in Sport: Performance Enhancement and Injury Prevention* (1st ed). Zatsiorsky VM, Kraemer WJ, eds. Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell, 2000. pp. 232-246.
- de Koning JJ, Foster C, Lampen J, et al. Experimental evaluation of the power balance model of speed skating. *J Appl Physiol* 98: 227-233, 2005.
- de Koning JJ, de Groot G, van Ingen Schenau GJ. A power equation for the sprint in speed skating. *J Biomech* 25: 573-780, 1992.
- de Koning JJ, Thomas R, Berger M, et al. The start in speed skating: From running to gliding. *Med Sci Sport Exer* 27: 1703-1708, 1995.
- Del Vecchio L, Stanton R, Reaburn P, et al. Effects of combined strength and sprint training on lean mass, strength, power, and sprint performance in masters road cyclist. *J Strength Cond Res* 33: 66-79, 2019.
- Delisle-Houde P, Chiarlitti N, Reid R, et al. Relationship between physiologic tests, body composition changes, and on-ice playing time in Canadian collegiate hockey players. *J Strength Cond Res* 32: 1297-1302, 2018.
- Deweese BH, Hornsby G, Stone M, et al. The training process: Planning for strengthpower training in track and field Part 1: Theoretical aspects. *J Sport Health Sci* 4: 308-317, 2015.
- Deweese BH, Hornsby G, Stone M, et al. The training process: Planning for strengthpower training in track and field Part 2: Practical and applied aspects. *J Sport Health Sci* 4: 318-324, 2015.
- Deweese BH, Bellon C, Magrum E, et al. Strengthening the springs: Improving sprint performance via strength training. *Tech Track Field Cross Country* 9: 9-20, 2016.
- Foster C, Schrage M, Snyder AC, et al. Pacing strategy and athletic performance. *Sports Med* 17: 77-85, 1994.
- Foster C, de Koning JJ, Hettinga F, et al. Pattern of energy expenditure during simulated competition. *Med Sci Sport Exer* 35: 826-831, 2003.
- Haug WB, Drinkwater EJ, Cicero NJ, et al. The impact of dry-land sprint start training on the short track speed skating start. *J Strength Cond Res* 33: 544-548, 2017.
- Hedrick, Allen MA. CSCS, strength/conditioning coordinator strength/power training for the national speed skating team. *Strength Cond J* 16: 33-39, 1994.
- Hettinga FJ, de Koning JJ, Schmidt LJI, et al. Optimal pacing strategy: From theoretical modeling to reality in 1500m speed skating. *Br J Sports Med* 45: 30-35, 2011.
- Hofman N, Orié J, Hoozemans MJM, et al. Wingate Test as a strong predictor of 1500m performance in elite speed skaters. *Int J Sports Physiol Perform* 12: 1288-1292, 2017.

表8 試合期：スピード-筋力向上の例

順番	エクササイズ	セット数	レップ数/ 持続時間	% 1 RM	休息时间
テクニック /スキル	氷上スケータリング	3～4	競技距離	N/A	5～10分
1	カウンタームーブメントジャンプ	3～5	3	30～50%	2～5分
2a	リアフット・エレベーター・スプリットスクワット	3～5	2～3	80～85%	2～5分
2b	競技特異的ジャンプ	3～5	5	BW	2～5分
3	シングルレッグ・ダンベル・ルーマニアンデッドリフト	3	5	N/A	2～5分
4	コアスタビリティ	3	10		30～90秒

セッションの目的は、バリスティック動作と増強コンプレックスを用いてスピード-筋力を向上させること。 BW=自重

24. Houdijk H, Bobbert MF, De Koning JJ, et al. The effects of klapskate hinge position on push-off performance: A simulation study. *Med Sci Sports Exerc* 35: 2077-2084, 2003.
25. Konings MJ, Elferink-Gemser MT, Stoter IK, et al. Performance characteristics of longtrack speed skaters: A literature review. *Sports Med* 45: 505-516, 2014.
26. Liebermann DG, Maitland ME, Katz L. Lower-limb extension power: How well does it predict short distance speed skating performance?. *Isokinet Exer Sci* 10: 87-95, 2002.
27. McCarthy Jim. Strength training for worldclass long track speed skating. *Strength Cond J* 25: 32-38, 2003.
28. Muehlbauer T, Schindler C, Panzer S. Pacing and performance in competitive middle-distance speed skating. *Res Q Exerc Sport* 81: 1-6, 2010.
29. Muehlbauer T, Schindler C, Panzer S. Pacing and sprint performance in speed skating during a competitive season. *Int J Sports Physiol Perform* 5: 165-176, 2010.
30. Nightingale SC. A strength and conditioning approach for ice hockey. *Strength Cond J* 36: 28-36, 2014.
31. Noordhof DA, Foster C, Hoozean MJM, et al. The association between changes in speed skating technique and changes in skating velocity. *Int J Sports Physiol Perform* 9: 68-76, 2014.
32. Paton CD, Hopkins WG. Combining explosive and high resistance training improves performance in competitive cyclist. *J Strength Cond Res* 19: 826-830, 2005.
33. Quinn A, Lun V, McCall J, et al. Injuries in short track speed skating. *Amer J Sports Med* 31: 507-510, 2001.
34. Runner A, Lehnhard R, Butterfield S, et al. Predictors of speed using off-ice measures of college hockey players. *J Strength Cond Res* 30: 1626-1632, 2016.
35. Santos D, Dawson J, Matias C, et al. Reference values for body composition and anthropometric measurements in athletes. *PLoS One* 9: e97846, 2014.
36. Silva RA, Silva-Júnior FL, Pinheiro FA, et al. Acute prior heavy strength exercise bouts improve the 20-km cycling time trial performance. *J Strength Cond Res* 28: 2513-2520, 2014.
37. Smith DJ, Roberts D. Anaerobic, aerobic, and isokinetic measures of elite Canadian male and female speed skaters. *J Appl Sports Sci Res* 5: 110-115, 1991.
38. Stone MH, O' Bryant H, Garhammer J, McMillan J, Rozenek R. A theoretical model of strength training. *Natl Strength Cond Assoc J* 4: 36-39, 1982.
39. Sovak D, Hawes MR. Anthropological status of international caliber speed skaters. *J Sports Sci* 5: 287-304, 1987.
40. Stefani RT. The relative power output and relative lean body mass of World and Olympic male and female champions with implications for gender equity. *J Sports Sci* 24: 1329-1339, 2006.
41. Suchomel TJ, Nimphius S, Stone MH. The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Med* 46: 1419-1449, 2016.
42. Sunde A, Storen O, Bjerkaas M, et al. Maximal strength training improves cycling economy in competitive cyclist. *J Strength Cond Res* 24: 2157-2165, 2010.
43. Van Ingen Schenau GJ. The influence of air friction in speed skating. *J Biomech* 6: 449-458, 1982.
44. Van Ingen Schenau GJ, De Koning JJ, De Groot G. A simulation of speed skating performance based on a power equation. *Med Sci Sport Exerc* 5: 718-728, 1990.
45. Van Ingen Schenau GJ, De Koning JJ, De Groot G. On the origin of differences in performance level between elite male and female speed skaters. *Hum Mov Sci* 2: 151-159, 1983.
46. Van Ingen Schenau GJ, Cavanagh PR. Power equations in endurance sports. *J Biomech* 23: 865-881, 1990.

From Strength and Conditioning Journal  
Volume 44, Number 3, pages 1-10.

## 著者紹介



### Andrew Stuart :

スピードスケート米国代表チームのヘッドストレングス & コンディショニング / パフォーマンス科学コーディネーターで、Charles University (プラハ) の博士課程に在籍。



### Kristen C. Cochrane-Snyman :

Concordia University Chicago 健康・身体パフォーマンス学の助教で、博士課程のプログラムコーディネーター。