Key Words【スノーボード: snowboarding、形態学的: anthropometric、生理学的: physiological、身体的: physical、体力: fitness】

エリートレベルのスノーボード選手の形態 学的、生理学的、および身体的プロフィール

Anthropometric, Physiological, and Physical Profile of Elite Snowboarding Athletes

Zhiqiang Wang, M.Ed. **Yaping Zhong,** Ph.D. **Sugai Wang,** M.Ed. Sports Big-data Research Center, Wuhan Sports University, Wuhan, China

要約

優れたスノーボードのパフォー マンスは、主要な体力要素が複雑に 相互作用することから生じる多因 子的な成果である。本レビューの目 的は、エリートレベルのスノーボー ド選手の形態学的、生理学的、身体 的プロフィールを調査することで あった。データベース検索をChina National Knowledge Infrastructure、 PubMed、SPORTDiscus、および Web of Scienceにおいて実施した。 研究の結果は以下のことを示して いる。(a) エリートレベルのスピー ド系および技術系種目の選手は、一 般的に体脂肪率が低い。男子スピー ド系選手の身長と体重は、技術系選 手をやや上回る。(b) 主に利用され るエネルギー供給機構は無酸素性 代謝である。筋の酸化的代謝は、高 強度のランを繰り返す合間の回復 を促進するのに役立つ可能性があ る。(c)優れた下半身の筋力、特に 伸張性の力発揮と爆発的な短縮性 のパワーの発揮は、高速での滑走と ターン、ジャンプの高さ、トリック (技)の難易度、および着地の成功に 決定的な役割を果たす。技術系スノーボード種目における踏み切り 速度と、スピード系スノーボード種目におけるスタートおよびタートおよびを 要度も、競技の成功に大きな影響を 及ぼす。さらなる研究により、形 学的特性、有酸素性代謝と無酸給料 構の寄与率、ならびにフィジスに一様の寄与率、ならびにフィジスに一様 構の寄与率、ならびにフィジスに一能性 を考慮しながら調査を行なう必要 がある。

はじめに

スノーボードは、1960年代半ばに米国で誕生した世界的なスポーツであり、1998年に冬季オリンピック種目に採用された。スノーボードの種目は、フリースタイル(スロープスタイル、ハーフパイプ、ビッグエア)、アルペン(パラレルジャイアントスラローム、パラレルスラローム)、およびスノーボードクロス(38)の3種類からなる。このうち、フリースタイルは技術を競う種

目に属し、ジャンプの高さ、独創性、お よびトリック(技)の質で得点が決ま る。一方、アルペンとスノーボードク ロスはスピードを競う種目に属し、他 の選手より速いタイムでレースを終え ることが好成績に繋がる。いずれのス ノーボード種目においても、選手は高 速での滑走、ジャンプ、スラローム(蛇 行)、またはエアトリック(空中技)を、 様々な地形の雪上コースで、絶えず身 体の姿勢を調整および維持しながら遂 行することを要求される(5)。 ジャン プの高さ、回転角度、およびフリップ (縦回転のトリック)の数は、パフォー マンスに影響を及ぼす重要な要素であ る(5,6)。スノーボードの性質と競技 環境から、選手は成功を収めるために 様々な形態学的、生理学的、および身体 的特性を必要とする(37.40)。Vernillo ら(38)は、選手の体重(kg)と身長(cm) が、パラレルジャイアントスラローム (体重:r = -0.89、身長:r = -0.85)、 パラレルスラローム(体重:r = -0.84、 身長:r = -0.83)、およびスノーボー ドクロス(体重:r=-0.88、身長:r= -0.84) 種目のパフォーマンスと密接 に関連していると指摘している。また

スノーボードは、特に国際レベルの競 技(ラン1本当たり約15~80秒)にお いては、高速かつ爆発的な動作が要求 される。スノーボード選手は、特に無 酸素性の高度なトレーニングを積む必 要がある(18.40.44)。また、高いレベル の有酸素性持久力は、高強度のランを 繰り返す合間の回復能力に影響を及ぼ す(5,38,40)。さらに、高いレベルの体 力(筋力やスピードなど)は重要な身体 的要素であり、バックカントリー(整備 されていない自然の雪山)でのジャン プにおける縦回転、回転、ジャンプの高 さ、および着地に大きく影響を及ぼす ことが明らかになっている(27,29,37)。 したがって、エリートレベルのスノー ボード選手の形態学的、生理学的、およ び身体的特性を包括的に理解すること が、タレント発掘プログラムに指針を もたらし、パフォーマンスを向上させ、 傷害を低減するために必要である。

研究の数は増えつつあるものの、ス ノーボード選手における形態学的、生 理学的、および身体的特性を分析した 研究は依然として少なく、形態学的お よび生理学的特性の測定結果を報告し た研究がある(38,39)。また、ストレン グス&コンディショニング(S&C)プ ログラムの重要性に言及した研究もあ る(5.37)。スノーボードの実践的な生 理学的および身体的プロフィールに 関するレビューを発表したVernilloら (40)は、生理学的および身体的特性に 対する要求はスノーボードの種目に よって異なることを指摘している。し かし、このレビューは、種目別の生理学 的および身体的特性については論じて いない。異なる種目のスノーボード選 手の形態学的、生理学的、および身体的 プロフィールに関する情報を統合した 研究はまだない。そこで本稿では、技 術系およびスピード系スノーボード 選手の特性を、形態学的、生理学的、お よび身体的特性の観点から統合し、ス ノーボード選手のトレーニングの方向 性と焦点を正確に把握して、有用な参 考情報をコーチに提供することを目的 とする。

方法

出版時期と検索方法

本レビューのために、China National Knowledge Infrastructure(CNKI), PubMed、SPORTDiscus、および Web of Scienceの各データベースに おいて、2020年5月31日以前に発 表された論文を特定した。この一 次検索に加え、採用された全研究の 参考文献リストの確認を含む二次 検索も実施した。以下の検索構文 を 使 用 し た。(snowboarding) AND (performance OR anthropometry OR body composition OR somatotype OR physiological OR aerobic fitness OR anaerobic fitness OR strength OR muscle power OR muscular endurance OR flexibility OR reaction time OR speed OR balance OR agility).

採用基準

以下の基準を満たす研究を採用した。(a) 英語で書かれている。(b) 十分かつ高度なトレーニングを積んだ、エリートレベル、世界レベルのスノーボード選手(公式の国際大会のサーキットに最低2回出場している[ワールドカップ、世界選手権、オリンピックなど]、または構造的トレーニングの経験を長く積んでいる[5年以上](11,44)、あるいは米国、スイス、オランダ、フランス、オーストリア、フィンランド、イタリアなど国のナショナルチームに所属している)を対象とした研究。ならびに(c) スノーボード選手の体力要素に関する研究。

研究の選択

計556件の研究が特定された。スクリーニングを経て、重複や採用基準を満たさない論文を除外した結果、32件の研究がレビューに採用された。 図1に研究の選択プロセスを示した。

最終的な分析対象となった32件の 論文のうち、我々の研究テーマに関連 する研究は、身長と体重に関する研究

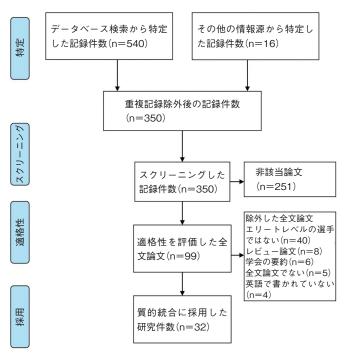


図1研究選択のフローチャート

が9件、体脂肪に関する研究が4件、有酸素性能力と無酸素性能力に関する研究が4件、下半身の筋力に関する研究が8件、スピードに関する研究が4件、ならびにバランスに関する研究が6件であった。なお、研究では多くの場合、複数の結果指標がテストされている。そのため、統計では実施回数が多数に上る指標もある。

結果と考察

形態学的特性

表1に、主に身長、体重、および体脂 肪率に焦点を当てた、エリートレベル のスノーボード選手の形態学的特性に 関する関連研究を示した。

身長と体重

関連研究によると、エリートレベ ルの男子技術系スノーボード選手の 平均身長と体重は、それぞれ172.6~ た、男子スピード系スノーボード選手 の平均身長と体重は、それぞれ178.4 ~ 183.4cmと77.2 ~ 86.2kgで ある (表1)。これらの研究から、男子スピー ド系スノーボード選手の身長と体重 は、技術系選手をやや上回り、身長は5 ~ 5.8 cm高く、体重は13.2~13.4 kg 重いことが明らかになった。これら のデータは、エリートレベルの男子ス ピード系種目と技術系種目では、選手 の身長と体重に対する要求が異なる ことを示している。また関連研究を 調査した結果、エリートレベルの女子 スノーボード選手の身長と体重に関 する報告は多くないことが明らかに なった。少数の研究が、主にエリート レベルの女子スノーボードクロス選 手の身長と体重を報告しており、それ ぞれ約164~166cmおよび約60.8~ 64.4kgであった(11,30)。エリートレ ベルの女子スノーボード選手において も、スピード系種目と技術系種目で身 長と体重が同様の違いを示すかどう

かについては、それを裏づける妥当性 のある研究データはない。したがっ て、エリートレベルの女子スノーボー ド選手の形態学的特性については、よ り包括的なデータをさらに調査し、パ フォーマンスに対する重要性をより明 確にする必要がある。

形態学的特性とパラレルジャイアントスラローム、パラレルスラローム、おはびスノーボードクロス種目におけるパフォーマンスとの相関関係は、スノーボード選手における体格の重要性を強調している(38)。これらの種目では、身長が高く体重の重い選手ほど、より高い角速度でトルクを生み出し、高速でのターンやエッジングの際の身体的要求に対応しやすいという利点がある(38)。加えて、スノーボードクロスでは、身長が高く体重の重い選手のほうが、競技中に相手選手と接触または衝突した際に有利である。Haycraftら(14)とSpasićら(31)は、体重の重い選

手ほど垂直抗力が大きいことから摩擦 力が増大し、選手の速度の低下に繋が るが、それと同時に体重が重いと、重 力の斜面に平行な成分F。sinαも大き くなり、摩擦力の増加を上回ることを 確認している(図2)。したがって、同 じ条件下では、体重の重い選手のほう が高速で滑走し、優れた結果を得られ る。しかしCroninら(4)は、やみくもに 体重を増やすと、アスリートの運動感 覚が損なわれたり、ターン時の身体の コーディネーションに影響を及ぼした り、下半身の関節圧が上昇したりする など、好ましくない結果が生じる可能 性があることを明らかにしている。こ れを踏まえて、体重の軽いスピード系 スノーボード選手に対しては、体重を 増やす際に筋肥大の影響を避けるよう 注意し、運動単位の動員や主働筋と拮 抗筋の協調など、神経筋の適応により 注意を払うべきである(3)。加えて、 本レビューのためにデータを取得す

表1 エリートレベルのスノーボード選手における形態学的特性										
研究	種目	サンプル サイズ	身長(cm)	体重(kg)	体脂肪率 (%)					
Vernillo 6 (38)	SBalp	10名(男性)	178.4±9.8	78.1 ± 12.1	13.8±3.7					
	SBx	10名(男性)	181.0±4.9	77.2±9.2	11.9±3.5					
Meyer 6 (25)	SBalp SBfs	13名(女性)	_	_	19.8±3.1					
Delecluse 6 (8)	SBfs	3名(男性)	178±0.05	73±4	_					
Platzer 6 (27)	SBalp SBx SBfs	21 名(男性)	177±6	75.4±9.9	_					
		16名(女性)	167±5	59.7±5.3	_					
Żebrowsk 6 (44)	SBalp	5名(男性)	179.8±6.3	71.8±6.3	10.6±3.2					
		5名(女性)	168.8±6.6	60.3±9.0	14.9±3.3					
Back 6 (1)	SBfs	5名(男性)	172.6±1.52	63.40±4.72	_					
Gathercole 5 (11)	SBx	4名(男性)	183.4±3.8	86.2±3.4	_					
		3名(女性)	165.7±4.4	64.4±4.5	_					
Smith 6 (30)	SBx	9名(女性)	164.1 ±6.1	60.8±10.2	18.8±6.4					
Vernillo δ (39)	SBalp	12名(男性)	178.7±8.7	77.4±10.6	_					
	SBx	11名(男性)	181.7±5.3	77.5±8.8	_					
	SBfs	12名(男性)	178.4±7.9	72.8±9.7	_					

SBalp=パラレルジャイアントスラローム・パラレルスラローム、SBfs=フリースタイル、SBx=スノーボードクロス

る過程で、エリートレベルの技術系スノーボード選手の身長と体重が競技パフォーマンスに及ぼす影響に関する報告はほとんど見つからなかった。さらなる研究によって、エリートレベルの技術系スノーボード選手における形態学的特性と、それらが競技パフォーマンスに及ぼす影響を分析する必要がある。

体脂肪

研究によると、エリートレベルの男 女スノーボード選手の体脂肪率は、そ れぞれ約10.6~13.8%、および14.9~ 19.8%である(表1)。エリートレベル のスノーボード選手の体脂肪率は多く の場合、一般のアスリートに比べて有 意に低かった(25)。Vernilloら(38)の 研究ではさらに、体脂肪率と、パラレル ジャイアントスラローム、パラレルス ラローム、およびスノーボードクロス 種目のパフォーマンスの間に有意な相 関関係があることが明らかになった $(2 h 7 h r = 0.84, r = 0.80, r = 0.81)_{\circ}$ 同研究では、過剰な体脂肪率は、競技に おける素早く反応的なターンとエッジ ングに悪影響を及ぼすと結論づけてい る。スノーボード選手の体重と体脂肪 率のデータを統合すると、体重の増加 はパフォーマンスにプラスの影響を及 ぼすが、この体重増加が体脂肪率の上 昇に繋がれば、パフォーマンスにマイ ナスの影響を及ぼすことがわかる。ス ノーボードにおいては、特にターン、 ジャンプ、および着地の際に、下肢の筋 群を高強度で活動させることが求めら れる。体脂肪率が高いことは筋量が 少ないことを意味し、筋力、パワー、お よびスピードといった運動能力に悪影 響を及ぼす可能性がある(23)。スノー ボード選手にとっては、脂肪組織より 筋量が多いほうが有益である(35)。体 脂肪率が低いスノーボード選手は一般 的に筋量が多く、それによって外力に 対抗するための筋力とパワーをより多

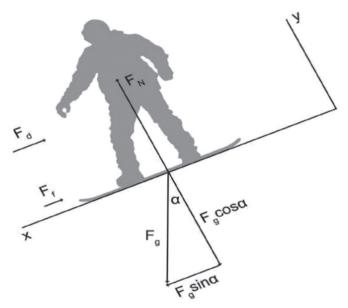


図2 滑降中のスノーボード選手に作用するカ $F_{\sigma}=抗力、F_{r}=摩擦力、F_{N}=垂直抗力、F_{g}=重力、 F_{g}cos <math>\alpha=$ 重力の斜面に垂直な成分、 F_{g} sin $\alpha=$ 重力の斜面に平行な成分

く発揮できることが明らかになっている(44)。比較すると、脂肪組織よりも筋量が多いほうが、競技の要求を満たす上で役立つ。以上をまとめると、スノーボード選手は、体重を増やして体脂肪率を下げるために、トレーニングにおいては筋量を増やすことに重点を置くべきである。

生理学的プロフィール

無酸素性能力

スノーボードは、ラン1本当たりの 時間が約15秒~1.3分と、短時間かつ 高強度のウィンタースポーツである。 持続時間と運動強度に伴い、スノー ボード選手の競技中のエネルギー供給 機構には、主にアデノシン三リン酸-クレアチンリン酸(ATP-PCr)系と解 糖系が利用されていた(13,27)。Kipp ら(18)は、エリートレベルのハーフパ イプ選手の血中乳酸濃度は、3本目の ラン後の平均が2.9±0.3mmol/Lであ り、ベースラインは 1.35 ± 0.3 mmol/ Lであったと報告している。また Żebrowskaら(44)の研究では、漸増負 荷試験後の最大血中乳酸濃度が、男女 のアルペンスノーボード選手において

それぞれ14.1±2.0mmol/Lと11.9± 1.1 mmol/Lであった。男子選手の最大 血中乳酸濃度は、エリートレベルのア ルペンスキー選手(13.69 ± 2.06 mmol/ L)と同等であるとみられる(28)。以上 の知見から、技術系スノーボード選手 は、無酸素性-非乳酸性のエネルギー 供給能力が高く(33)、対するスピード 系スノーボード選手は解糖系の能力が 高いことが示唆される(27)。ただし Żebrowskaら(44)は、エリートレベル のアルペンスノーボード選手における 漸増負荷試験の最大血中乳酸濃度は、 トレーニングを積んでいない被験者と 有意差がなかったことを明らかにして いる。このことから、血中乳酸濃度は、 スノーボード選手の異なるレベル間の 無酸素性代謝能力を識別するための感 度の高い指標ではないと推測される。 スノーボードにおいては、競技中に持 続的な高強度の等尺性筋活動を行なう ため、外側広筋の血流、ひいては下肢へ の酸素供給が制限される結果、乳酸な どの代謝産物が蓄積することが、乳酸 濃度が高値となる一因となる(34)。さ らに、個人の体力レベル、筋の収縮力、 筋収縮のタイプ、ターンの角度、さらに

は動作半径(1)が筋群に多大なストレスを与え、また異なる回復時間を挟んで1日に何度も滑走することは乳酸の除去に影響を及ぼす(9)。以上のことから、血中乳酸濃度の生理学的指標は、スノーボード選手における無酸素性エネルギー供給機構の能力を測定および評価するための唯一の指標ではない。エリートレベルのスノーボード選手の異なるレベルをさらに識別するには限界があるため、無酸素性能力の運動試験も取り入れる必要がある。

現在、エリートレベルのスノーボー ド選手における無酸素性作業能力を評 価する方法としては、30秒ウィンゲー トテストが一般的である。例えば、 Hogg(15)は、オーストラリアのハーフ パイプスノーボード選手の無酸素性 パワーを30秒ウィンゲートテストに よって評価し、無酸素性パワーのピー ク値が男子選手で16.5W/kg、女子選 手で13.5W/kgという、エリートレベ ルのハーフパイプ選手における無酸素 性パワーの評価基準を確立した。ま たŻebrowskaら(44)は、ポーランドの アルペンスノーボード選手10名(男 子5名、女子5名)を対象に、30秒ウィ ンゲートテストを実施し、ピークパ ワー(男子:13.0±1.0W/kg、女子: 10.3±0.2W/kg) および平均パワー(男 子:9.7±0.2W/kg、女子:7.7±0.2W/ kg)が、トレーニングを積んでいない 被験者に比べて有意に高いことを明ら かにした。これは、エリートレベルの スノーボード選手は筋量が多く、速筋 線維の比率が高く、運動中の筋活動が 高いことと関連している可能性がある (46)。種目の特性上、技術系のスノー ボード選手は、ジャンプやエア、および 安定した着地といったテクニカルな動 作を、一定の速度下で短時間に遂行す る必要があり、そのためには下半身の 筋群において高い力学的パワーを生み 出す能力が求められる。一方、スピー ド系の選手は、不安定な雪上コースの

上で素早く反応し、姿勢をコントロールしながら最大滑走速度でゴールに到達する必要があり、そのためには下半身の筋群が高い運動効率を維持しなければならない。このことは、エリートレベルのスノーボード選手における無酸素性能力を示す指標として、無酸素性パワーのほうが優れていることを示している。

有酸素性能力

エリートレベルのスノーボード選手 における有酸素性能力がパフォーマン スにどのように影響を及ぼすかにつ いては、いまだ研究において議論が分 かれる。1件の研究において、エリー トレベルのスノーボード選手が日常 的な雪上トレーニングで示す平均心 拍数は最大心拍数の75~80%にすぎ ず、最大レベルを超えることはほとん どないこと、また、1本のランにおける 心拍数の最大値は最大心拍数の92% に達することもあるが、それでも複数 本のランにおける平均心拍数は140拍 /分にすぎないことが明らかになって いる(18)。全体的な心拍数の変化の特 性から、平均的な運動強度は高くなく、 それは有酸素性のエネルギー供給がス ノーボード競技の大きな割合を占める ことを示している。しかしVernilloら (38)は、最大酸素摂取量(VO₂max)は、 アルペンスノーボード $(49.7 \pm 3.8 \,\text{mL}/$ kg/分) およびスノーボードクロス (51.2±4.5 mL/kg/分)の男子選手の パフォーマンスに影響を及ぼさないと みられることを明らかにしている。ま たŻebrowskaら(44)も、1シーズンの トレーニング後、エリートレベルのア ルペンスノーボード選手(女子:35.6 ±2.9 mL/kg/分、男子:48.1 ± 2.5 mL/ kg/分)とトレーニングを積んでいない 被験者との間で、VO₂maxに有意差は みられなかったのに対し、有酸素性パ ワー(女子:195±30W、男子:286± 26.1 W) には有意差がみられたと報告 している。これらの研究はいずれも、 有酸素性能力はスノーボード競技にお ける決定的な要因ではないことを示し ているとみられる。これは重要なヒン トであり、今後の研究では、競技中のエ ネルギー供給機構の特性について、な かでも滑走を繰り返す競技中に有酸素 性能力がエネルギー供給機構に占め る割合について探求を深め、それがス ノーボード競技におけるラン1本およ び複数本のパフォーマンスに及ぼす影 響を明らかにする必要がある。

身体的回復の観点から、スノーボー ド選手における有酸素性能力と無酸 素性能力の相互関係や相互作用もま た注目される研究トピックである。 Vernilloら(38)は、パラレルジャイアン トスラローム、パラレルスラローム、お よびスノーボードクロス種目のエリー トレベルの男子スノーボード選手にお けるVOomaxとパフォーマンスの相関 は弱く、統計的に有意でない(p>0.05) ことを明らかにした。対照的に、有酸 素性パワーのピーク値は、パラレルス ラローム、パラレルジャイアントスラ ローム、およびスノーボードクロス種 目のエリートレベルの男子スノーボー ド選手におけるパフォーマンスと強い 相関がみられた(r = -0.92, r = -0.88,r = -0.93、p < 0.05)。一部のスノー ボードコーチの間にも、有酸素性能力 が選手のパフォーマンスに及ぼす影響 は、エネルギー供給機構よりも、主にそ の身体的回復効果がもたらしていると の見解がある(22)。以上の知見はいず れも、エリートレベルのスノーボード 選手における筋の酸化的代謝能力は、 重要性において酸素の摂取能力や運搬 能力を上回る可能性をある程度示唆し ている。Tanyeriら(35)は、エリートレ ベルのスノーボード選手は有酸素性能 力が高く、それは筋組織の酸素利用能 力に表れていると結論づけている。高 強度を要するスノーボード競技にお いて、筋の酸化的代謝能力が高い選手 は、高いエネルギーを出力する際にエ ネルギー供給機構の利用を加速させる ことができ(36)、これは体力レベルを フルに活用する上で重要である。ス ノーボードの試合において、優れた選 手は1日に複数回のタイムトライアル やヒート(レース)をこなし、合間の回 復時間は様々である(7.9)。これらの回 復時間中に、引き続き選手は斜面を斜 滑降または直滑降し、その後リフトで 上がり、次のランのためにスタート位 置までハイクする(斜面を登る)ことが 多い。スノーボードの試合は多様な活 動からなるため、選手はパフォーマン スを最大化するために、高い運動能力 を長時間維持する能力が必要となる。 さらに、ランの間に代謝要求が急激に 繰り返し変化するため、競技中にエネ ルギーの代謝回転の速やかな変化を 維持する能力は、ハイレベルのスノー ボード競技において重要な要素である (27.44)。したがって、筋の酸化的代謝 能力が高い選手は、筋で生成される乳 酸の分解を加速させ(12)、ラン直後か らの回復速度を高めることで、次のラ ンに備えられる点で有利である。こう いった理由から、トレーニングにおい ては有酸素性トレーニングの割合を適 宜増やす必要がある。ただし、有酸素 性トレーニングが無酸素性能力に影響 を及ぼす可能性から、スノーボード選 手の有酸素性トレーニングは、年間トレーニングサイクルにおける夏期および準備期初期に実施すべきであることが示唆されている(44)。

身体的プロフィール 筋力とパワー

下半身の筋力は、スノーボード選手 における競技パフォーマンスの向上 に重要な役割を果たす(11,27,30,38) (**表2**)。Platzerら(27)は、アルペンお よびスノーボードクロス種目の女子 スノーボード選手において、下肢のパ ワー $(4.46 \sim 6.54 \,\mathrm{W/kg})$ とワールド カップのポイントの間に強い相関関係 (r=0.67)があることを明らかにした。 また、下肢の等尺性筋力に関する別の 研究でも、スノーボードクロス(680.1 ±76.8N·m)、およびパラレルスラロー ム/パラレルジャイアントスラローム (731.9±181.9N·m)種目のエリート レベル男子スノーボード選手におけ る膝関節伸展筋群の最大随意等尺性 筋活動(MVC)は、パフォーマンスと強 く相関していたと報告している(それ \tilde{c} $h_r = -0.93, r = -0.94, r = -0.97)$ (38)。これは、下半身の筋力およびパ ワーが高いスノーボード選手が、競技 において有利になることを示唆してい る。スノーボード選手の下半身の筋力 およびパワーが高いと、持続的な高強 度のスノーボード競技において生成される代謝産物や、競技における高い地面反力の影響を効果的に低減することで、滑走の推進力を生み出し、エアの高さを改善することができる(10)。さらに1件の研究において、スノーボード選手の大腿四頭筋と下腿筋群が、下半身の筋力に最も寄与していることが明らかになっている(40)。コーチは今後、下半身全体の筋力を促進するために、大腿四頭筋と下腿の筋力向上に重点を置くべきである。

下半身の筋力およびパワーの高さは、エリートレベルのスノーボード選手に共通してみられるが、スピード系の選手と技術系の選手では筋力特性に違いがある。この違いは主に、筋収縮のタイプと筋活動のパターンという2つの側面に表れる。

筋収縮のタイプに関しては、技術系種目の場合、選手は踏み切り、エアのスキル、および安定した着地というテクニカルな動作を短時間でこなす必要があるため、着地動作を支える下半身の伸張性筋力や、エアの着地に伴う力を吸収する能力への要求が高い(5)。研究によると、エリートレベルのハーフパイプおよびビッグエア選手は、着地時に体重の最大4倍の地面反力を下半身の筋群で受け止め(24)、また、0.1秒間に最大3,020 Nの衝撃力を下肢で受

表2 エリートレベルのスノーボード選手における下肢の筋力およびパワーのテスト									
研究	種目	性別	等尺性筋活動の ピークトルク(N·m)	レッグプレス (W/kg)	下肢の最大 パワー(W/kg)	カウンタームーブ メントジャンプ (cm)	カウンタームーブ メントジャンプの パワー(W/kg)		
Vernillo 6 (38)	SBalp	男性	731.91 ± 181.9	_	_	_	73.0±3.7		
	SBx	男性	680.1 ± 76.8	_	_	_	71.6±7.1		
Platzer 5 (27)	SBalp	男性	_	5.24 ~ 7.69	_	32.5 ~ 48.9	_		
	SBx SBfs	女性	_	4.46 ~ 6.54	_	23.0 ~ 37.3	_		
Gathercole 6 (11)	SBx	女性	_	_	_	45±9	53.9±5.5		
Smith 6 (30)	SBx	男性	_	_	43.7±4.4	_	_		
		女性	_	_	58.7±8.5	_	_		

SBalp=パラレルジャイアントスラローム・パラレルスラローム、SBfs=フリースタイル、SBx=スノーボードクロス

け止めることが可能である(21)。した がって、下半身の伸張性筋力が十分に あれば、跳躍着地時の地面反力に耐え、 転倒のリスクを低減し、また、レール、 ボックス、およびチューブに接近し、滑 走し、抜け出す局面における関節角度 (股関節、膝関節、足関節など)の安定性 と姿勢の調整を維持することが可能と なる(5,40)。技術系選手における下半 身の伸張性筋力は、ジャンプと安定し た着地の遂行に主要な役割を担って いることがわかる。一方、パラレルス ラローム、パラレルジャイアントスラ ローム、およびスノーボードクロス種 目の場合、選手は滑走と小回りのター ンを交互に素早く実施するために、高 いレベルの等尺性筋力によって下半 身の動作の安定性を維持する必要が あり、したがってスピード系のスノー ボード競技においては下半身の等尺性 筋力に対する要求が高い(38)。Chong ら(2)は、エリートレベルのアルペンス ノーボード選手(左足が前)のターン 局面における股関節、膝関節、および 足関節の角度の変化は、それぞれ5.53 ~ 17.69°、3~18.35°、および4.62~ 17.43°であることを明らかにした。競 技における股関節、膝関節、および足関 節の振幅が小さいことは、下半身の筋 群における等尺性の収縮力が、直滑降 や身体を倒す過程において動作の安定 性を維持するために重要であることを 間接的に証明している。またVernillo ら(38)の研究においても、エリートレ ベルのスノーボードクロス(680.1± 76.8N·m)、およびパラレルスラロー ム/パラレルジャイアントスラロー ム(731.9±181.9N·m)種目のスノー ボード選手は、レースでの滑降時に、下 半身の重心と、下肢を比較的固めた状 態での技術的動作を維持するために、 優れた下半身の最大等尺性筋力を有し ており、それが競技成功の決定因子の ひとつとなっていたことが明らかに なっている。以上のことから、スピー

ド系と技術系のスノーボード選手にお ける競技中の筋収縮タイプの違いを明 らかにすることは、選手の下半身の筋 力を適切に向上させるために重要で あり、それはスポーツトレーニング科 学、なかでもストレングストレーニン グのレベルを向上させる上で非常に重 要である。Dann&Kelly(5)とTurnbull ら(37)も、スノーボード選手のフィジ カルトレーニングにおいては、下半身 の筋力向上、特に伸張性のレジスタン ストレーニングとプライオメトリック (デプスジャンプ)トレーニングに重点 を置くべきであり、それがパフォーマ ンス向上とスポーツ傷害の予防に役立 つことを示唆している。

筋活動のパターンに関しては、競技 が行なわれる場所や技術的特性の違い により、スピード系と技術系のスノー ボード選手では、運動中における筋の 関与の度合いが異なる。技術系のス ノーボード種目においては、選手の筋 活動の大きさは跳躍高と密接に関連し ていた。大腿四頭筋およびハムストリ ングスの筋群は、跳躍高が増加するに つれて着地時に異なる活動を示し、ま た膝関節伸展筋群は前脚よりも後ろ 脚において活動が大きいことが明ら かになっている(8)。半腱様筋の積分 筋電図(EMG)の平均値は通常のジャ ンプの着地時に最も高く、ハムストリ ングスの予備活動は180°回転ジャン プおよび360°回転ジャンプの着地時 に増加し、また大腿四頭筋のEMGの 平均値とピーク値は着地後も有意に 高かった(26)。一方、スピード系のス ノーボード種目においては、主に力を 発揮する筋が技術的動作の切り替えに よって変化する。スピード系種目にお ける滑降局面の主な活動筋は大腿直 筋であり、これらの筋の力は適切な姿 勢を保持する上で役立つ。一方、フロ ントサイドターン(左足が前)におい ては、右中間広筋(13.92%)、右大腿二 頭筋(10.86%)、右腓腹筋(13.99%)、

および右前脛骨筋(17.17%)が活動し、またバックサイドターンにおいては、右外側広筋(10.23%)、右中間広筋(15.95%)、左大腿二頭筋(10.04%)、および右前脛骨筋(12.64%)が主に活動する筋となっていた(2)。

スピード

技術系のスノーボード選手は、跳躍 高、回転度数、難易度、スタイル、および 完成度のために、高い踏み切り速度を 得て最大限の滞空時間を稼ぐ準備が必 要である(13,37)。Yangら(43)は、ハー フパイプ選手の踏み切り速度(10~ 15m/秒)が滞空時間に及ぼす影響を数 学モデルによって計算し、15m/秒が 選手の制御可能な速度の上限であり、 この速度によって到達できる高さは 最大7m、滞空時間は最大で約2.5秒と なることを明らかにした。Vestly(41) は、エリートレベルのスロープスタイ ル選手における踏み切り速度は14.2 ~ 14.9 m/秒の範囲であったと報告し ている。Yanら(42)も同様の報告を行 なっており、エリートレベルのハーフ パイプ選手における制御可能な踏み 切り速度は約15m/秒であるとしてい る。したがって、コーチはトリックの 質や難易度を制御する筋力特性を向上 させるだけでなく、競技中の速度を制 御する能力のトレーニングにも注意を 払う必要がある。下半身の筋力ととも に選手の感覚とコーディネーションを 高めることは、重心の制御および姿勢 調整の能力を向上させ、より高い踏み 切り速度を得ることに役立つ。

スピード系スノーボード選手に関しては、高い滑走速度をコース全体で維持することが競技成功の基盤となる。カギを握る要素は、スタートとターンの速さである。可能なかぎり早く最大滑走速度に到達するためには、優れたスタートを切ることが前提条件となる。スタートが高速であるほど、最大滑走速度に到達するのに要する時間が

短くなり、さらにはリードを奪い、対戦 相手に心理的なプレッシャーを与えて 滑走リズムを乱すことにも役立つ。ス ピード系スノーボード種目における スタート速度の重要性は、Raschnerら (29)もこれを裏づけており、エリート レベルの女子スノーボードクロス選 手の最大スタート速度が、国際スキー 連盟(FIS)のポイントと有意な正の相 関関係にあることを明らかにしてい る。また別の研究では、Platzerら(27) が、オーストリアのナショナルチーム に属するパラレルジャイアントスラ ローム、パラレルスラローム、および スノーボードクロス選手における最 大プッシュオフ(スタート)速度の特 性を調査し、最大プッシュオフ速度は 女子が2.77~3.83m/秒、男子が3.42 ~4.42m/秒であったと報告してい る。高いスタート速度が要求されるこ とに加え、スピード系スノーボード選 手は、スムーズな滑走リズムを保ち、滑 走速度が過度に低下するのを避けるた めに、スラローム局面で小回りのター ンをする際に速度を維持する必要があ る。Klousら(20)は、エリートレベルの スピード系スノーボード選手における 平均ターン速度は11.1 m/秒、最大速 度は11.9m/秒であることを明らかに している。ターン速度に主に影響を及 ぼすのは、ターンの半径とコースの傾 斜である(16)。したがって、ターン時 に重心(COM)を素早く下げ、ターン半 径を短くすることで、選手は小回りの ターンを要するスラロームを高速でこ なし、滑走速度のリズムを良好に保つ ことができる。以上の分析から、スノー ボード選手のスピードトレーニングに おいては、コース全体で高い滑走速度 を維持するために、スタート時の加速 と高速かつ反応的なターン能力を向上 させることに重点を置くべきである。

バランス

Jeonら(17)によると、スノーボード

選手のバランス能力は、(a)静的バラン ス:ほとんど動かない状態で特定の姿 勢を維持する能力、および(b)動的バ ランス:滑走中に特定の姿勢をとった 際に身体の安定性を素早く回復する能 力からなる。Platzerら(27)は、アルペ ン、スノーボードクロス、およびフリー スタイル種目のスノーボード選手に おける全体的な安定性指数(OSI)を、 『Biodex』静的バランステストシステム (ニューヨーク州シャーリー、Biodex 社製)を用いて評価したところ、OSIが 男女それぞれ5.35 および4.55 に達し たと報告している。Smithら(30)は、 エリートレベルのスノーボードクロス 選手の動的バランス能力を、修正Bass テスト(MBASS)を用いて測定したと ころ、男子選手のMBASSのエラースコ アは、利き脚が平均23.1 ± 22.4、非利き 脚が平均33.9±22.5、また女子選手の MBASSのエラースコアは、利き脚が平 均15.9±16.7、非利き脚が平均31.1± 25.21であった。他の競技スポーツと 異なり、スノーボード選手は不安定な 雪上でトレーニングと競技を行なって いる。そのため筋群は常に比較的動的 な状態で働いている。Kłosら(19)は、 スノーボード選手の静的バランス能力 に、レベルによる有意差はないことを 明らかにした(p>0.05)。静的バラン ス能力は、射撃やアーチェリーのよう な競技の選手にとっては重要と考えら れる(45)。しかしスノーボード競技に おいて、静的バランス能力は、エリート レベルのスノーボード選手のバランス 能力を評価するには感度が低いと考え られる。競技特異的な向上については、 動的バランス能力テストが、バランス 能力の発達レベルをより正確に示すこ とができる(32)。スノーボード選手に おける動的姿勢制御を発達させること は、得点力を高める可能性があるが、そ れがスノーボードにおける成功のカギ であることを裏づけるエビデンスはな い。このような競技特異的な要求を踏 まえて、スノーボード選手のトレーニ ングプログラムを作成する際には、動 的条件下でのバランス能力を考慮する 必要がある。

研究の限界

本研究の主な限界は、採用した研究において変数を評価するための測定方法が同じでなかったことである。例えば、下半身の筋力の評価には異なる方法が用いられており、それらに互換性がないため、収集した研究結果を比較することは困難である。さらに、エリートレベルの女子スノーボード選手の形態学的特性に関する研究が不足している。今後の研究では、様々なレベルの女子選手の評価とテストに関して、より詳細に報告すべきである。これらの指標は、さらなる理論的研究に役立つ可能性がある。

まとめ

エリートレベルのスピード系および技術系スノーボード選手は、一般的に体脂肪率が低く、また身長と体重の特性に両者で違いがみられた。男子スピード系選手の身長と体重は、技術系選手をやや上回る。スピード系選手のこのような身長と体重は、競技パフォーマンスにプラスの影響を及ぼす

スノーボード競技における主要なエネルギー供給機構は無酸素性であった。技術系選手は無酸素性-非乳酸性のエネルギー供給機構の高い能力を必要とし、対するスピード系選手は解糖系エネルギー供給機構の高い能力を必要としていた。1日に行なわれるランの1本および複数本の間、およびレースの間に速やかに回復するための適切な有酸素性能力は、選手の成功にとって重要な要素である。

スノーボード選手における優れた下 半身の筋力、特に伸張性の力発揮と爆 発的な短縮性パワーの発揮は、高速で の滑走とターン、ジャンプの高さ、トリックの難易度、および着地の成功に 決定的な役割を果たす。さらに、技術 系スノーボード選手における踏み切り 速度と、スピード系スノーボード選手 におけるスタートおよびターン速度 も、競技の成功に大きな影響を及ぼす。 高い滑走速度を維持し、トリックの難 易度を上げるためには、動的な姿勢制 御の能力が重要である。

以上の要素を踏まえ、コーチは年間 を通して、下半身の筋力、特に伸張性の 力発揮と爆発的な短縮性パワーの発 揮、ならびに全身の筋力の最大化と、無 酸素性代謝の向上に重点を置くこと が、トップレベルの競技で成功を収め るために重要となるだろう。またレー スそのものだけでなく、リフトに乗る 時間や列に並んで待つことなど、競技 には多様な活動が伴うため、疲労から 迅速に回復する能力を向上させるため の有酸素性能力のトレーニングも、ト レーニング計画に含める必要がある。 さらには、スキルの遂行に影響を及ぼ しうる選手の形態学的特性をコント ロールするためにも必要である。

本稿で分析した研究を踏まえ、今後 の研究では以下の問題に焦点を当てる べきである。まず、形態学的プロフィー ルがパフォーマンスに及ぼす特異的な 影響について、さらなる研究を行なう ことが重要である。また、競技の1本 および複数本のランにおける無酸素性 および有酸素性エネルギー供給機構の 寄与率について理解を深める研究を行 なうことで、トレーニングと競技にお いて選手に課せられる内的負荷と外的 負荷の本質をさらに解明することがで きる。さらに、スノーボード選手のフィ ジカルトレーニングや競技パフォーマ ンスに対する反応を調査する科学的研 究も必須である。なかでも、特異的な 筋力特性の効果的な転移を強化し、ト レーニング効率を向上させることが急 務である。◆

References

- Back J, Hur S, Lee YM. Analysis of physiologic effect of snowboard deck in snowboarders. *Int J Multimedia Ubiquitous Eng* 9: 293-300, 2014.
- Chong HL, Ki-Jeong N, Back J. Biomechanical analysis of snowboard riding motions. J Biosci Biotechnol 8: 243-252, 2016
- Crewther B, Cronin J, Keogh J. Possible stimuli for strength and power adaptation: Acute metabolic responses. *Sports Med* 36: 65–78, 2006.
- Cronin JB, McNair PJ, Marshall RN. Power absorption and production during slow, largeamplitude stretch-shorten cycle motions. Eur J Appl Physiol 87: 59-65, 2002.
- Dann RA, Kelly V. Evidence-based strength and conditioning plan for freestyle snowboarding athletes. Strength Cond J 43: 1-11, 2021.
- Dann RA, Kelly VG. Considerations for the physical preparation of freestyle snowboarding athletes. *Strength Cond J* 44: 84–94, 2002.
- Dann K, Kristen KH, Knoeringer M, Boldrino C, Nehrer S. Snowboarding. History-injuries-risksnew materialstournament on-site servicesprevention. *Der Orthopade* 34: 433–440, 2005.
- Delecluse C, Coeckelberghs T, Vranken R. Effects of the different position of the feet in slalom and freestyle snowboarding on muscle activity of knee extensors. ISBS Conf Proc Arch 19: 62–65, 2001.
- Earp JE, Hatfield DL, Downing S. The cardiovascular, cardiopulmonary and metabolic demands of a simulated snowboard cross competition-An exploratory case study. *J Phys Educ Sport* 21(Suppl 6): 3305–3312, 2021.
- Frederick EC, Determan JJ, Whittlesey SN, Hamill J. Biomechanics of skateboarding: Kinetics of the ollie. J Appl Biomech 22: 33–40, 2006.
- Gathercole RJ, Stellingwerff T, Sporer BC. Effect of acute fatigue and training adaptation on countermovement jump performance in elite snowboard cross athletes. J Strength Cond Res 29: 37–46, 2015.
- 12. Gladden LB. Muscle as a consumer of lactate. *Med Sci Sports Exerc* 32: 764–771, 2000.
- 13. Harding WJ, James AD. Analysis of snowboarding performance at the burton open Australian halfpipe championships. *Int J Perform Anal Sport* 10: 66–81, 2010.
- 14. Haycraft JAZ, Gastin PB, Robertson S. The acute effect of maximal voluntary

- isometric contraction pull on start gate performance of snowboard and ski cross athletes. *Int J Sports Sci Coach* 11: 721–727, 2016
- 15. Hogg P. Preparation for skiing and snowboarding. *Aust Fam Phys* 32: 495–498, 2003.
- Jentschura UD, Fahrbach F. Physics of skiing: The ideal carving equation and its applications. *Can J Phys* 82: 249–261, 2004.
- 17. Jeon Y, Eom K. Role of physique and physical fitness in the balance of Korean national snowboard athletes. *J Exerc Sci Fit* 19: 1–7, 2021.
- 18. Kipp RW. Physiological analysis and training for snowboard's Halfpipe Event. *Strength Cond J* 20: 8–15, 1998.
- Klos K, Giemza C, Dziuba-Slonina A. Body balance in people practicing snowboarding. Acta Bioeng Biomech 21: 97-101, 2019.
- 20. KlousM, Müller E, Schwameder H. Threedimensional lower extremity joint loading in a carved ski and snowboard turn: A pilot study. *Comput MathMethods Med* 2014: 340272, 2014.
- 21. Krüger A, Edelmann-Nusser J. Biomechanical analysis in freestyle snowboarding: Application of a full body inertial measurement system and a bilateral insole measurement system. *Sports Technol* 2: 17-23, 2009.
- 22. Maffiuletti NA, Impellizzeri F, Rampinini E, Bizzini M, Mognoni P. Is aerobic power really critical for success in alpine skiing? *Int J Sports Med* 27: 166–169, 2006.
- 23. Mayhew JL, Salm PC. Gender differences in anaerobic power tests. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 60: 133–138, 1990.
- 24. McAlpine P. *Biomechanical Analysis of Snowboard Jump Landings: A Focus on the Ankle Joint Complex*. New Zealand: The University of Auckland, 2010.
- 25. Meyer NL, Shaw JM, Manore MM, et al. Bone mineral density of Olympic-level female winter sport athletes. *Med Sci Sports Exerc* 36: 1594–1601, 2004.
- 26. Noonan JM. The Biomechanical Demands of Snowboard Landings in Training with Elite Freestyle Snowboard Athletes. Liverpool: Liverpool John Moores University, 2018.
- 27. Platzer HP, Raschner C, Patterson C, Lembert S. Comparison of physical characteristics and performance among elite snowboarders. *J Strength Cond Res* 23: 1427–1432, 2009.
- 28. Polat M. An examination of respiratory and metabolic demands of alpine skiing. *J Exerc Sci Fit* 14: 76–81, 2016.

- 29. Raschner C, Müller L, Patterson C, et al. Current performance testing trends in junior and elite Austrian alpine ski, snowboard and ski cross racers. *Sports Orthop Traumatol* 29: 193–202, 2013.
- 30. Smith E, Larson A, DeBeliso M. The physical profile of elite boardercross snowboarders. *J Sports Sci* 3: 272–281, 2015.
- 31. Spasic M, Sekulic D, Lesnik B. Mechanical model of the relationship between the body mass of snowboarders and time needed to descend on slope. *Kinesiol Slov* 22: 16–22, 2016
- 32. Staniszewski M, Zybko P, Wiszomirska I. Evaluation of changes in the parameters of body stability in the participants of a nine-day snowboarding course. *Polish J Sport Tour* 24: 97–101, 2017.
- 33. Stanula A, Roczniok R, Gabrys T, et al. Relations between BMI, body mass and height, and sports competence among participants of the 2010 winter olympic games: Does sport metabolic demand differentiate? *Percept Mot Skills* 117: 837-854, 2013.
- 34. Szmedra L, Im J, Nioka S, Chance B, Rundell KW. Hemoglobin/myoglobin oxygen desaturation during Alpine skiing. *Med Sci Sports Exerc* 33: 232-236, 2001.
- 35. Tanyeri L, Erdil NG, Erdem K. The effect of coordination trainings performed on different grounds on the aerobic capacity of snowboardcross athletes. *Int J Sport Stud 7*: 50–55, 2017.
- 36. Tomlin DL, Wenger HA. The relationships between aerobic fitness, power maintenance and oxygen consumption during intense intermittent exercise. *J Sci Med Sport* 5: 194–203, 2002.
- 37. Turnbull J, Keogh JW, Kilding AE. Strength and conditioning considerations for elite snowboard half pipe. *Open Sports Med* 5: 1–11, 2011.
- 38. Vernillo G, Pisoni C, Thiebat G. Physiological characteristics of elite snowboarders. *J Sports Med Phys Fitness* 56: 527-533, 2015.
- 39. Vernillo G, Pisoni C, Thiebat G. Strength asymmetry between front and rear leg in elite snowboard athletes. *Clin J Sport Med* 26: 83–85, 2016.
- 40. Vernillo G, Pisoni C, Thie ´bat G. Physiological and physical profile of snowboarding: A preliminary review. *Front Physiol* 9: 770, 2018.
- 41. Vestly A. How to Spin to Win: A Study about the Biomechanical and Physiological Determinants in a Snowboard Jump. Sweden: Gymnastik-och Idrottshö-gskolan,

2012

- 42. Yan H, Liu P, Guo F. Factors influencing velocity away from decks in snowboard half-pipe. *J Shenyang Sport Univ* 28: 16–18, 2009
- 43. Yang F, Li H, Chen A. The optimization of snowboarding motion and the design of a new snowboard course. *Materials Characterisation VI: Computational Methods and Experiments* (Vol. 77), 2013. p. 181.
- 44. Żebrowska A, Żyla D, Kania D, Langfort J. Anaerobic and aerobic performance of elite female and male snowboarders. *J Hum Kinet* 34: 8–88, 2012.
- 45. Zemková E. Sport-specific balance. *Sports Med* 44: 579–590, 2014.
- 46. Zupan MF, Arata AW, Dawson LH, et al. Wingate anaerobic test peak power and anaerobic capacity classifications for men and women intercollegiate athletes. J Strength Cond Res 23: 2598–2604, 2009.

From Strength and Conditioning Journal Volume 45, Number 2, pages 131-139.

著者紹介



Zhiqiang Wang: Wuhan Sports Universityスポーツビッグデータ研究センターの博士課程に在籍。



Yaping Zhong:
Wuhan Sports Universityスポーツビッグデータ研究センターの教授。



Sugai Wang: Wuhan Sports Universityスポーツビッグデータ研究センターの博士号取得候補。