

# RSI REVISITED

## -反応筋力指数の再考-

PART1・2・3

A Comprehensive Manual By:  
EAMONN FLANAGAN, PhD

翻訳：長谷川 裕・長谷川 昭彦

# パート 1：反応筋力指数-RSI-はなぜ重要か？

## イントロダクション

2012年にNSCAのStrength and Conditioning Journal<sup>(1)</sup>に同僚のトム・カミンズ博士との共著で掲載された反応筋力指数(RSI)についての論文は、RSIについて初めて公表された文献ではなかったのですが、これをきっかけとして、RSIが研究やストレングス&コンディショニングの実用的な数値による指標として普及していったように思います。この3部構成のシリーズでは、トレーニング、評価、およびアスリートのモニタリングにおける実用的な指標としてのRSIを再考し、コーチにその起源を理解してもらうとともに、最新の研究をご紹介します。

## プライオメトリクスとストレッチ-ショートニングサイクル

スポーツ競技のためのひとつのトレーニング形式であるプライオメトリクスは、反動動作に続いて、素早い強力なジャンプまたはホップ運動が行われることをその一般的な特徴としています。例としては、デプスジャンプ、ハードルジャンプ、およびバウンディングといったエクササイズがあげられます。

これまでの研究で、プライオメトリクスの効果として示されているものには、ケガの防止、パワー向上、スプリントパフォーマンス改善、方向転換とアジリティー能力の開発、さらにはランニングエコノミーの向上があります。

プライオメトリクスによる形態学的変化はほとんどありません。つまりプライオメトリクスは筋肥大の原因とはならず、トレーニングに対する適応は、主に中枢神経系と末梢神経系のレベルで行われます<sup>(2)</sup>。

プライオメトリクスの基礎には、ストレッチ-ショートニングサイクル(SSC)という筋活動の特徴があります。SSCは、筋肉が収縮する直前に引き伸ばされるという自然な筋機能の一種です。SSCで見られるこのエクセントリック筋活動からコンセントリック筋活動への切り替えは、コンセントリック活動だけが生じるピュアコンセントリック筋活動よりも強力な筋出力を生みだします。この現象は、コンセントリックのみの「スクワットジャンプ」(SJ)よりも一般的な反動を伴う「カウタームーブメント」による垂直跳(CMJ)のほうが高く跳べるということからも簡単に確かめることができます。

SSCは、走、投、跳といった基本的なパフォーマンスにおける効率を増大させる筋機能の自然な形です。

SSC には多くのバイオメカニクスの要因が寄与すると考えられています。弾性エネルギーの蓄積と再利用、モーターユニットの動員の増加、SSC のエクセントリック局面全体にわたる筋力の増大、および筋紡錘からの反射メカニズム（伸張反射）が含まれます<sup>(3)</sup>。ここでは、これらの複雑なメカニズムについて詳しく説明しませんが、the Journal of Strength and Conditioning Research の 2008 年のレビューで Jacob Wilson 博士との共著でそれらを検討していますので興味なる方はそちらを参照してください<sup>(4)</sup>。

パフォーマンスを向上させるためのプライオメトリクスを実行するためには、以下のようメカニズムを機能させるための正確なエクササイズの実施方法が必要となります：

- 伸張反射による筋力の増強が生じるための、高速のエクセントリック筋活動。
- 弾性エネルギーを利用するための、エクセントリックからコンセントリックへの素早い切り替え。
- モーターユニットの動員を増大させるための、高速のエクセントリック筋活動および、エクセントリック局面からコンセントリック局面へ素早い切替え。
- 発揮筋力を増大させるための、低速のエクセントリック筋活動。

これらの運動特性のいくつかは相容れない性質を持ちます。伸張反射による発揮筋力の増強を利用するためには素早いエクセントリック筋活動が必要ですが、エクセントリック局面全体で大きな筋力を発生させるためには、エクセントリック筋活動はゆっくりと生じる必要があります。これら両者を同じプライオメトリックエクササイズ内で同時に発生させることはできません。

この点を考慮して、著名なドイツのスポーツ科学研究者であるディトマル・シュミットブライヒャー博士は、SSC が高速と低速のどちらかに分類できることを提案しました<sup>(5)</sup>。高速 SSC は、短い収縮時間または接地時間 (<0.250 秒) と、股関節、膝、足首の角度変化が小さいことが特徴です。これらは弾力性のある反応性のジャンプを指します。典型的な例は、デプスジャンプ、またはその場でのリバウンドジャンプです。低速 SSC は、収縮時間が長くなり (> 0.250 秒)、角度変化も大きくなります。最大努力の垂直跳(CMJ)などで観察されます。

このことから、接地時間または収縮時間（エクセントリックおよびコンセントリックを通過するのにかかる時間）を評価することによって、どちらのタイプの SSC を選手に対して正確に行わせるかをチェックできることになります。

## プライオメトリックトレーニングにおける接地時間の重要性

高速 SSC も低速 SSC のどちらも「ジャンプ動作」で評価されますが、高速 SSC と低速 SSC は互いにあまり関連していないことが研究によって明らかにされています。例えば、素晴らしいレベルの低速 SSC 能力を持つアスリートは、高い垂直跳の跳躍高を示しますが、これが高速 SSC 能力の明確な指標とはなりません。

以前、CMJ(カウンスタームーブメントジャンプ)テストとドロップジャンプ・テストによって、クロスカントリースキーヤーの高速 SSC と低速 SSC の両方を調べました<sup>(6)</sup>。どちらのテストも両脚での跳躍であり、股関節、膝、足関節の力強い伸展を伴うため、これらのテストは一見類似しているように見えます。しかしこの 2 種のジャンプパフォーマンスの間には弱い相関しかありませんでした。最高の垂直跳のジャンパーであるからといって、高速 SSC において必ずしも最高であるとは限らないのです。

ヨーロッパ有数のプロラグビーチームの 1 つであるレンスター・ラグビーは、あるカンファレンスでこの有益なデータを発表しています。彼らもまた、CMJ テストで最高のパフォーマンスを発揮するアスリートが、高速 SSC 動作で最高のパフォーマンスを発揮する選手ではないことを示しています。レンスター・ラグビーのフィットネス責任者であるダン・トービンは、自身の修士論文の一部として、高速 SSC と低速 SSC は、どちらもスプリントの加速能力に関係しているものの、身体的性質としては別物で、強く関連しているわけではないことを示しています。

古典的な研究論文で、ウォーレン・ヤングは、6 週間のプライオメトリックスのトレーニングプログラム後、高速 SSC パフォーマンスが 20% 向上したことを示しました。しかし、この高速 SSC の改善にもかかわらず、垂直跳の跳躍高（低速 SSC）と脚伸展筋力の改善は非常に小さいものでした<sup>(7)</sup>。

これらの結果は、S&C コーチにとって重要です。つまり、このように質の違う SSC のどちらか一方をトレーニングしたからと言って、必ずしももう一方の質が向上するわけではありません。高速 SSC 能力がアスリートの競技パフォーマンスの制限要因である場合には、それ自体を評価してトレーニングする必要があるため、この選手が低速 SSC を使う CMJ のテストとトレーニングを行っても効果的とは言えません。すべての「ジャンプ」系のトレーニング方法が同じ要素で構成されているわけではないからです。

前述のように、高速 SSC と低速 SSC の主な違いは、高速 SSC には、「高速で短時間のエクセントリック筋活動」と、「エクセントリック筋活動からコンセントリック筋活動への素早い切替え局面」を伴うことです。逆に、低速 SSC では、エクセントリック筋活動が長く、コンセントリック筋活動への切り替え局面も長くなります。SSC の「反射」によるパフォ

パフォーマンス向上の大きさは、エクセントリック筋活動の速度に応じて増加し、繰り返し局面に要する時間の延長とともに減少します<sup>(8)</sup>。その結果、高速 SSC のプライオメトリクスでは、はるかに大きな関節モーメント、出力、および力の立ち上がり率(RFD)が観察されます。低速 SSC プライオメトリクスでは、力を発生させるための時間の増加により、ジャンプの高さと出力が大きくなっています。

研究を進めていくなかで、明確となってきたことは、低速 SSC は最大筋力とより密接に関連している<sup>(9)</sup>のに対して、高速 SSC には反応筋力特性がより密接に関係しているということです。

では、「反応筋力」とは何でしょうか？また、なぜそれが重要なのでしょうか？

## 反応筋力・RSI

反応筋力は、高速 SSC 機能の別の表現です。すなわち、エクセントリック局面からコンセントリック局面に素早く切り替える能力と、最短時間で最大の力を発揮する能力を示しています。また、ふくらはぎの筋-腱複合体へのストレスの測定値としても説明されています。

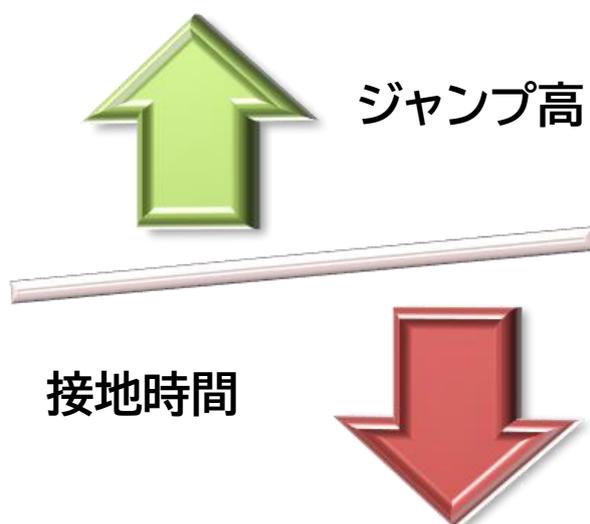
2011 年のオーストラリアの研究者グループによる詳細な調査研究<sup>(10)</sup>で、この身体的特性の重要性が説明されています。彼らは、フィールドスポーツのアスリートによるスプリントの加速能力を説明するためのバイオメカニク的要因とパフォーマンス要因を明らかにしようとして、20 名の男性のフィールドスポーツ・アスリートの筋力、パワー、その他のさまざまなバイオメカニク的指標を測定し、0~5m および 0~10m の加速と比較しました。

その結果、スプリントの速い選手は、遅い選手と比較して、10m スプリントにおける接地時間が著しく短いことがわかりました。また、スプリントの速い選手は遅い選手に比べて明らかに大きな反応筋力も示しました。CMJ、バウンディングテスト、3RM バックスクワット等々のさまざまなテストと比べて、実際にスプリント測定におけるアスリートの速いか遅いかの最大の差別化要因であったのは、反応筋力テストの結果だったのです。この研究の著者らは、反応筋力の質によって、スプリントにおけるより優れた加速能力の要因である短い接地時間を説明できるだろうと指摘しています。すなわち、「より高いエクセントリック負荷に耐え、これをより短い時間でコンセントリックに変換できる」ことが質の高い反応筋力ということになります。より短時間でより大きな力を加えることが、運動能力の点で純粋に何よりも重要なポイントとなるからです。

ウォーレン・ヤングと彼の研究チームは、オーストラリアン・フットボール選手の反応筋力と方向転換能力の関係を調査しました<sup>(11)</sup>。彼らは、ドロップジャンプ・テストでの反応筋力を評価し、方向転換テストでは光電管を使用して、急加速と左右へのカッティングを評価

しました。その結果、反応筋力が 10m スプリントの加速能力および方向転換能力と相関していることを発見しました。方向転換テストでより速い選手は、遅い選手よりもはるかに高い反応筋力 (>25%差) を示したのです。また、「脚伸筋の反応筋力は方向転換速度のパフォーマンスにとって重要である」とも述べています。これは非常に理にかなっています。なぜなら方向転換という課題に必要な地面を素早く踏み込むという動作には、股関節、膝、足首を伸展させる筋の高速 SSC が含まれるからです。彼らは結論としてこう述べています。「加速と反応筋力を改善するようにプログラムされたトレーニングは、例えば野球のベース間を走るなどの方向転換速度を必要とするスポーツで、パフォーマンスの向上をもたらすであろう。したがってこれらに関連する体力要素を開発するためのコンディショニングが推奨される。」

反応筋力は主に RSI によって評価されます。RSI は、2つの要素の単純な比率です。第1に、どれだけ高くジャンプできるか、第2に、どれくらい速く(短い接地時間で)ジャンプできるか、です。そして指数は、「ジャンプ高」を「接地時間」で割って計算されます。たとえば、200msec (0.2sec) の接地時間で 50cm (0.5m) ジャンプした場合、RSI は  $0.5 \div 0.2$  で 2.5 になります。RSI は、ジャンプ高が高くなるか、接地時間が短くなることによって改善できます。

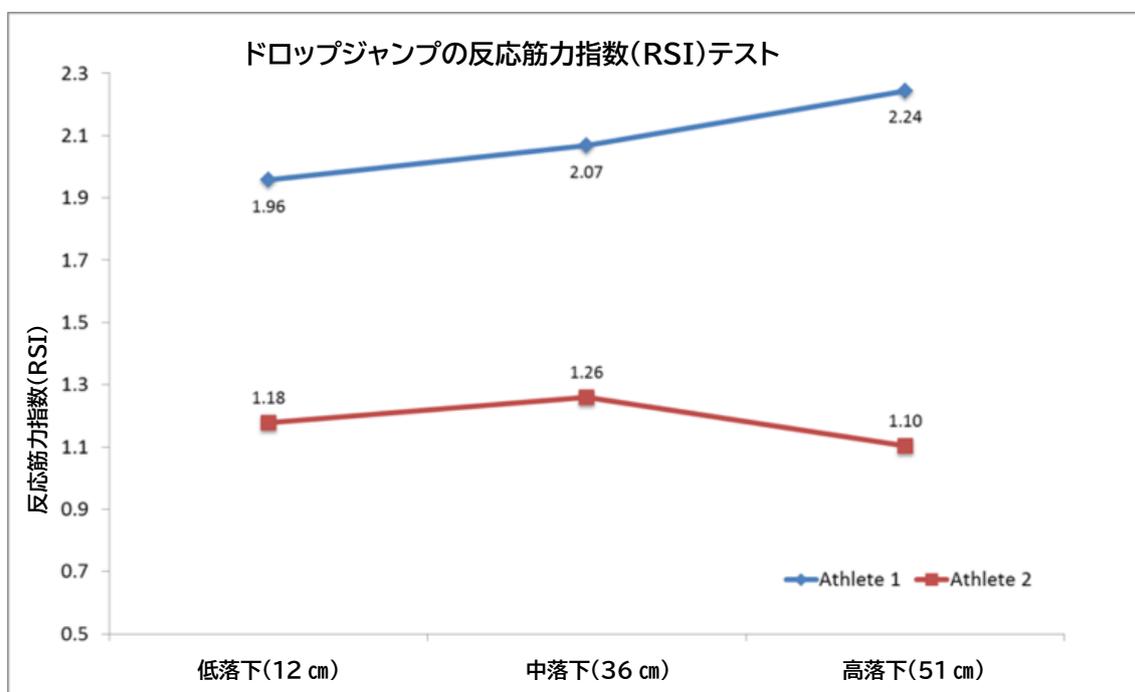


従来、RSI はジャンプマットのドロップジャンプを使用して測定されてきました。マットは、ドロップジャンプでの接地時間を直接測定し、アスリートの「滞空時間」に基づいてジャンプ高を計算します ( $\text{ジャンプ高} = 1/8 * \text{重力加速度} * \text{滞空時間}^2$ )。RSI は、高い精度(したがって高価)のフォースプレート、または Enode、OUTPUT のような、より手頃なウェアラブル慣性センサーなどを使用して取得することもできます。

接地時間と RSI は、高速 SSC プライオメトリクスのトレーニングを評価するための優れたツールです。また、トレーニング中の優れた動機付けのツールとしても機能し、アスリーートのモチベーションを高め、高速 SSC プライオメトリクスで最大限の努力を選手に対して促すことができます。接地時間のみを使用して、実行される運動が高速 SSC (<250ms) の接地基準の範囲内にあるかどうかをチェックすることもできます。さらに RSI のモニタリングによって、プライオメトリクスの進捗を評価し、より複雑な種目を実施した場合もエクササイズが適切に行えているかをチェックするための判断材料となります。

RSI を使用することで、発揮パフォーマンスと傷害リスク管理の両方の観点から、デプスジャンプの高さを最適化できます。この最適化プロセスでは、複数の台高 (15、30、45、60 cm など) でひとつの高さあたり 2~3 回のドロップジャンプを実行し、それぞれのジャンプ高、接地時間、RSI を調べます。これにより、各選手のプライオメトリック・プロフィールが作成されます。ドロップジャンプの台高が増加しても RSI が維持または改善され、かつ接地時間が 250 ミリ秒の域値未満に維持されている場合、選手が持つ反応筋力は、そのデプスジャンプの強度に十分対応できていると想定できます。逆に RSI の減少または接地時間が 250 ミリ秒以上になる場合、トレーニング刺激が筋肉-腱システムへの過度のストレスを伴う不適切な高さになっている可能性があります。

以下の図は、エリートレベルのジュニアラグビー選手の 2 つの実際のデータで RSI プロファイルの概要を示しています。



アスリート 1 は、体格が大きな選手で、下半身の最大筋力が高く (体重 94kg でスクワッ

ト 1RM は 205kg)、非常に優れたスプリント能力 (40m を 5.01 秒) を備えています。アスリート 2 はトレーニング経験がはるかに浅く、体組成プロファイルは貧弱です。彼もまたアスリート 1 と同様、非常に優れたスプリント能力 (40m を 4.98 秒) を持っていますが、筋力レベルはまだ発達段階です (体重 94kg でスクワット 1RM は 150kg)。

この簡単なドロップジャンプ・テストプロトコルで、選手の反応筋力を個別に評価することができます。アスリート 1 は、各台高において、より優秀な反応筋力特性を持っていることがすぐにわかります。また、コーチが 2 人の選手の高速 SSC プライオメトリクスのトレーニング強度を個別に設定するのにも役立ちます。アスリート 1 の最適な台高は約 50cm ですが、アスリート 2 の台高は 12~36cm です。アスリート 2 の予想される「最適な」台高がこのように低い場合、コーチは、ポゴホップやリバウンド・ミニハードルホップなど、より単純で低強度の高速 SSC プライオメトリクスの使用を検討する必要があります。このシリーズの最後のほうでは、高速 SSC プライオメトリクスの強度と反応筋力エクササイズの間隔を踏んだ導入方法について説明する予定です。

バーンら (2010) <sup>(12)</sup> は、RSI テストを通じて各被験者の最適なデプスジャンプの台高を特定し、その台高のみを使用して 3~5 セットのドロップジャンプトレーニングを 8 週間にわたって週 2 セッション行いました。その結果、テストされた台高の全範囲にわたる反応筋力の大幅な改善が示されました。この結果は、最適化プロセスによって導かれるプライオメトリクスが、反応筋力の向上に非常に効果的であることを示しています。

高速 SSC プライオメトリクスの重要性と、トレーニングで発揮されるパフォーマンスとトレーニングの進行を分析し評価するための RSI の価値をわかって頂けたでしょうか。

反応筋力は、アスリートのパフォーマンス能力を診断し向上させるための重要な部分です。しかし多くの伝統的なジャンプトレーニングには、高速 SSC を刺激するために必要な運動特性が充分ではありませんでした。

私が今回紹介したのは、RSI のほんの表面にすぎません。この続きとして次のパートでは、RSI を使用して高速 SSC 機能を評価し、トレーニングに繋げることができる、いくつかの追加テストの概要を説明します。また、アスリートの疲労と「トレーニングの準備状態」を評価し管理するためのモニタリングツールとしての RSI の使用についても見ていきます。プライオメトリクスの具体性についてさらに掘り下げ、その強度を管理するためのガイドラインを提供していきたいと思っています。

## パート 1 参考文献

1. Flanagan, E.P. and Comyns, T.M., 2008. "The use of contact time and the reactive strength index to optimize fast stretch-shortening cycle training." *Strength & Conditioning Journal*, 30(5), pp.32-38.
2. Marković, G., Jukić, I., Milanović, D. and Metikoš, D., 2005. "Effects of sprint and plyometric training on morphological characteristics in physically active men." *Kinesiology*, 37(1), pp.32-39.
3. Flanagan, E., 2009, August. "Understanding and optimising plyometric training." In *ISBS-Conference Proceedings Archive* (Vol. 1, No. 1).
4. Wilson, J.M. and Flanagan, E.P., 2008. "The role of elastic energy in activities with high force and power requirements: a brief review." *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(5), pp.1705-1715.
5. Schmidtbleicher, D., 1992. "Training for power events." *Strength and Power in Sport*, 1, pp.381-395.
6. Flanagan, E.P., 2007, December. "An examination of the slow and fast stretch shortening cycle in cross country runners and skiers." In *ISBS-Conference Proceedings Archive* (Vol. 1, No. 1).
7. Young, W.B., Wilson, G.J. and Byrne, C., 1999. "A comparison of drop jump training methods: effects on leg extensor strength qualities and jumping performance." *International Journal of Sports Medicine*, 20(5), pp.295-303.
8. Bobbert, M.F., Huijting, P.A. and van Ingen Schenau, G.J., 1987. "Drop jumping. I. The influence of jumping technique on the biomechanics of jumping." *Med Sci Sports Exerc*, 19(4), pp.332-8
9. Nuzzo, J.L., McBride, J.M., Cormie, P. and McCaulley, G.O., 2008. "Relationship between countermovement jump performance and multijoint isometric and dynamic tests of strength." *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(3), pp.699-707.
10. Lockie, R.G., Murphy, A.J., Knight, T.J. and de Jonge, X.A.J., 2011. "Factors that differentiate acceleration ability in field sport

athletes.” *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(10), pp.2704-2714.

11. Young, W.B., Miller, I.R. and Talpey, S.W., 2015. “Physical Qualities Predict Change-of-Direction Speed but Not Defensive Agility in Australian Rules Football.” *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(1), pp.206-212.
12. Byrne, P.J., Moran, K., Rankin, P. and Kinsella, S., 2010. “A comparison of methods used to identify ‘optimal’ drop height for early phase adaptations in depth jump training.” *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(8), pp.2050-2055.

## パート 2 : 反応筋力指数再考

段階的に台高を上げるドロップジャンプ・テスト (DJ-RSI テスト) で反応筋力を評価するためのシンプルな方法の説明でパート 1 は締めくくりました。この方法は、ドロップジャンプ・トレーニングを安全かつ効果的に行うための一つの方法ですが、アスリートの反応筋力を評価するにはさらにこれ以外の別の方法もあります。

ドロップジャンプは、単発の最大努力での反応筋力 (RSI) を測定しますが、RSI は、連続ホップや連続ジャンプでも測定できます。また、反応筋力の数値をすばやく簡単に取得したいというコーチのためには、「リバウンドジャンプ・テスト」を実施することができます。これならば、選手に何回も連続してジャンプを反復させる必要がなくなります。この方法であれば、さまざまなボックスを用意する必要もなくなり、単発のジャンプで RSI スコアを記録できます。

### リバウンドジャンプ・テスト

リバウンドジャンプ・テストは、DJ-RSI テストに代わるシンプルですぐできる方法です。ドロップジャンプに比べエクセントリックの強度は低いですが、同じ反応筋力の質を評価します。リバウンドジャンプ・テストでは、選手は初めにカウンタームーブメント・ジャンプ (CMJ) を 1 回実行しますが、その着地からすぐに再びジャンプします。この 2 回目のジャンプであるリバウンドジャンプ (RBJ) での注意点は、できるだけ足関節を固めて接地時間を最小限に抑えつつ高くジャンプし、高速 SSC 動作を行うことです。

パート 1 で説明したクロスカントリースキーヤーの調査研究で使用された反応筋力テストはこのリバウンドジャンプ・テストでした。RBJ は、迅速、簡単、かつ信頼性が高いことが証明されています<sup>(1)</sup>。

リバウンドジャンプ・テストにおいては、意識的であれ、または無意識的であれ、リバウンドジャンプのための落下高を「自己選択」できてしまうという点に注意する必要があります。選手は、最初の CMJ のジャンプの高さをコントロールできてしまうため、その後のリバウンドジャンプの強度と負荷がそれによって決められてしまいます。

私は、エリートアカデミーのラグビープレイヤー (19~21 歳) を使って、RBJ と段階的 DJ-RSI テストの違いを探りました。選手は 3 つの落下高で DJ-RSI テストを行い、また、リバウンドジャンプも実施しました。下に示す図 1 のグラフはそれらのデータを比較したものです。リバウンドジャンプでは、各台高のドロップジャンプと非常に近い RSI スコアを発揮しましたが、段階的 DJ-RSI プロセスにおける「最適な」台高で得られる RSI には及びませんでした。

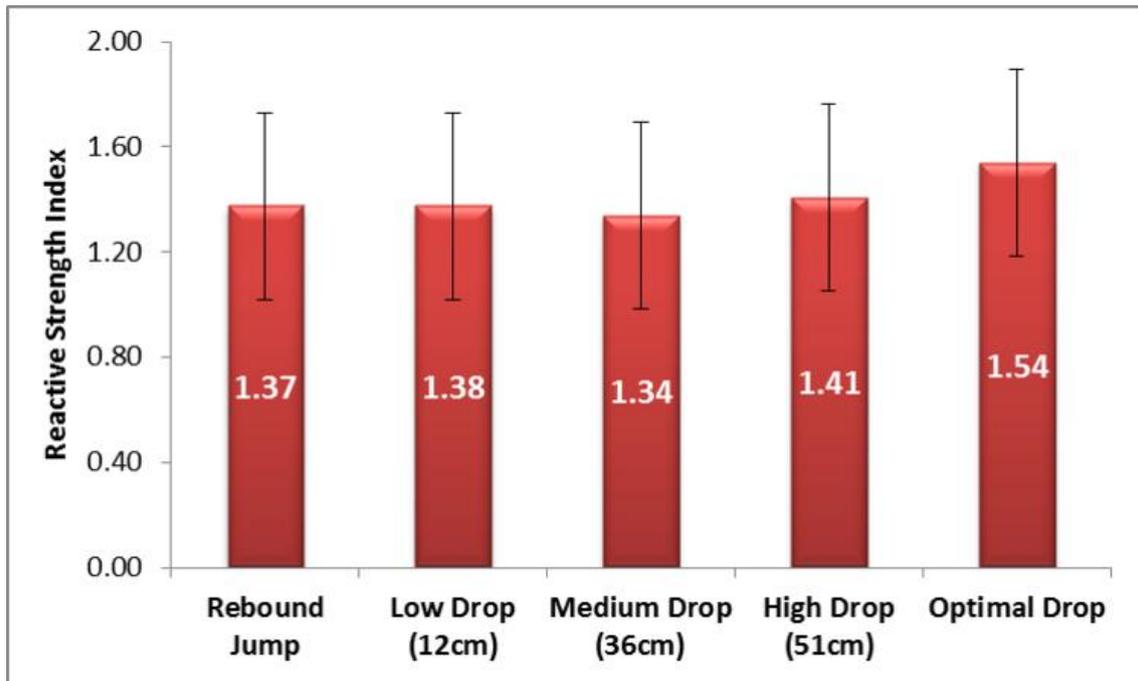


図 1：リバウンドジャンプの RSI:反応筋力指数と段階的 DJ-RSI テストの結果。  
アカデミー ラグビー選手を対象 (n = 12;非公開データ)

強調しておきますが、私自身は段階的 DJ-RSI テストの大ファンです。このテストを行うことによってドロップジャンプにおいて詳細な調整ができるようになります。これは、トレーニング適応の観点からプライオメトリックエクササイズ重要なポイントになります (パート 3 でこのエクササイズについて詳しく説明します)。しかしながら、リバウンドジャンプ・テストは、時間を節約しながら、プログラムの主要なチェックポイントで選手の RSI データを収集できる優れた代替手段となり得ます。ですから、もし私が、選手数が非常に多いチームで限られた時間で仕事をしなければならないとしたら、選手の反応筋力レベルの基準を素早く得るためのテストとしては、リバウンドジャンプを選択することになるでしょう。

## 10/5 RSI テスト

反応筋力をテストするための別の方法としては、連続両足ホッピングがあります。突き詰めて考えれば、競技スポーツにおいて、単発の高速 SSC のみで成功を得られるような動作はほとんどありません。ランニングベースのスポーツの大部分は、効率的な高速 SSC を繰り返し発揮する能力が重要となります。これを考慮すると、反応筋力は、連続的な課題によって評価することが理にかなっているようです。そのための 1 つのオプションが、10/5 RSI テストです。私の知る限りでは、このテストプロトコルと分析方法は、イギリス York St.

John 大学のダミアン・ハーパーによって考案されました。このテストでは、リバウンドジャンプ・テストと同様に、アスリートは1回カウンタームーブメント・ジャンプを実行しますが、着地するとすぐに、10回連続の両足ホップを行います。その10回の中でRSIが「高かった5回」の平均値がテストのスコアになります。このテストの妥当性と信頼性については、2011年のイギリス・スポーツ運動科学会で報告されています<sup>(2)</sup>。

多くのスポーツの様々なレベルの選手を対象にこのテストを使用して見た結果、このテストは、特にトレーニングプログラムで普段あまりドロップジャンプを実施していない選手のための、私にとってのお気に入りの反応筋力テストになりました。選手はこのテストの要点をすぐに理解し、習得します。

ホッピングを何回も連続して行うというこのテストの特性は、高速SSCを繰り返す運動そのものと言えるランニング動作が不可欠なスポーツと深い関係にあります。また、このテストで示される反応筋力のスコアは、ドロップジャンプ・テストによるスコアと非常に近似しています。

このテストでは、何回も続けてジャンプする結果、跳び続けている間に足と地面の間の「硬さ」の関係を自動的に調整することが可能となり、1回目のジャンプから10回目のジャンプまでどんどんRSIが高くなるという現象がしばしば観察されます（図2を参照）。

私はまた、セット内のラスト5回の平均値をとるだけで、上述したベスト5を選んでその平均値を取ると統計的に類似したRSIスコアが得られることも見出しました。

PUSH2.0 アプリでは、「RSI-STIFFNESS テスト」として、この素早く簡単な分析方法があらかじめ組み込まれています。このテストを実施する際には、選手に対して「ジャンプの高さは気にせず、接地時間を短縮することを意識してホップするように」と指示して少し練習してから行ったほうが正しい結果を得やすくなります。接地時間が計測できる機器を使用する場合はこの事前練習で得られた数値をチェックし、接地時間が250ミリ秒を下回っておれば、3~4分の休憩時間の後、「この接地時間を維持しつつ今度はできるだけ高く跳ぶように」と指示して本番のテストを行います。このやり方は短い接地時間と最大努力でのジャンプ高のバランスを取るのに効果的です。ちなみに、私の経験上、接地時間は常に250ミリ秒の値をはるかに下回っており、通常150~200ミリ秒となります。

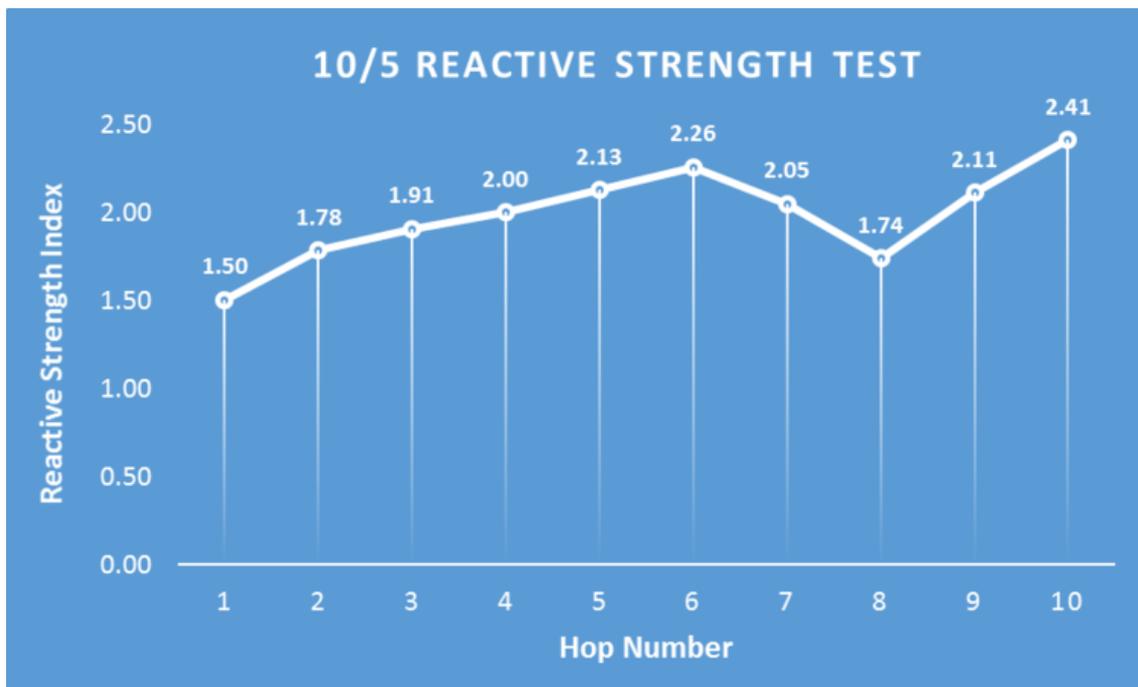


図2：ウィンタースポーツ選手の10/5 RSI テストのデータ例

以上、皆さんを混乱させることなく、反応筋力を測定するためのいくつかのオプションを説明できたと思いますがいかがだったでしょうか？コーチが必要とするのは、そのテストによって知りたいことが知れて、その結果に信頼性があること、そしてコーチと選手のニーズに応じた解決策をテスト結果から提供されることにつきます。

段階的 DJ-RSI テストは、最大の運動強度を伴うやや複雑なテストですが、すべてのプライオメトリクスのキーとなるエクササイズについて最も正確に測定でき、高強度のプライオメトリクスを最も効果的に行いたい筋力系またはパワー系の競技選手にとって理想的なテストです。

リバウンドジャンプ・テストは、優れた「スナップショット」ツールと言えます。選手の反応筋力をすばやく簡単に評価したい大規模なグループで作業するコーチにはぴったりです。リバウンドジャンプ・テストで見られる運動強度を「自己調整」できるという特性は、段階的 DJ-RSI テストで要求される負荷に耐えられない初心者のアスリートにとっても良い選択肢です。

10/5 RSI テストは、高速 SSC の連続発揮を通じて反応筋力を評価する手段となり、ランニング動作が不可欠となるスポーツの選手にぴったりです。

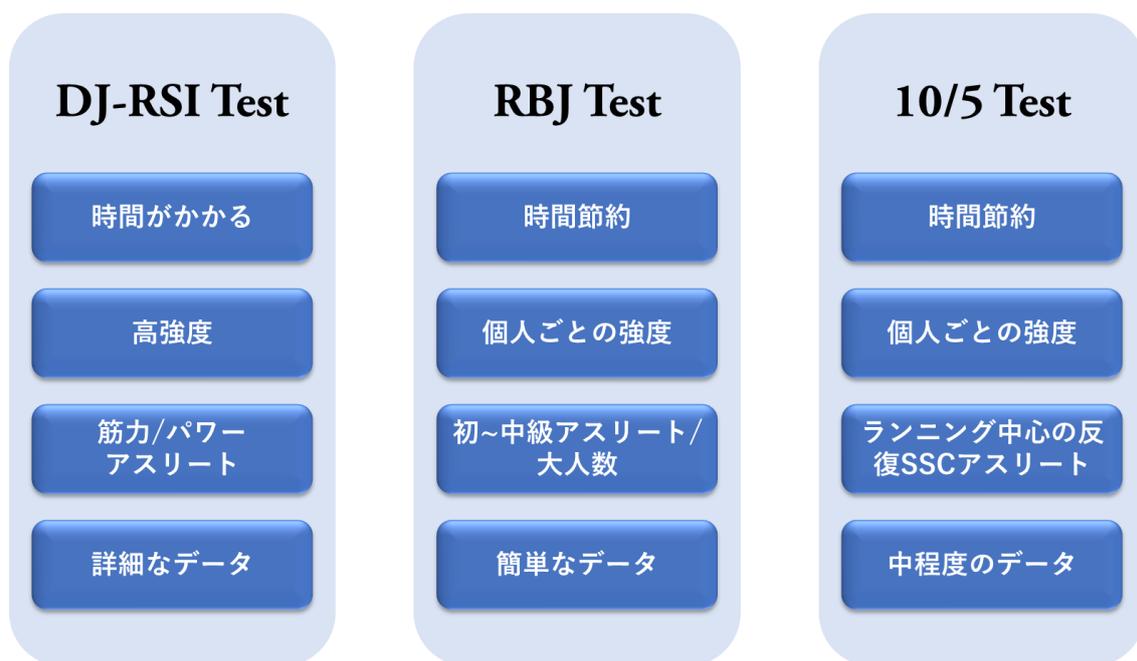


図3：RSI：反応筋力指数のテストオプション

驚くべきことに、RSI テストの使用が増加しているにもかかわらず、公開されている RSI の基準値は限られています。以下の図 4 は、コーチが RSI の結果を解釈する際に役立つ基準値の概要です。これは、さまざまなスポーツで RSI をテストした私自身の経験と、科学文献で公開されている限られた規範的データに基づいています。

このデータを参考にする上で注意することが何点かあります。最初に、ジャンプの際には、腕振りなし（腰に手を当てる）でテストが実行されているということが前提となっているという点です。腕振りが行われると、跳躍動作ではより高いスコアが得られます。このシリーズのパート 1 で説明したように、RSI は、ジャンプの高さ（m）を接地時間（秒）で割ったものとして計算されますから、腕振りによって跳躍高が大きくなると RSI が変わってしまう点に注意する必要があります。

次に、一部の調査研究では、RSI は滞空時間（ジャンプ中に地面から足が離れている合計時間）を接地時間で割ったものとして報告されています。これにより、「ジャンプ高/接地時間」の方法よりもはるかに大きな RSI スコアが得られます。どちらの方法も完全に有効ですが、結果の絶対値が異なります。私の好みはジャンプ高方式です。選手もコーチもジャンプの概念として、ジャンプ高の方が滞空時間よりもはるかに直感的に理解しているからです。

また、テストで使用される地表面が結果に影響を与えることも認識しておく必要があります。やわらかい地表面（ゴムのマット）は、より硬い地表面（弾力性のあるフローリング）に比べて RSI スコアが低くなります。

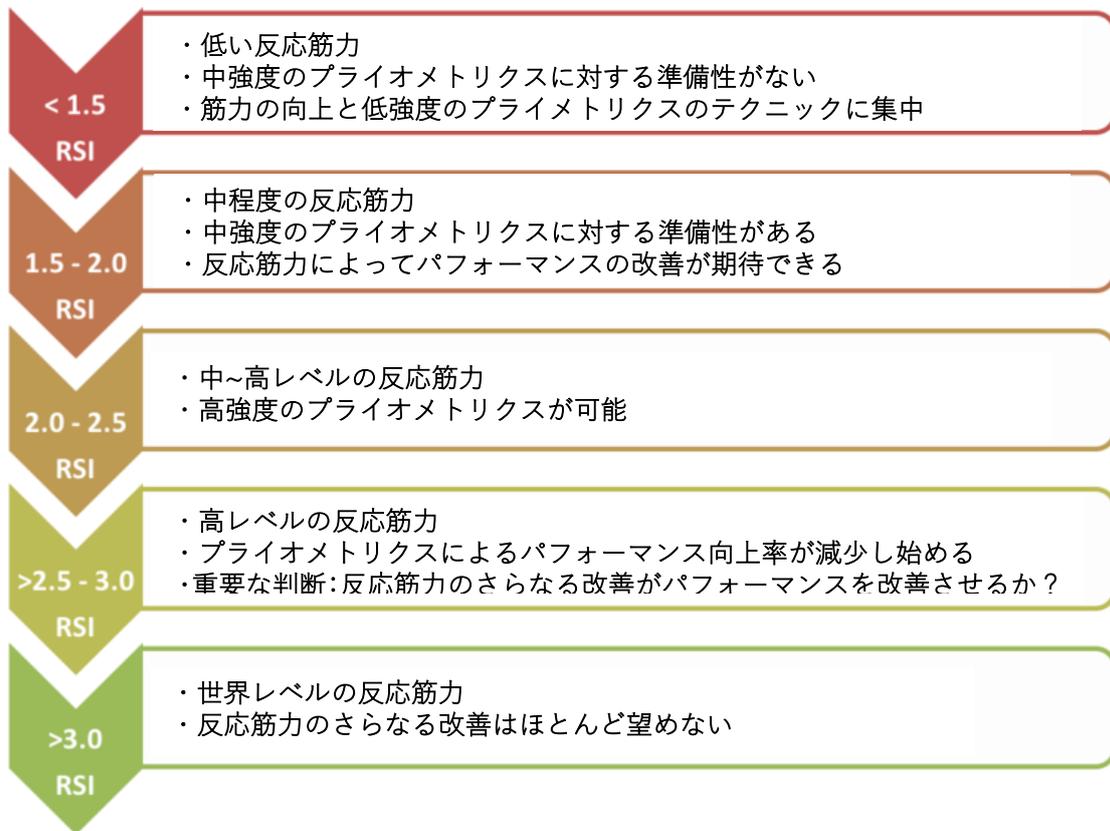


図 4：ドロップジャンプの反応筋力指数の基準値

図 4 は、一般的な基準であり、そのスポーツにおける反応筋力の重要度が異なる様々なスポーツの選手によって得られた結果であるという点にもご注意ください。

反応筋力の改善を追求する過程で、「どれくらい強ければ十分に強いと言えるか」について批判的に考えなければなりません。パート 1 で説明したように、反応筋力テストは足関節、特に下腿-アキレス腱の筋-腱複合システムが評価されます。反応筋力にとっては、股関節と膝関節で生成された力積を効果的に地面に伝達できるようにすることがキーポイントとなります。多くの選手にとって、足関節の能力が低く接地時に力が「漏れる」場合、股関節と膝関節がどれほど強力でも優れた反応筋力の発揮には役立ちません。ただし、その逆も当てはまります。股関節と膝関節の筋力とパワーが低い選手に対して、反応筋力の発達を目的としたトレーニングを継続しても、期待したトレーニング効果が得られない可能性があります。

また、スポーツ競技場面で要求される反応筋力の特異性について深く考える必要があります。たとえば、短距離走者にとっては、RSI の最大値が重要になります。競技中の全て

の接地で足から地面へ大きな力を素早く伝える必要があるからです。一方、ボクサーは、反応筋力の「最小基準値」でも十分かもしれず、その反応筋力を維持する機能（反応筋力の持久性）がより重要と言えるでしょう。選手の個々のニーズを検討する必要もあります。彼らの長所と短所はどこでしょうか？ 反応筋力を優先的に発達させる必要があるでしょうか？それとも他に優先すべき身体特性がありますか？ コーチは以下の規範的なデータを少々吟味して、より広い身体特性評価の一環として、選手個人やスポーツ特性のニーズに関連する独自のデータベースを構築する必要があります。

## モニタリングツールとしての反応筋力テスト

このところ、選手の神経-筋疲労を評価するためのモニタリングツールとして、反応筋力テストを用いることに人気が高まっています。神経-筋疲労は、選手の筋力・パワー出力の低下によって特徴づけられます。そのため、反応筋力テストは、コーチが選手の疲労レベル、トレーニング準備状態、トレーニングと競技プロセスへの急性および慢性の適応を評価するのに役立ちます。

従来、疲労レベルの調査には、垂直跳やカウンタームーブメント・ジャンプなどの単純なテストが使用されてきました。これらのテストでは、ジャンプ高というシンプルな「結果」を、毎週測定し、どこにパフォーマンスのピークが来るかを探して、トレーニングの負荷管理のための根拠のある判断に使用してきました。しかし、ジャンプ高などの「結果」の使用には制限があります。人の身体には驚くべき順応性があり、疲労時にはジャンプ高のような結果を維持するための代償戦略を採用できます。たとえば、疲労している選手でも通常のように高くジャンプできるかもしれませんが、いつもとは異なる様式でジャンプしているかもしれません。それらの例としては、エクセントリック局面により長い時間をかけることや、エクセントリックからコンセントリックへの切り替えに時間をかけることなどがあります。基本的に、好調時と同様のジャンプ高を引き出すために使用できるジャンプの様式は無数にあります。ジャンプ高という「結果」を評価するだけでは、これらの異なるジャンプの様式を区別することはできません。

オーストラリアの S&C コーチでありスポーツ科学者でもあるスチュワート・コーマックは、オーストラリアン・フットボールのフルシーズンにわたってこの問題を広範囲にわたり調査しました。彼はシーズン全体の 22 試合で毎週、CMJ の高さ と RSI を測定しました<sup>(3)</sup>。その結果、RSI の値は、ジャンプ高のみでの評価と比較して、変化に対してより敏感であり、神経-筋疲労をよりよく表していました。

アメリカのフィールドホッケーのパフォーマンス・サイエンスディレクターであるデイブ・ハミルトンも、神経-筋疲労モニタリングツールとしての反応筋力の使用について詳し

く語っています。ある調査研究<sup>(4)</sup>で、彼はユースサッカー選手のトーナメント大会中に、ドロップジャンプ・テストによる RSI を調べ、トーナメントの全試合である 4 試合で出場時間が長い選手において、反応筋力が大幅に減少していることを発見しました。彼の研究はまた、反応筋力のモニタリングは、長距離移動によって神経-筋機能が受ける影響を検出するのに十分な感度があるかもしれないことを示唆しました。調査したサッカー選手では、14 時間の大陸間移動の後、反応筋力の有意な低下がみられました。

ハミルトンは、2012 年の英国ストレングス&コンディショニング協会のカンファレンスで、モニタリングツールとして RSI を使用した応用研究についても発表しました。彼は 2012 年のオリンピックまでの 4 年間、ホッケーの英国代表チームに帯同した研究発表で、モニタリングの指標としての RSI の有用性をさらに強調しました。RSI テストはシンプルで信頼性が高く、再現性があり、どこでも実行できるため、「移動」に多くの時間を費やすチームにとっては、採用を考慮すべき重要事項のひとつとなり得ます。RSI はトレーニングの負荷にも反応するようで、潜在的なオーバートレーニングの可能性のある選手を発見するためにも使用できます。

ハミルトンは、RSI が、テーパリングや「ピーキング」といった戦略の有効性を評価するための優れた方法となることも説明しています。テーパリング期にトレーニング量を減らすと、それに伴ってどのような神経-筋機能の改善が期待できるのでしょうか？

反応筋力のような変数は、ジャンプ高とジャンプを実行するのにかかる時間（接地時間）の両方を見るため、疲労を両側面から考えることができます。ジャンプ高の小さな減少と接地時間の小さな増大を組み合わせると、RSI に大きな変化が生じます。これは神経-筋疲労を継続的に評価するために理想的な感度の高い測定と言えます。条件次第で、DJ-RSI テスト、リバウンドジャンプ・テスト、または 10/5 RSI テストのどれもが適切なモニタリングツールになり得ます。

アイルランドの国際ジュニアラグビーチームとの共同研究の一環として、PhD であり S & C のコーチでもあるクリス・ビーティーは、2013 年の欧州 6 개국対抗ラグビー全体で、DJ-RSI の測定・分析を行いました<sup>(5)</sup>。この調査により RSI は、激しい試合期間の変化に対して信頼性が高く、敏感であることがわかりましたが、RSI を使用して選手の神経-筋疲労状態をモニタリングする際に以下のような考慮すべきいくつかの重要なポイントが浮き彫りになりました。

1) RSI をモニタリング指標として使用することは、トレーニングプログラムで定期的に高速 SSC プライオメトリクスを実施し、関連するテクニックを十分に経験している選手に対しては最適です。しかし、経験の乏しい選手では、テストごとにパフォーマンスが変動しや

すく、「疲労」と貧弱なテクニックからくる結果の「不安定性」を区別するのが難しい場合があります。

2) モニターされている各選手について、一定期間データを収集し、ベースラインとなる個々の域値を適用して、意味のある変化を検出し、「変動によって騙されていない」ことを確認する必要があります。以下の図5は、これらのベースラインと個々の域値を、個々のアスリートのデータに適用する方法を示しています。

3) 疲労は複数の要因が複雑に関係して生じるものであり、代謝的、構造的、神経筋または心理的要素で構成されます。反応筋力テストは、選手の神経-筋疲労レベルの推察を可能にしますが、すべてが正確にわかる魔法ではありません。包括的なアスリート・モニタリングシステムの一部として、他の適切な指標と組み合わせて使用する必要があります。

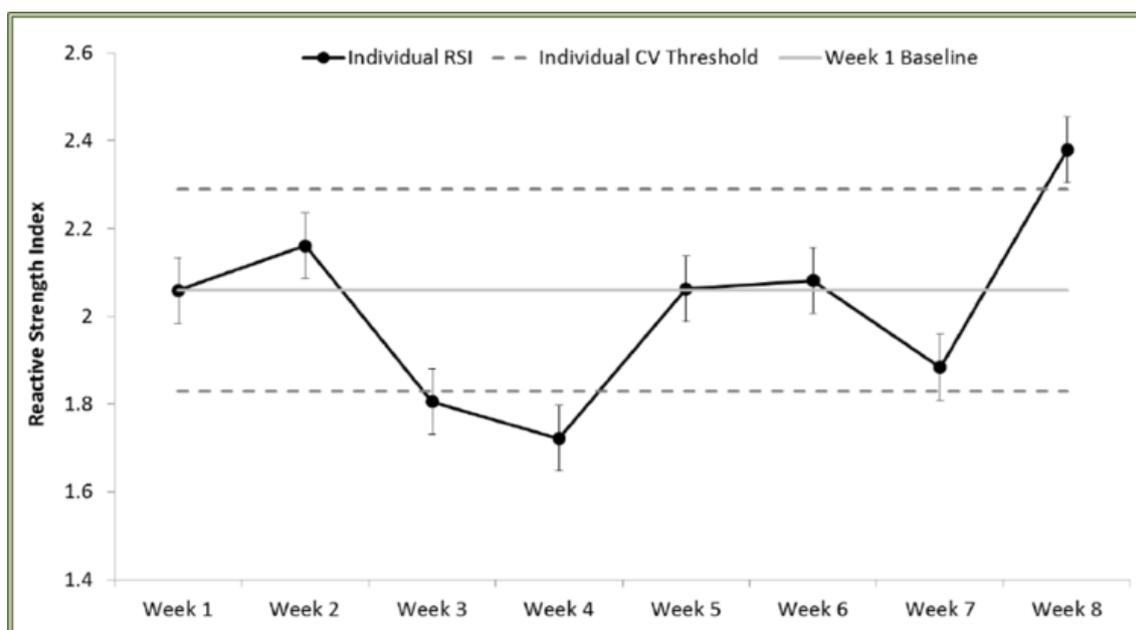


図 5: 8 週間の競技期間中に示されたあるアスリートの DJ-RSI およびその変動係数 (CV) 域値の例。プレイヤーは、4 週目に神経-筋機能の有意な低下を示し、8 週目に有意な増加を示しています。

これで、従来の段階的 DJ-RSI テストに代わる反応筋力テスト手法の概要を説明したパート 2 を締めくくります。

反応筋力を評価する方法は多数ありますので、コーチや選手は、自分の能力や状況に応じて最適なテストを選択できます。反応筋力は選手のパフォーマンス・プロフィールの重要な部分ですが、あくまで「全体の一部」と見なす必要があります。コーチは反応筋力の改善だけに没頭する前に、選手の個々のニーズを批判的に検討する必要があります。

パート 3 では、最大筋力と反応筋力の関係を検討し、低強度のプライオメトリクスから、より専門的な高強度の反応筋力トレーニングのテクニックにどのように進めていくかを見ていきます。また、プライオメトリクスの特異性とトレーニング効果のスポーツパフォーマンスへの移行についても説明します。

## パート 2 参考文献

1. Flanagan, E.P., 2007, December. An examination of the slow and fast stretch shortening cycle in cross country runners and skiers. *In ISBS-Conference Proceedings Archive* (Vol. 1, No. 1).
2. Harper, D. 2011. The 10 to 5 repeated jump test. A new test for evaluating reactive strength. In: *British Association of Sports and Exercises Sciences Student Conference*, Chester.
3. Cormack, S.J., Newton, R.U., McGuigan, M.R. and Cormie, P., 2008. Neuromuscular and endocrine responses of elite players during an Australian rules football season. *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, 3(4).
4. Hamilton, D., 2009. Drop jumps as an indicator of neuromuscular fatigue and recovery in elite youth soccer athletes following tournament match play. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, 17(4).
5. Beattie, K. and Flanagan, E.P., 2015. Establishing the reliability & meaningful change of the drop-jump reactive-strength index. *Journal of Australian Strength and Conditioning*. 23(5).

## パート 3：反応筋力トレーニングの実践

パート 3、最終回へようこそ。この最後の記事で、反応筋力トレーニングの実践と RSI テストについての理解がさらに深まることを願っています。そして、この記事を読み終わるころには、読者は、選手の反応筋力を発達させるための明確で実用的なガイドラインを手に入れているはずです。

パート 1 と 2 では、反応筋力と最大筋力の関係についての明確な説明はしませんでした。多くのコーチやプロ組織では、プライオメトリクスのトレーニングプログラムを開始する前に、高いレベルの最大筋力の獲得を推奨しています。例えば NSCA は、「下半身のプライオメトリクスの場合、選手の 1RM スクワットは体重の 1.5 倍以上である必要がある」とアドバイスしています。

しかし、この分野の研究はあまり進んでいません。弱い選手がプライオメトリクスを始める前に、本当にそれほどの筋力が必要でしょうか？筋力レベルが低いとプライオメトリクスのトレーニングを開始した際に、ケガのリスクにさらされるのでしょうか？パート 3 は、プライオメトリクスにおける反応筋力と伝統的な筋力トレーニングによって発達させられる最大筋力との関係を探ることから始めましょう。

### 反応筋力 vs 最大筋力

多くの調査研究では、反応筋力は最大筋力と関係があり、最大筋力の強い選手は弱い選手と比較して、RSI スコアが高いことが多い、ということが示されています。私たちは 2011 年<sup>(1)</sup>の研究で、アカデミーとサブアカデミーのラグビー選手 20 名の反応筋力と最大筋力の関係を調査しました。

さまざまな台高での段階的な DJ-RSI テストプロトコルを実行して得られた RSI スコアと、バックスクワットの最大筋力とを比較しました。その結果、反応筋力と最大筋力の間には強い正の相関 ( $r=0.63$ ) が示されました。つまり、最大筋力がより高い選手は、より高い反応筋力を示す傾向がありました。しかし、この関係は「統計的に強い」ものであるとは言え、私たちはこれをコーチングの観点から考えなければなりません。結果が示す決定係数 ( $r^2$ ) から判断するならば、反応筋力の 40% だけが最大筋力によって説明できることを意味します。つまりこれは、反応筋力が最大筋力によって説明されない、または関連付けられていない部分が 60% あることを意味します！

実際、このことは非常に理にかなっています。RSI を日常的に測定しているコーチから、もの凄く高い RSI スコアを示すのに、ウエイトルームでは大したことがない選手がよくいる、という話を聞くことがあるかもしれません。パート 1 で紹介した通り：反応筋力は足関節に大きく依存しますが、スクワットやデッドリフトといった伝統的な筋力トレーニングのエクササイズでは膝関節と股関節がより大きく貢献します。一方、パート 2 で紹介した通り：足関節も膝/股関節のどちらも、選手の身体的準備においては重要となることも思い出してください。

同じ研究で、被験者を筋力の低いグループ（バックスクワット：自体重の 1.5 倍）と筋力の高いグループ（バックスクワット：自体重の 1.9 倍）に分けて調べたところ、筋力の高い選手のほうが、すべての台高でより高い RSI を示し、最大台高（50cm）では統計的に有意な差がありました。

バールとノルテは、24 cm から 84 cm までの段階的な台高のドロップジャンプを使用して、女子ラグビー選手を対象とした同様の研究を行い、同じような結果を示しました。

彼らは、筋力レベルと反応筋力の間注目すべき相関関係を見つけ、フロントスクワットで高重量を扱える選手は、すべての台高にわたってより高い RSI スコアを示し、最も大きな差は最大台高（84cm）で見られました。ここから、著者らは、「女子選手にとっては、高い台高を用いてドロップジャンプを実行するのであれば、高レベルの脚筋力を達成することはおそらく有益である」と結論付けています。

ここで、相関関係は因果関係を意味するものではないことを思い出してください。筋力トレーニングが反応筋力を直接的に改善するのか、またはその逆かはまだ定かではありません。たとえば、「より強い」選手がより大きな反応筋力を発揮するのは、単に、彼らが綿密に構成されたトレーニングプログラムに長い間参加していて、弱い選手よりも最大筋力と反応筋力の両方を長い期間にわたってトレーニングしているからだけかもしれません。

しかし、論理的には、一定以上の高い筋力を持つ選手のほうが、高強度のプライオメトリクスで用いられる負荷に耐えられる可能性が高いということになります。

広範な科学的研究の結果、伝統的な筋力トレーニングは腱や靭帯などの結合組織の機械的強度を高めることが示されています。筋力トレーニングは、腱の強度や、構造的完全性、剛性にプラスの効果があります。腱の強度と構造的完全性が高まることによって、選手が高強度のプライオメトリクスに伴う大きなエクセントリック負荷に耐えることができるようになります。また、筋力の強い選手はケガに対してもより抵抗力があり、エクセントリック負荷の高いプライオメトリクス（ドロップジャンプなど）後の筋肉痛に苦しむ可能性が低くなります。さらに、腱の剛性が増加することにより、選手は高速 SSC をより効果的に利用

して、プライオメトリクスのトレーニングエクササイズにおける各レップでより大きな力発揮を得ることができるようになります。

プライオメトリクスと筋力トレーニングの組み合わせによる効果についても、多くの研究で検討されています。それらの多くは、筋力トレーニングとプライオメトリクスを組み合わせることで、それらを別々に行うよりも優れているとは言わないまでも、同程度の効果が得られると結論づけています。このことは、特に、最大筋力のレベルが低い初心者の選手によく当てはまります。これらの選手は、反応筋力トレーニングによって足関節に特化した効果が得られると同時に、伝統的な筋力トレーニングによる膝関節と股関節の筋力とパワーに対する効果も得られるためであると思われます。

最適な身体的発達のためには、反応筋力の質を向上させること同時に、一般的な筋力を向上させるべきであるというのが、私の考えです。しかし、基準を設けて、それより下ではプライオメトリクスを実施してはならないという魔法の「筋力閾値」があるとは思えません。

最大筋力が低い（バックスクワットで自体重の1~1.5倍の）選手の場合、筋力トレーニングが重要なトレーニングの焦点であり、高強度のプライオメトリクスは避けます。しかし、私は、スポーツパフォーマンスにとって特に重要であることがわかっている反応筋力を開発するためには、低強度から中程度の高速SSCプライオメトリクスをプログラムに含めるようにしています。

それでは、どんなプライオメトリクスのエクササイズが低強度、中強度、高強度に該当するのでしょうか？このことは、プライオメトリクスのトレーニングプログラムを開発する際に考慮すべき重要事項となります。

## プライオメトリクス強度

2009年、私は博士号を取得する際に、ビル・エベン博士を外部審査官として迎える特権（これは同時にチャレンジでもありました！）を得ました。エベン博士は、プライオメトリクスのトレーニング負荷と強度について、我々の理解を深めていく上でのパイオニアであり、2007年、彼はNSCAのプライオメトリクスの強度に関する明確で実用的なガイドラインを作成しました。

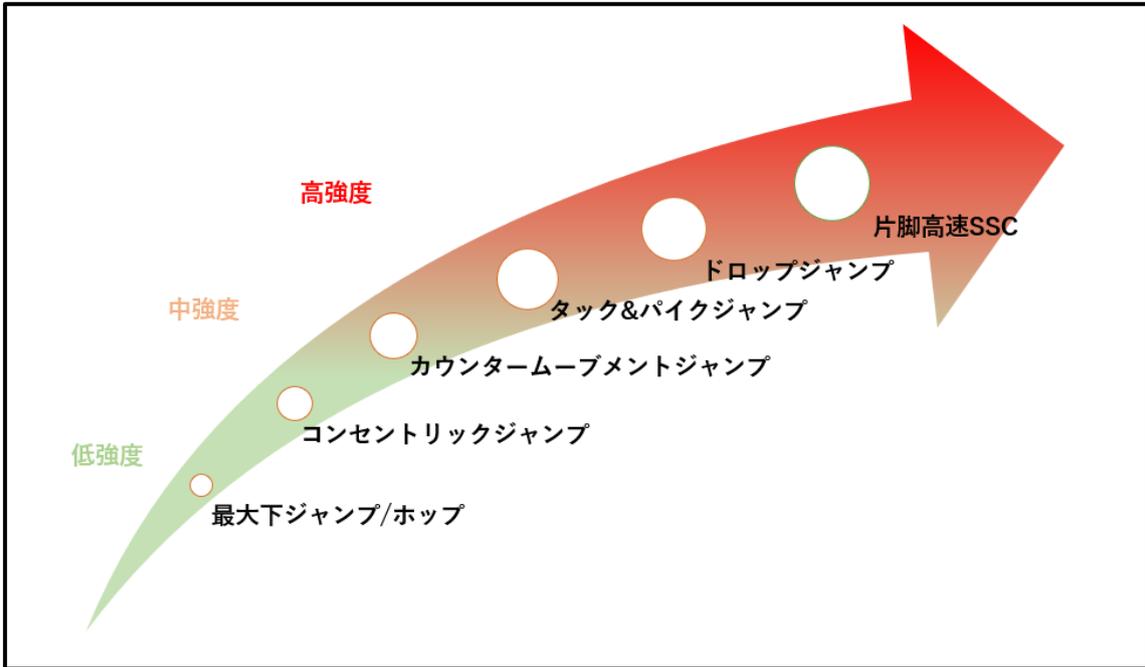
プライオメトリクスの強度は、実施するドリルに関与する筋肉、結合組織、および関節に対するストレスの量として定義できます。プライオメトリクスの強度は通常、そのドリルに含まれるエクセントリック負荷と、エクセントリック筋活動の時間によって決まります。ま

た、プライオメトリクスの強度は、力を発揮する局面であるジャンプ動作だけでなく、それと同時に力を吸収する局面である着地部分にも考慮なければなりません。どちらの局面も筋肉、結合組織、関節にストレスを与え、どちらの局面も運動強度に影響を与えます。どんなエクササイズに取り組む場合でも、トレーニングを計画するにあたって理解し考慮されなければならない重要な変数は、強度です。

以下は、私がいくつかの追加と修正を加えた、エベン博士によるプライオメトリクスの強度に関するガイドラインです。

- 片脚の種目は、両脚で行われる同じエクササイズよりも高強度となります。30 cmの落下高さからの片脚のドロップジャンプは、同じ高さからの両脚ドロップジャンプよりもはるかに大きな負荷を膝関節に与えます。
- 高速 SSC エクササイズは通常、力が加わる時間がきわめて短いことから、時間当たりの負荷の大きさが増大するため、低速 SSC エクササイズよりも強度が高くなります。
- パイクジャンプやタックジャンプなどの「その場跳び」エクササイズは、低強度のカテゴリに属すると見なされることもありますが、膝関節の反力は高くなります。これらのエクササイズでは、着地する直前に脚を力強く伸ばすことが原因であると思われます。
- 「繰り返し」の様式でエクササイズを実行すると、単一レップで実行するよりも総ストレスが高くなります。たとえば、1レップごとに完全に着地してレップ間に一旦停止しながら5回のカウンタームーブメントジャンプを実行すると、着地直後にすぐジャンプを繰り返す5レップのスクワットジャンプよりも、総着地ストレスは、低くなります。
- 選手がジャンプする高さは、デプスジャンプでの落下高と同様、プライオメトリクスの強度の最も強力な予測因子の1つです。たとえば、カウンタームーブメントジャンプで60 cm跳べる選手は、45 cmしか跳べない選手よりも、着地時に大きな床反力とストレスが加わります。
- 腕が頭上まで振り上げられるような、全力の腕振りを含むジャンプのバリエーションは、ジャンプ高が高くなり、その結果着地ストレスが大きくなります。

これらのガイドラインとエベン博士の研究をもとに、プライオメトリクスの簡単なエクササイズ強度スケールを開発しました。



このスケールの中で最も強度が低いのは、最大下ジャンプとホップです。これらは、低速 SSC エクササイズでも高速 SSC エクササイズのも該当します。最大下でのエクササイズは、プライオメトリクスのテクニックを習得させるとともに、プライオメトリクスのトレーニング負荷に耐えうる条件を発達させるための優れたエクササイズとなります。プライオメトリクスを開始する前に、低速 SSC においても高速 SSC においても、選手がしっかりとしたジャンプと着地のテクニックを習得していることが不可欠です。最大下ジャンプ/ホップには、着地時に安定した姿勢で「静止」することに重点を置いた、垂直および水平ジャンプなどの実施が含まれます。

また、ジャンプ高よりも短い接地時間に重点を置いた、足関節の運動をメインとするポゴホッピング（垂直または水平）などの低強度で高速な SSC オプションも含まれます。

ボックスジャンプもこの最下位の分類段階に含めることができます。ボックスジャンプは、着地する際のエクセントリックな筋活動が高速化することを避け、台上に跳び上がることで着地衝撃を緩和することができます。ボックスジャンプは、通常のジャンプよりも大きく膝を引き上げる動作となるため、全力の低速 SSC の発達を劇的に促すことはありません。ですから私は頻繁に用いることはありませんが、初心者にも過度のストレスを与えずに、優れたジャンプと着地のメカニズムを教えるのには適していると思います。その際、台上への着地時に股関節が膝より高くなるクォータースクワットの位置で着地できるボックスの高さを選んでください。

スクワットジャンプなどのコンセントリックジャンプは SSC を利用しないため、カウンタームーブメントジャンプよりも筋の収縮時間が遅く、ジャンプ高も低くなります。そのた

め、カウンタームーブメントジャンプと比較して、得られる跳躍速度も着地衝撃も低くなります。

前述のように、タックジャンプやパイクジャンプなど、跳び上がった直後の膝と股関節の屈曲と伸展が追加されたジャンプは、スクワットジャンプやカウンタームーブメントジャンプと比較して、着地時の膝関節の反力が高くなります。これは、着地直前に脚が地面に向かって力強く伸展されるためと考えられます。この脚の伸展動作により、着地時の衝撃力を吸収するのに最適な足と脚のポジションを取るための時間が短くなります。また、下肢の力強い伸張により着地時に下肢速度が加速される可能性があります。したがって、タックジャンプとパイクジャンプは、特に「連続方式」で行われる場合、激しい運動と見なすことができ、単発のドロップジャンプよりも高強度の刺激になる場合があります。

ドロップジャンプは、特に「台からの落下高」が選手の垂直跳びの高さ以上になる場合、間違いなく高強度のエクササイズとなります。

片脚で実施する高速 SSC エクササイズは、プライオメトリクスの中でも最も激しいエクササイズになる可能性があります。それは、着地衝撃の吸収と跳躍のための力発揮が短時間で行われることと相まって、どちらか一方の脚だけに大きなエクセントリック負荷が集中するためです。

プライオメトリクスの運動強度を明確に理解した今、次に行うことは、安全で効果的なプログラミングプロセスを熟慮の上、構築することです。このプログラミングプロセスにおいては、強度の尺度に加え、特異性の尺度からも検討することができます。つまり、エクササイズ種目が一般的か、それとも競技特異的か、あるいは、一般的なメカニズムとして適応するのか、それともトレーニング効果のより特異的な転移をもたらすのか、という疑問に答えることです。

## 一般的 vs 特異的 - 特異的なプライオメトリクスの特異性

どのようなエクササイズも、それが実施される状況に応じて、一般的かつ特異的なトレーニング効果があると考えられます。たとえば、フットボールのラインマンはベンチプレスによって上半身の一般的な筋力を向上させ、その後フットボールのフィールドで専門的なスポーツスキルにその筋力を適用することを学びます。ただし、パワーリフターにとっては、ベンチプレスは純粋な特異的種目であり、競技練習です。

Sports Medicine 誌に掲載されたスレッド負荷スプリント（そりを引っ張って行うスプリ

ントトレーニング) のレビュー論文<sup>(5)</sup>で、ペトラコスらは、スポーツパフォーマンスを向上させるための2つの一般的戦略について説明しています。

- 物理的な出力の増加 (筋力発揮)
- 物理的な出力の効率の改善 (筋力の適用)

これを説明するために、著者らはスプリント速度を改善するためのトレーニングの例をあげています。物理的な出力の効率を改善するためによく用いられるドリルには、アンクルリング、スキッピング、バウンディング、ハイニー・クササイズなど、より「特異的な」スプリントテクニックのドリルが使用されます。一方、純粋な物理的な出力を増やす方法は、筋力トレーニングや一般的なプライオメトリクスなどの従来のS&C戦略です。

一般的なトレーニング方法は、物理的な出力の増加に焦点を当てた方法と考えることができます。これらは力の産出量または産出率を増やすことを目指しています。一方、特異的なメソッドは、出力の効率に対してより厳密に焦点を絞ったトレーニング方法で、これらは選手が生み出す筋力の適用を最適化することを目指しています。スポーツパフォーマンスにとっては、どちらも重要な側面です。同じレベルのスポーツパフォーマンスを持つ選手間でも、力の産出能力と力の適用能力のレベルが様々に異なる可能性があります。

したがって、どのようなエクササイズも、一般的なものから特異的なものまでの階層に分類できます。これは、トレーニングのバイオメカニクスの特性が、改善しようとしているスポーツアクションとどの程度類似しているかによって異なります。伝説的なソビエトのハンマー投げのコーチであるアナトリー・ボンダチャクは、このことをトレーニングと競技の間の「動的な調和」と呼んでいます。<sup>(6)</sup>

プライオメトリクスと4つの領域のスポーツ活動との動的な調和を検討してみましょう。

- そのエクササイズ中の接地時間は、競技動作の接地時間にどの程度近似しているか？
- そのエクササイズで発揮される力の垂直方向および水平方向は、スポーツ活動と類似しているか？
- そのエクササイズは両脚で行うかそれとも片脚で行うか？
- そのエクササイズは「単発」または「反復」のどちらか？そして、競技動作とどのように関係しているか？

古典的テキスト「スポーツにおけるトレーニングの転移」で、ボンダチャクは様々なジャンプ運動とスプリントパフォーマンスとの関係を説明しています。下の図を見てください。

「相関係数」は、トレーニング（ジャンプタイプ）のパフォーマンスが競技（100mスプリント）にどれだけ近い関係にあるかを表しています。1.00に近い項目はそのジャンプ運動がスプリントパフォーマンスとの間により強い関係を表しており、0.00に近い項目は、弱い関係を表します。ボンダチャクのデータ（これは彼の大規模な一連の研究のサンプルにすぎません）を見ると、特異的な方法（連続ジャンプなど）が、一般的な方法（垂直跳など）よりも100メートルのパフォーマンスと強い関係にあることがわかります。

エクササイズと100mスプリント記録の相関関係			
エクササイズ	100mの記録	100mの記録	100mの記録
	10.2-10.5秒	10.5 - 10.8秒	10.8 - 11.1秒
垂直跳	-0.22	0.27	0.37
立ち3段跳	-0.20	0.27	0.39
10回反復跳	0.35	0.43	0.56
50m交互 ホップ	0.41	0.50	0.56

ボンダチャク「スポーツにおけるトレーニングの転移 第1巻 より改編」

最終的な目標が、短距離走のパフォーマンスを改善することにある場合、ドロップジャンプなどの運動は、短距離走への動的な一致度が低くなります。なぜなら、スプリントは片脚運動ですが、ドロップジャンプは両脚です。またドロップジャンプの接地時間は、最高速のスプリントで観察されるものよりも長くなります。また、スプリントは垂直方向と水平方向の力の地面に対する適用の微妙な組み合わせを伴いますが、ドロップジャンプは純粋に垂直方向の動作です。ただし、これはスプリントパフォーマンスを向上させようとする人々の身体的な発達にとって、ドロップジャンプが全く効果がないという意味ではありません。

ドロップジャンプなどの「一般的な」エクササイズは、地面に対して非常に大きな力を短い接地時間で加えることができるのが特徴です。一般的な運動は、高速 SSC に対して強力な過負荷をかけるための刺激となり、一般的で基本的な神経-筋適応をもたらします。この適応を基にして、その後の次の段階で、より特異的なエクササイズ種目や特異的な活動における大きな筋力発揮と、高い RFD が発揮できるようになります。

特異的な方法は、改善しようとしている競技動作に対する「動的な一致度」が一般的な方法

よりもさらに高くなければなりません。このことを、スプリント速度を向上させるトレーニングの例に戻って考えてみましょう。スプリント動作のメカニクス研究をリードしているジェイムズ・ワイルドは、ドロップジャンプなどのより一般的なエクササイズをスプリントのための特異性のあるものに修正する方法を説明しています<sup>(7)</sup>。ドロップジャンプであれば、台の高さを調整して、それを片脚で接地時間が短くなるようにして行うことができます。また、前方へのバウンディングを追加すれば、水平方向への力の発揮を強化できます。このような修正を加えていくことによって、一般的な運動も、よりレベルの高い選手の最大スピードを発達させるための方法として用いることができるようになると思われます。

トレーニング計画においては、一般的なものも、そして特異的なものも、どちらもそれぞれの役割を持っています。絶対的な物理的出力を増やすためには一般的な方法がその役割を担い、力を効率よく適用しスポーツパフォーマンスへの転化を促進するためには、特異的な方法が必要となるのです。両方が必要であり、これらのエクササイズを実施するタイミングと適用量は、通常のトレーニング原則によって決定されるはずです。

## トレーニングプラン：すべてをまとめ上げる

では、反応筋力を強化するという目的にむけたトレーニング計画の中に、これらをいかに組み込んでいくのでしょうか？ ここで「すべてに当てはまる」唯一の方法を提示することは不可能ですが、これまで説明してきたプライオメトリクスの強度と特異性に関する知識をベースとして、コーチがそれぞれの計画を作成するための簡単な枠組みを提示することは可能です。

最初の「基礎」フェーズの目標は、ジャンプ、着地、およびホッピングにおける正しいテクニックを選手に教えることです。最終的な目標が、高速 SSC における反応筋力を開発することにあるとしても、このフェーズにおいては、低速 SSC エクササイズが有効です。低速 SSC エクササイズは、ジャンプと着地における適切なメカニズムと関節アライメントの調整に役立ち、エクセントリック筋力を養うこともできます。この「基礎」フェーズでは、ポゴホッピング（垂直または水平）などの低強度の高速 SSC を用いて、選手に「反応性」というプライオメトリクスの特徴を経験させ理解させることも重要です。セットあたり 10～15 ホップが適切です。これを行う際には、高く跳ぶことと同時に短い接地時間を追求させます。スキッピングまたは低強度のバウンディングもここに含めることができます。

2 番目の「開発」フェーズになれば、ごく低いハードルを用いた連続ホップなどの中程度の強度の高速 SSC エクササイズを開始することができます。ここで、ハードルの高さは「ジャンプ高を制限するため」に使用されるのであって、「ジャンプ高を強調するため」ではあ

りません。ポイントは、ホッピング動作全体を通して、短くて鋭い接地時間と、しっかりと背筋を伸ばした姿勢をキープすることにあります。ジャンプ高を重視し過ぎて接地時間が長くなってしまったり、または姿勢を崩してしまうような膝を抱え込んでしまうジャンプ動作「タッキング」を助長してしまったりする高さのハードルは使用しません。このフェーズでは、機器が利用可能な場合、高速 SSC の改善を促すためにコーチが接地時間をモニタリングすることも可能です。接地時間が 0.13~0.16 秒に短縮できるようであれば、ハードルの高さを徐々に上げていきます。しかし、スポーツ動作にうまくつながる反応筋力を向上させるために、コーチは常に、接地時間と姿勢のコントロールに配慮する必要があります。ハードルの高さを高くしていく時点で、接地時間が長くなり過ぎたり、選手がタックしてしまったりすることがありますから注意が必要です。

膝のケガ防止や方向転換能力の改善に関心のあるフィールドスポーツ選手の場合、このフェーズでは、低~中強度の多方向への動作に取り組むこともできます。ミニハードルを使用した多方向ホップや、横・斜めの動きを組み込んだポゴホップが含まれます。多方向のプライオメトリクス動作においては、足関節、股関節、特に膝に対するせん断力が掛かることを覚えておく必要があります、その導入には慎重を期す必要があります。アラインメントとコントロールには適切な注意を払う必要があるため、多方向動作の導入においては、比較的長い接地時間でしっかりとした着地ができる低速 SSC 方式で実施する必要があります。

この第 2 の「開発」フェーズでは、レップ数とセット数を多くした低~中強度のポゴホップを使用して、反応筋力の持久力を開発することもできます。また、このフェーズでは、高レベルのプライオメトリクスを実施するために、選手の特別な能力を構築したい場合があります。フランスのスポーツ科学者 J.B. モーリンは、足首を安定させる筋構造を発達させるためには、さまざまな種類の「広範な」トレーニング刺激が不可欠であると提言しています。反応筋力の観点から、30-50 レップのように長めのセットの最大下ホップを取り入れることも良いでしょう。

***These muscles (at the ankle) are used to fatigue... they are balance muscles. When you walk, when you stand, every day they work... you have to do long series... they recover fast. If you do small series only, you will never work on these muscles.***

J.B. Morin<sup>8</sup>

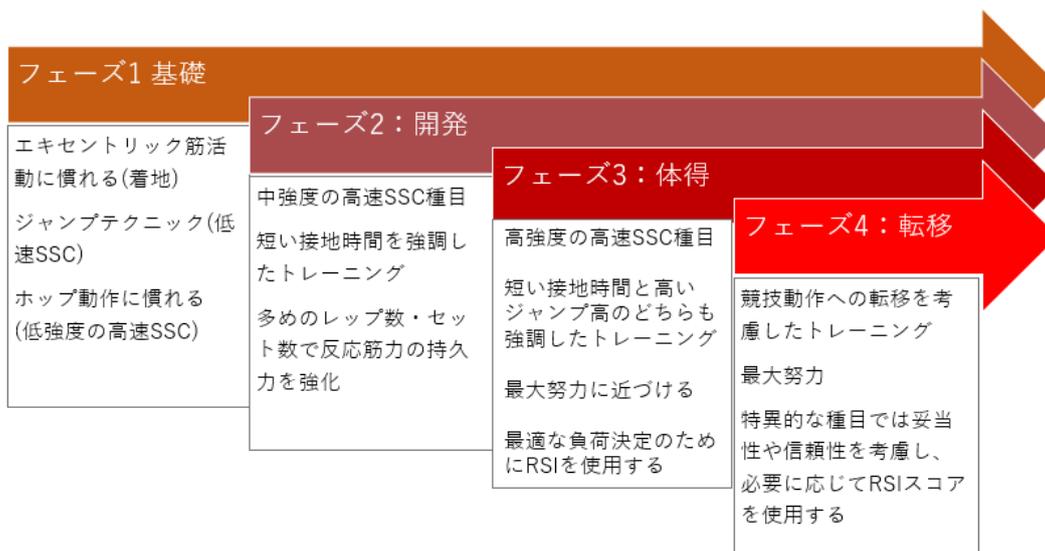
「足関節にあるこれらの筋は疲労することやバランスを取ることに耐性があり、歩いたり、立ったりといった日常的な動作で長時間使われても回復が速い。したがって短時間のトレーニングではこれらの筋を刺激することはできない。」 J.B.モーリン

第3は、「体得」と呼ばれるフェーズです。今やトレーニングの焦点は、高出力、最大努力の反応筋力トレーニングにあります。ここでは、ドロップジャンプや最大努力の連続ホップなどの一般的な高速 SSC エクササイズを用いることが理想的です。高速 SSC のメカニズムを改善するために強力な過負荷となる刺激を適用します。このフェーズでは、接地時間と反応筋力指数-RSI の測定を行うことが、運動強度を最適化し、選手に動機を与え、進行状況を確認するために理想的です。

最も重要となる最後のフェーズ「転移」では、これまで開発してきた身体的特性をスポーツそれ自体に転移しやすくする方法を見つける必要があります。改善しようとしているスポーツ競技動作に完全に一致した様式でトレーニングを実施します。前述のように、スプリンターの場合であれば、より水平方向への移動と片側性に焦点を当てたエクササイズに取り組むことを意味します。水平ドロップジャンプ、片脚ドロップジャンプ、または連続バウンディングなどのエクササイズです。方向転換能力を改善しようとするフィールドスポーツ選手であれば、これは最大努力での多方向への高速 SSC エクササイズを意味します。ここでの可能性に制限はありません。コーチは創造力をもってスポーツのニーズに対するトレーニング種目の「動的な一致度」を考慮する必要があります。

ここで注意を要することとして、スポーツ競技動作自体が「特異性」の最も適切な形式であり、ほとんどの場合、競技練習そのものが主要なトレーニングにしなければならないのは当然のことです。しかし、高度に専門化されたプライオメトリクスのエクササイズをプログラムに取り入れて、パフォーマンスの特定の側面に過負荷をかけることで、全体的なトレーニング効果の転移を大きくすることができます。

この最終フェーズでは、RSI の使用が適切な場合だけでなく不適切な場合もあります。R「ジャンプ高」で RSI が計算される方法は、一部の水平または多方向の運動では必ずしも有効とは言えません。しかし、これらのタイプの運動を測定できないからといって、トレーニングすべきではないという意味では決してありません。片側性で水平方向の移動に焦点を合わせた種目で、有効かつ信頼性の高い反応筋力の測定方法を開発するのは、そう簡単ではありませんが、片側生、水平、または多方向のプライオメトリクスは、トレーニング効果の転移を効率的にするための鍵となります。



これらのフェーズ分けは、それぞれが完全に個別の異なるフェーズではなく、時に重複する場合があります。「基礎」フェーズの一部の要素は、選手のニーズに応じて、プログラム全体にとどまる場合があります。フェーズからフェーズへと急速に進歩する選手もいれば、他の選手よりレベルアップに長い時間をかける必要がある選手もいます。

各フェーズ内で、適応を刺激するために必要なトレーニング量を慎重に検討する必要があります。ここには厳格な規則はありませんが、やはり個別に検討する必要があります。しかし、既存のスポーツ科学研究機関は、トレーニング頻度とトレーニング量に関して次のようなガイドラインを公表しています。

- プライオメトリクスのセッションは、週4回よりも週2回の方がジャンプパフォーマンスとスプリント能力の向上に効果的（かつ効率的）である可能性があります<sup>(9)</sup>
- 最大のパフォーマンスの改善効果を得るには、少なくとも10週間のトレーニング期間・合計で20セッションが必要です<sup>(10)</sup>
- 最大のパフォーマンスの改善効果を得るには、高強度プログラム（フェーズ3および4）において、セッションごとに少なくとも50～60回のジャンプが必要です<sup>(9)</sup>

フェーズ1から4への進行過程は、コーチ自身が独自の指導原則を適用し判断するためのシンプルな枠組みにすぎません。お示ししたガイドラインを熟考し、アスリートにとって何が必要かを分析してください。そのうえで個別に計画を立てる必要がありますし、必要に応じて都度プログラムの微調整を行うことが最も重要です。

ここまでお読み頂きありがとうございます。3つのパートにわたり、ストレッチ・ショートニング・サイクルからプライオメトリクスのプログラミングまですべてをカバーしてきました。その過程で最高レベルの研究者やコーチの仕事や意見を参照してきました。ここで取り上げた資料が皆様のトレーニングやコーチングの実践に役立つことを願っていますが、まだまだ多くの分野で研究の余地はあります。

理論を疑い、疑問を持ち、挑戦を続けてください!!

### パート 3 参考文献

1. Dymond, C., Flanagan, E.P. and Turner, A.P., 2011. The relationship between maximal strength and plyometric ability in rugby players. In ISBS-Conference Proceedings Archive (Vol. 1, No. 1).
2. Barr, M.J. and Nolte, V.W., 2014. The importance of maximal leg strength for female athletes when performing drop jumps. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(2)
3. intensity of plyometric training. In 2007 he outlined clear, practical recommendations on plyometric exercise intensity for the NSCA.
4. Ebben, W.P., 2007. Practical guidelines for plyometric intensity. *NSCA's Performance Training Journal*, 6(5), pp.12-16.
5. Petrakos, G., Morin, J.B. and Egan, B., 2015. Resisted Sled Sprint Training to Improve Sprint Performance: A Systematic Review. *Sports Medicine*, pp.1-20.
6. Bondarchuk, A.P., 2010. Transfer of training in sports. AP Bondarchuk-Moscow: UAC.
7. Wild, J., Bezodis, N., Blagrove, R. and Bezodis, I., 2011. Biomechanical comparison of accelerative and maximum velocity sprinting: Specific strength training consideration. *UKSCA*, 21, pp.23-36.
8. JB Morin speaking on the Pacey Performance podcast, episode #52, September 2015
9. de Villarreal, E.S.S., González-Badillo, J.J. and Izquierdo, M., 2008. Low and moderate plyometric training frequency produces greater jumping and sprinting gains compared with high frequency. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(3), pp.715-725.
10. de Villarreal, E.S.S., Kellis, E., Kraemer, W.J. and Izquierdo, M , 2009. Determining variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: a meta-analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(2), pp.495-506.

## 【訳者】

### ◆長谷川 裕

龍谷大学スポーツサイエンスコース名誉教授  
スポーツパフォーマンス分析協会会長  
日本トレーニング指導者協会名誉会長  
エスアンドシー株式会社代表

### ◆長谷川 昭彦

エスアンドシー株式会社 営業・企画  
スポーツ科学修士・JATI-ATI・スポーツパフォーマンス分析スペシャリスト SPAS  
・NASM-CES/GFS・ベアフットトレーニングスペシャリスト Level 1

## RSI を計測できるシステム

### ▼Enode : ドイツ製 IMU センサー



VBT デバイス、ジャンプ計測センサーとしての機能を併せ持つポータブルIMUセンサー  
RSI の他、垂直跳びの「RSI<sub>mod</sub>:変形反応筋力指数 = ジャンプ高 ÷ 動作時間」も計測可。

### ▼OUTPUT : アイルランド製 IMU センサー



わずか 21g のセンサーと iOS アプリを連動し、ジャンプ・RSI 計測の他にもバランス、VBT、  
可動域、ノルディックハムなど 13 カテゴリー 200 種目の計測が可能

スポーツ科学計測テクノロジー



## エスアンドシー株式会社

〒604-0986 京都府京都市中京区昆布屋町 395 高山ビル 3F

TEL : 075-741-8380

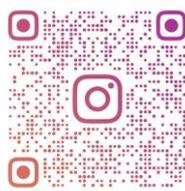
FAX : 075-741-8381

info@sandcplanning.com

[www.sandcplanning.com](http://www.sandcplanning.com)



HP



SANDC.CORP

