

特集 国立スポーツ科学センターにおけるパラリンピックアスリートへの
医・科学支援および研究の取り組み

パラリンピックアスリートを対象としたフィットネスチェックの取り組みについて
Testing and assessment of physical fitness of para athletes at
Japan Institute of Sport Sciences

袴田智子¹⁾, 谷中拓哉¹⁾, 山本真帆¹⁾, 設楽佳世²⁾
Noriko Hakamada¹⁾, Takuya Yanaka¹⁾, Maho Yamamoto¹⁾, Kayo Shitara²⁾

Abstract : The purpose of this article was to introduce fitness testing for Japanese para-athletes conducted at Japan Institute of Sports Sciences (JISS). Additionally, current challenges we face and our approaches for those challenges will be explained. Since 2015, fitness check-up for para-athletes have been carried out at JISS. The accumulated knowledge from scientific researches and know-how for supporting the Olympic sports for long time at JISS have been applied for Paralympic sports. Therefore, main fitness check-up services provided for the para-athletes have been similar to the Olympic athletes, which include body composition measurements, muscle strength tests, and aerobic and anaerobic capacity tests. However, the test protocols are modified and customized based on physical characteristics, or the types and degree of disabilities of each para-athlete. Their fitness levels and skills needed for their sports are assessed through tests that are specific to the sports. Our next challenges are to develop a testing method that can be customized for various types of disabilities for every sport and to establish fitness testing method with high accuracy for para-athletes.

Key words : Paralympic athlete, fitness test, body composition, Upper body power, aerobic capacity
キーワード：パラリンピックアスリート, 体力測定, 身体組成, 上肢パワー, 有酸素性能力

¹⁾ 国立スポーツ科学センター, ²⁾ 埼玉女子短期大学

¹⁾ Japan Institute of Sports Sciences, ²⁾ Saitama Women's Junior College

E-mail : noriko.hakamada@jpnsport.go.jp

I. はじめに

国立スポーツ科学センター（JISS）では、開所当初よりフィットネスチェック（2012年まではアスリートチェックとして実施）としてオリンピックアスリートの体力を測定してきた。2015年からは、パラリンピックアスリート（以下、パラアスリート）を対象とし、「競技性の高い障がい者のための医・科学研究／支援事業」が立ち上がり、その中でフィットネスチェックをトライアルという形式で実施した。本質的に、フィットネスチェックは、選手自身のコンディション把握、トレーニング効果を確認する目的で実施される。フィットネスチェックを実施する上での基本的な概念や捉え方については、オリンピック競技・パラリンピック競技ともに違いはない。しかしながら、JISSはこれまでオリンピックアスリートのみを対象とした医・科学的な知見を基に、支援・研究を行ってきたため、パラアスリートを対象とした体力測定の医・科学的知見や経験が欠如していた。そこで、まずはJISSで有しているオリンピック競技に対するこれまでの知見や経験を活かし、パラアスリートを対象とした測定項目・プロトコルを検討した。本稿では、これまでにJISSで実施してきたパラアスリートへの主なフィットネスチェック項目について紹介するとともに、各測定の現状や課題、工夫点を述べていくことを目的としたい。

II. パラリンピック競技における体力測定の現状

これまで、パラリンピック競技における体力測定については、公益財団法人日本障がい者スポーツ協会日本パラリンピック委員会（Japanese Paralympic Committee：JPC）が中心となり、「医・科学・情報サポート事業」において、体力測定を実施している¹⁰⁾、あるいは各競技団体や大学等において、選手の体力を評価しているのが現状であった。諸外国の状況を見てみると、イギリスの英国スポーツ研究所（English Institute of Sport）において、競技特性に応じた体力測定が実施され、その測定データは選手のトレーニング効果の

把握やコンディション調整のために活用されている⁶⁾。また、カナダではCanadian Sport Institute Pacific Podium Searchにおいて、オリンピック競技・パラリンピック競技で共通した体力測定が行われ、選手の体力推移をモニタリングすることや、タレント発掘において指標となる知見の収集を行うことを目的として測定が実施されている³⁾。そのほか、オリンピック競技と比較して、知見が少ない中で科学的根拠に基づいたクラス分けの指針作成のためにオーストラリア、ベルギー、オランダの大学が中心となり、データ収集を行なっている⁸⁾。一般的には、競技力向上を目的とし、アスリートの体力測定が行われることが多いが、クラス分けの指針となる基礎資料を得るために体力測定の数が必要とされることは、パラリンピック競技ならではの特色といえるだろう。

III. JISSにおけるパラアスリートを対象としたフィットネスチェック

1. 実施実績

パラアスリートのフィットネスチェックは、2015年にトライアルとしてスタートした。競技団体のスタッフが培った障がいに対する知識やその対応に関するノウハウと、JISSのスタッフが有するオリンピック競技を対象に実施してきたフィットネスチェックに関するノウハウを持ち合わせて、測定項目・プロトコルの設定を行い、フィットネスチェックを実施している。現在では、フィットネスチェックの実施を希望する競技団体も増え、夏冬合わせて5競技8種別にわたり、年間では述べ70名程度のパラアスリートの測定を行っている（表1）。ほとんどの競技が年間2回程度実施しており、オフシーズンのトレーニング効果の確認やシーズン前のコンディションをチェックするために測定を行っている。障がい種別に分けてみると、肢体不自由（欠損、四肢麻痺、脊髄損傷）、視覚障がい、知的障がい等パラリンピック競技に該当する障がい種別すべてを実施してきたことになる。

ただ、同様の障がい種別、クラスであったとし

表1. JISSにおいて主にフィットネスチェックを実施している競技種目一覧

競技名	カテゴリー
陸上（短距離・跳躍）	身体・視覚
ブラインドマラソン	視覚
競泳	身体・視覚・知的
トライアスロン	身体・視覚
アルペンスキー	身体
クロスカントリー/バイアスロン	身体・視覚

でも、同じ測定項目を同じ設定で実施できるとは限らない。例えば、アルペンスキーの例でみると、座位クラスの中には、比較的障害の程度が軽いLW12から障がいの程度が重いLW10の選手が該当する。クラスは、座位姿勢でのバランス保持能力や体幹の機能障がいの程度から区分される⁹⁾。座位クラスでは、脊髄損傷等の影響により両脚が麻痺の選手もいれば、両脚切断の選手もいる。また、脊髄損傷のレベルも多様である。それ故に、座位クラスとして測定方法を確立しても、脚の状態や座位姿勢時のバランスを保持する能力の違いによっては、測定時に使用する機器の座面や背もたれ、体幹や上体を固定するアタッチメント等を変える必要が出てくる。また、移乗の可否によっては、選手自身の車いすを使用して測定できる項目を検討する必要も出てくるであろう。また、パラリンピック選手の場合、手術により障がい部位を金属で固定している選手も少なくない。測定項目によっては、体内に金属が入っていると測定自体ができない場合もある（例：MRIによる筋横断面積の測定）。そのため、選手の障がい特性については、障がい種別やクラスを問診することはもちろんのこと、どのような運動が可能であるか、また運動する上での制約条件はあるのかなど、選手それぞれの状態を前もって詳細に確認しておくことがその後の測定項目の設定やプロトコル作成をする上で大変重要となる。

2. 主な測定項目

前述したように、パラリンピックの測定は、基本的にはオリンピック競技の測定項目・プロトコルを参考に実施してきた。パラアスリートに対するフィットネスチェックで主に実施している測定項目は、基本的な体力要素である身体組成、筋力・筋パワー、有酸素性能力である。競技団体からの要望に応じて、競技や種目に特化した測定を取り入れることもある。ここでは、パラアスリートを対象としたフィットネスチェックの例を①基本的な体力測定と②競技に特化した測定に分けて紹介し、それぞれの測定項目で工夫を凝らした点やオリンピック競技と変わらずに実施できる点を挙げ、各測定の成功事例や課題を述べることにしたい。

1) 基本的な体力測定

a) 身体組成の測定

身体組成の測定は、体脂肪率や除脂肪量から選手のコンディション把握やトレーニング効果を検討することを目的として実施される。簡易的に測定できる機器が多くある一方で、パラアスリートのように障がいのある選手にとっては、測定する事自体が困難であり、評価する事が難しい項目でもある。我々は、JISSで有しているこれまでの身体組成に関する知見や機能を生かし、パラアスリートにおける体脂肪率測定の測定方法論を検討した。

現在 JISS では、空気置換法を利用してパラアスリートの身体組成を評価している。身体組成の測定方法として最も普及しているインピーダンス法もあるが、この測定では以下のような理由から測定が困難な場合が多い。例えば、四肢欠損や手足に麻痺のある選手では、規定数の電極に触れることができない。また、測定時に測定姿勢を維持することができない場合、正確な測定値を得ることができない。さらに、体内に金属が入っている場合も精度の高い測定を実施するのは困難であろう。JISSでは開所当初より、オリンピックアスリートの身体組成について空気置換法（Air displacement plethysmography：ADP）を用いて評価してきた。この方法は、密度法を用いて身体組成を推定する方法の一つであり、密度法の中でゴールドスタンダードといわれる水中体重秤量法との誤差が小さく、高い精度で体脂肪率を測定できることが報告されている¹⁴⁾。空気置換法では、全身の体積・肺容量をボイル・シャルルの法則を利用し、専用の機器（BODPOD, COSMED 社製）を用いて測定する（図1）。測定された体積は、身長・体重より推定した体表面積および肺容量を用いて補正される。測定した体重と補正後の体積から身体密度を算出し、得られた身体密度から推定式²⁾

を用いて体脂肪率を推定する⁴⁾。

我々は体積補正時に使用する体表面積の推定誤差が、四肢欠損選手や肢体不自由選手の測定値に影響を及ぼすと考え、その誤差について検討をした。表2は、四肢欠損選手を対象として、水中体重秤量法と空気置換法を用いて身体組成を評価した結果（N = 1）である。ADP_{Est}は先行研究の通り、体積補正をする際に身長・体重より推定した体表面積を使用した方法であり、ADP_{Meas}は光学式三次元人体計測法を用いて体表面積を実測した値を使用し、算出した方法である。体表面積について推定式を用いて評価すると、実測した値より過大評価する傾向にあり（1,099m²；ADP_{Meas}, 1,531m²；ADP_{Est}）、その結果、体脂肪率についても2%程度過大評価した。また体脂肪率について、ADP_{Meas}はADP_{Est}より水中体重秤量法を用いて測定された値と一致性が高いことが明らかになった。この研究では、一人の四肢欠損選手を対象とした結果ではあったが、空気置換法を用いて四肢欠損選手の身体組成について評価する際には、四肢の欠損の程度を考慮し、可能な限り体表面積の真値に類似した値になるよう再計算する事が重要であることが示された。

また、身体密度については、選手との問診によ

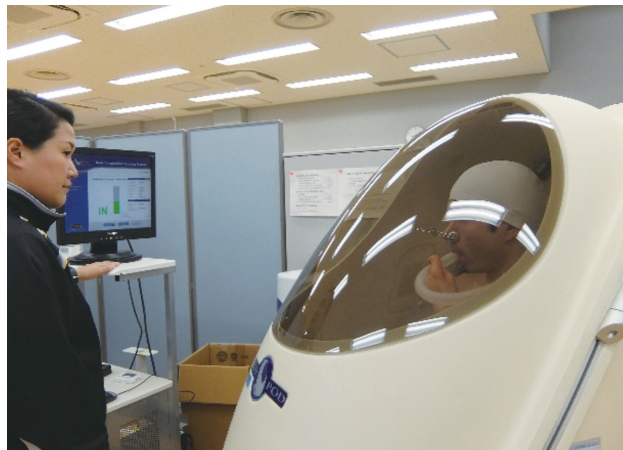


図1. 空気置換法を用いた身体組成計測

表2. 体表面積 (BSA), 体積 (BV), 身体密度 (BD), 体脂肪率 (%fat) における, 水中体重秤量法 (UWW) と空気置換法 (ADP) との比較

	BSA(m ²)	BV(ℓ)	BD(kg/ℓ)	%fat(%)
UWW	-	44.09	1.057	18.2
ADP _{Meas.}	1.099	44.19	1.056	18.5
ADP _{Est.}	1.531	44.40	1.051	20.6

ADP_{Meas.}: 体表面積は, 光学式三次元人体計測法により実測した値を使用

ADP_{Est.}: 体表面積は, 先行研究による身長・体重を用いた推定式を使用

袴田ら, 未発表資料

り体内の金属の有無を確認し、その金属の大きさや金属の種類を考慮し、身体密度に大きく影響する事が予想される場合には再計算する。この空気置換法では、体積の補正式や体脂肪率の推定式が、四肢欠損の選手や脊髄損傷の選手に当てはまるかなど、今後さらに検討しなければならない事項があるものの、専用の機器に入る事さえできれば、どのような障がいの選手でも非侵襲的な方法で比較的簡易に測定が実施可能である。なにより、JISS でこれまで測定してきたオリンピックアスリートと身体組成に関わる各項目を比較・検討することが可能になることは、パラアスリートや競技団体にとって、競技種目別にみた基準値や目標値を検討する上で有用であると考えている。

b) 筋力・筋パワーの測定

筋力・筋パワーの測定は下肢筋群で測定されるのが一般的であり、オリンピックアスリートを対象とした測定では、等速性膝関節トルク、ジャンプ、自転車エルゴメータを用いた全力ペダリング等を実施し、筋力・筋パワーを評価している。立位のパラアスリートと座位のパラアスリートでどのように筋力や筋パワーを測定しているかを紹介する。立位の選手においてはオリンピックアスリートとほぼ同様の測定が実施可能である。しか

しながら、自転車エルゴメータを用いた測定では注意点がいくつか存在する。例えば、上肢欠損選手の場合、片方のハンドルを握れない場合もある。全力ペダリングを実施する際には、脚によるペダリング動作を素早く行わせるために、上体を使ってハンドルを強く握り自転車を漕ぐ場面が見られるが、ハンドルを握ることが困難な選手は、ハンドルから腕が滑り落ちることや上体のバランスが崩れることが懸念される。それらを防ぐために、ハンドルの高さを注意深く設定する、ハンドルに腕を固定できる義手を装着してもらうなどの工夫は必要である。また、片足欠損の選手では測定で使用するエルゴメータにも気を配る必要がある。片足欠損の選手は、患側はそのまま健側のみを用い全力ペダリングを行なう場合がある。その場合、片足でペダルを1回転させるため、ペダルを引き上げるために足部とペダルを固定するためのピンディングの使用は欠かせない。さらにペダルの慣性が大きいと漕ぎ出せない場合もあるので、漕ぎ出し時のペダルの慣性が小さいエルゴメータを選択する必要がある。

座位の選手では、オリンピックアスリートや立位の選手と同様の測定ができない。これまでの知見では、ハンドエルゴメータを用いた、ウイングテスト等の報告は見られる¹³⁾。JISS では、



図2. 座位選手による上肢パワー測定

ロープマシンを用いた上肢筋パワーの評価を取り入れて実施している（図2）。当初は、オリンピックアスリートがトレーニング中に実施しているロープ上りを定量化するために開発された機器ではあるが、現在では、上肢筋群のパワー評価を必要とする座位選手の測定項目の一つとして取り入れている。上肢筋群のパワーについては指標が少ない中で、オリンピック競技において上肢筋群のトレーニングを重要視する競技選手の値と比較できる点については、日常生活において上肢のみで活動するパラアスリートにおいて参考資料となりうると考える。ロープマシンでは、プーリーに取り付けられたロードセルとロータリーエンコーダでロープにかかる牽引力と速度を計測し、パワーを算出している。また負荷については電磁ブレーキで制御し、12.5kg～108.5kg相当まで負荷をかけることが可能である¹⁾。我々は、ロープマシンを用いたウィングテストに際し、負荷の設定を検討した。自転車エルゴメータを用いたウィングテストの負荷設定に関する先行研究²⁾を参

考に、座位選手の負荷値を検討した。座位選手を対象に、低負荷から高負荷の3～5種類の負荷を設定し、それぞれの負荷値で10秒間全力牽引をさせた。各負荷条件下で得られたピークパワー値から、最大パワー値を推定し、最大パワーが得られる負荷を再計算した。その結果、体重あたり35%相当の負荷において、最大パワーが出現していた選手が多くみられた。本結果から、ロープマシンを用いたウィングテストを実施する際の負荷設定は体重あたり35%とし、測定を行っている。これまで測定を行ってきた結果より、ピークパワーの平均値は、男子で体重あたり8.3W、女子で体重あたり7.8Wであった。参考までに、下肢において、自転車エルゴメータを用いて測定された値は、男子で体重あたり12.2W、女子で体重あたり9.9Wであったと報告されている¹⁾。座位選手の上肢筋力の測定は下肢筋力に比べ測定機器が圧倒的に少ないため、上記結果を踏まえ現在も引き続き検討している。

c) 有酸素性能力の測定

漸増負荷テストは、主に有酸素性能力の代表的項目である最大酸素摂取量測定や乳酸カーブテスト等を実施する際に行われるテスト方法である。競技種目の運動様式に近い方法で行われる場合が多く、主に使用している機器は、オリンピック競技同様にトレッドミルや自転車エルゴメータである。それぞれ、速度または傾斜や負荷を漸増させ測定を行っている（図3）。

測定項目の特性上、疲労困憊まで測定する事が多い項目であり、それ故に安全面の配慮については、競技団体もしくは選手個人とやり取りをしながら測定方法を検討してきた。特に、視覚障がい選手においては、トレッドミル走行の未経験者が多く、トレッドミルの中央を常に走り続けるのは予想以上に難しい課題であった。トレッドミルが不慣れな選手は左右方向へ蛇行する事が多くみられた。測定の際には、なるべく普段のトレーニングと同様に、特に意識することなく安全に走行できるよう、事前に検討した。競技会においてガイドランナーを必要とする選手については、普段のトレーニング時と同様にガイドランナーがガイドロープを持ってトレッドミル脇に立ち、走行位

置の指示を出しながら測定を行った。また、単独走で行う選手の場合には、走る位置を選手本人が確認しながら走行できるよう、トレッドミル上で選手が走行可能な範囲をロープで取り囲み、常に手がロープに当たる位置を保って走ってもらうよう指示をした（図4）。また、単独走の選手と話し合い、前方よりメトロノーム音を出し、その音を頼りに選手自身が位置を確認しながら走行する試みも行った。ブラインドの選手にとっては、一定の位置から聞こえる音を頼りに場所を調整する事は容易なようであった。選手それぞれにあった、安全に且つ選手のパフォーマンスを確実に測定できる方法を模索して実施した。

座位選手においては、ハンドエルゴメータを用いて、仕事量を漸増する方法で実施した。ハンドエルゴメータ（Brachumera sport, Lode社製）を使用した漸増負荷試験は、知見も多く、座位選手の体力測定ではスタンダードとなる測定機器である。測定時には、同時に心拍数を記録し、運動負荷に対する心拍応答を確認しながら測定をする。脊髄損傷における障害の程度によっては、負荷漸増に対する心拍応答が健常者とは異なると報告されている¹²⁾。そのため、座位選手を対象に運



図3. 大型トレッドミルを利用したローラースキーによる漸増負荷テスト

動負荷試験を実施する際には、前もって選手の障がい程度を確認し、メディカルセンターと連携し、実施の可否を確認した上で、選手の安全面に十分に配慮し、測定を行った。

有酸素能力を評価する上で、血中乳酸濃度測定が行われる場合には、座位選手の運動形態を考慮し、指先からではなく耳朶から測定した。また、心拍数をモニタリングしながら運動を実施する際には、胸部ベルトに心拍数送信機が搭載された腕時計型の心拍計を使用する事がしばしばあるが、上肢を動かして測定を行う事により、ベルトが擦れて選手の皮膚を傷つけてしまう場合も見られた。そのため、心拍計を装着した際には、ウォーミングアップ等で体を動かし、腕や脇がベルトにより擦れていないことを確認し、測定を行った。また、擦れて運動が実施しにくい場合には、ディスプレイ電極等を使用し、心拍数の測定を行った。

車いすレーサーを使用する競技では、車いすローラー (ESSEDA, Lode 社製) を用いた測定を試みている (図 5)。負荷調整・速度計測が可能な機器であれば、自身のレーサーを使用した実走に近い測定は、トレーニング方法を検討する上で

も大変有効であると考えている。

2) 競技に特化した測定

a) 疾走動作の分析

疾走動作中の脚全体の後方スイング速度が疾走速度に影響を及ぼしていること⁷⁾などオリンピックアスリートの疾走動作に関するキネマティクスの知見は数多く報告されている。これらの疾走動作に関するキネマティクスの研究は、パラアスリートの疾走動作にも十分応用できるものである。疾走動作の分析は、オリンピックアスリートと同様に 3 次元動作分析装置 (VICON, Vicon Motion Systems 社製) を用いて実施している。その中でパラアスリートに特化した事項について紹介する。

漸増負荷テストでも述べたように、視覚障がいの選手はガイドランナーとともに疾走する場合がある。動作分析測定の実施上、測定時は反射マーカーを身体各部に貼付する必要があるため、ガイドランナーが伴走すると片側の反射マーカーが隠れてしまう。カメラの設置位置を工夫したり、音の鳴る方へまっすぐ走ってもらうよう指示したり、実際のランニングフォームと乖離しない方法

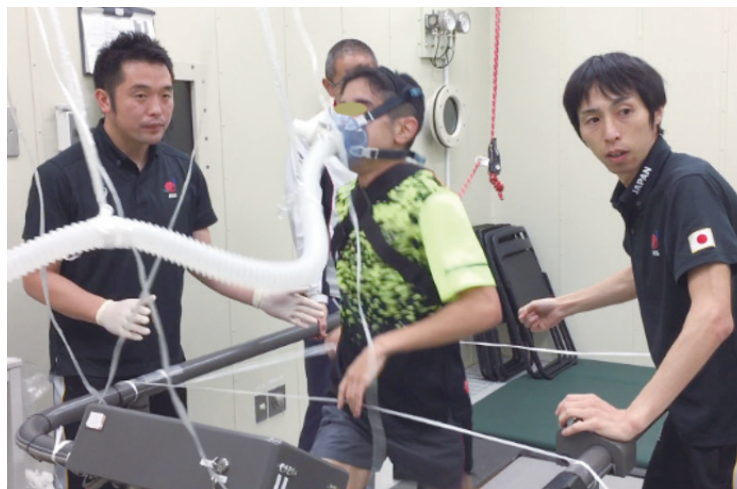


図 4. ブラインドマラソン選手におけるトレッドミル走行の様子

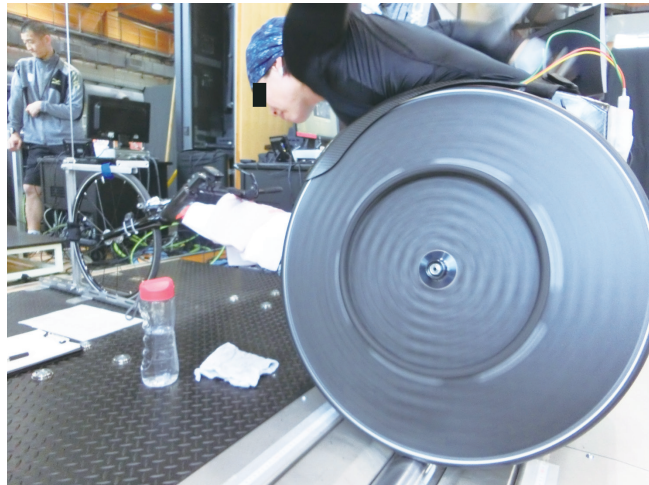


図5. 車いすローラーを用いた漸増負荷テスト

でかつ確実に測定できる方法を模索中である。

また、分析方法についても、オリンピックアスリートでは、1サイクル（左右2ステップ）を平均値として分析することが多いが、パラアスリートについては、上肢欠損や下肢欠損によって身体が左右非対称である場合も多い。この場合、1サイクルとして左右の動作を平均してしまうと、障がい特有の動きが相殺されてしまう。そのため、上肢欠損や下肢欠損の選手では、左右それぞれの動きを定量化し評価を行い、義手や義足を用いることによるパフォーマンスへの影響について、コーチや選手とともに検討を行っている。これまでJISSで測定してきたオリンピックアスリートと比較・検討が可能な項目と、パラアスリートに特化して評価する項目とをあらかじめ分けて考えておく必要がある。

b) ローラースキーを用いた有酸素性能力の評価
 クロスカントリースキー競技やバイアスロン競技は、オリンピック競技と同様に起伏のある雪上のコースをいかに短い時間で滑走できるかを競う競技である。パラリンピックの場合、障がいに応じて、片腕でポールを操作する選手やポールを使

用せずにスキー板のみで滑走する選手がおり、障がいに応じて分けられたカテゴリーによって実測タイムに乗じる係数が決められている。いずれにせよ長距離のレースとなるため、有酸素性能力の優劣が試合の優劣を決めるといっても過言ではない。そのため、JISSではパラアスリートに対して有酸素性能力の評価をする際に、オリンピックアスリートと同様にクロスカントリースキーを模したローラースキーでの測定を採用している。

JISS内には3m×4mの大型トレッドミルが埋設されているため、どのような走法でも対応可能である。トレッドミル上では、パラアスリートも測定前に練習を行えば問題なく滑走を行なうことができる。そのため、測定のプロトコルやセッティング（安全装置を利用する、ハーネスを着用する）などは、オリンピックアスリートが行っているプロトコルをそのまま使用する、あるいは1ステージ分低い速度で開始するという方法を用いている。具体的なプロトコルは傾斜を3°に固定し、8.0km/hから1.5km/hずつ速度を漸増していくものである。測定内容をそのまま利用することによって、オリンピックアスリートと同様の評価ができ、測定値の比較がしやすく目標値や基準値

を設定することができる。

その一方でこの測定に関する課題もみられる。女性選手に多くみられるのが、片腕のポールで滑走しているため、スピードについていくことができず、「体力の限界」よりも「スピードの限界」を迎えてしまうことである。この点に関しては、滑走の技術の問題もあり、体力自体を正確に評価できていない可能性がある。ローラースキーでの滑走技術が熟練している選手であれば、ローラースキーの測定でも問題ないが、ローラースキーに慣れていない選手等についてはポールウォークなどを用いて測定するといった対策を練る必要がありそうだ。また、これまで JISS では立位のクロスカンリースキー選手、バイアスロン選手を対象に測定を行ってきたため、座位のクロスカンリースキー選手の有酸素性能力の測定の実績がない。今後、座位の選手を対象とした測定も検討・模索していく必要がある。

IV. 課題、今後について

測定に際し、プロトコル・セッティングが確立した項目もあれば、測定の度に、軽微な変更を余儀なくされる項目も少なからずある。ある程度、競技間や障がい種別間で共通した測定項目の場合は、プロトコルを確立することが急務であろう。パラアスリートの場合、参考とするデータが少ないため、異なる競技であっても、同様の障がい種別の値は大変貴重である。測定プロトコルを確立することは、トップ選手だけでなく、トップを目指すジュニア選手や競技を始めたばかりのアスリートの評価する事においても大変意義深い。また、同じ競技・種目であっても、障がいによってクラス分けされている場合がほとんどであるため、競技の代表値として取りまとめることが難しい場合がある。そのため、測定された値の統計処理方法については、十分に検討し扱う必要がある。

また、パラリンピック種目の中には、オリンピック競技に同様の種目がなく、パラリンピック独自の競技種目が存在する。そのような種目の選手を測定する場合には、その競技に必要な体力要素を

確認し、測定項目を決めることから取り掛かる必要があるだろう。

V. まとめ

これまで、JISS では 2015 年より約 226 名（延べ数）のパラリンピック選手に対してフィットネスチェックを実施してきた。選手の競技特性や障がいに応じ、プロトコルやセッティングを検討した。JISS においてパラリンピック選手の体力測定は、まだまだ始まったばかりである。様々な機関・分野の専門家の方々と連携し、よりよりサポートを提供できるよう、今後も検討を継続する。

文献

- 1) Arakawa H, Kumagawa D, Fujisaki I, Ozawa Y, Ishige Y. Development of the Rope-Climbing Ergometer for Physical Training and Testing. *Sports Med Int Open*, 1(4): 128-134, 2017.
- 2) Brozek J, Grande F, Anderson JT, Keys A. Densitometric analysis of body composition; Revision of some quantitative assumptions. *Ann NY Acad Sci*, 26: 113-140, 1963.
- 3) Canadian Sport Institute. Podium Search. <http://www.csipacific.ca/programs/podium-search/> (2019年9月30日)
- 4) Dempster P, Aitkens S. A new air displacement method for the determination of human body composition. *Med Sci Sports Exerc*, 27: 1692-1697, 1995.
- 5) Dotan R, Bar-Or O. Load optimization for the Wingate anaerobic test. *Eur J Appl Physiol*, 51(3): 409-417, 1983.
- 6) English Institute of Sport. Paralympic sports. <https://www.eis2win.co.uk/> (2019年9月30日)
- 7) 伊藤章, 市川博啓, 斎藤昌久, 佐川和則, 伊藤道郎, 小林寛道. 100m 中間疾走局面における疾走動作と速度との関係. *体育学研究*, 43: 260-273, 1998.
- 8) IPC (International Paralympic Committee) Classification Research.

- <https://www.paralympic.org/classification-research>. (2019年9月30日)
- 9) IPC (International Paralympic Committee) World Para Alpine Skiing Classification Rules and Regulations.
<https://www.paralympic.org/alpine-skiing/rules-and-classification>. (2019年9月30日)
- 10) 小林裕央. パラアスリートの基本的体力から見えること. 第30回日本トレーニング科学会大会プログラム・抄録集, 38, 2017.
- 11) 国立スポーツ科学センター. 30秒間全力ペダリング(ウインゲートテスト)(無酸素性持久力)
https://www.jpnsport.go.jp/jiss/Portals/0/column/fcmanual/14_30secpedal.pdf (2019年9月30日)
- 12) Leicht C, Lenton J, Diaper N, Mason B. The BASES expert statement on assessment of exercise performance in athletes with a spinal cord injury. *The Sport and Exercise Scientist*, 37: 8, 2013.
- 13) Lovell DI, Mason D, Delphinus E, McLellan C. A comparison of asynchronous and synchronous arm cranking during the Wingate test. *Int J Sports Physiol Perform*, 6(3): 419-426, 2011.
- 14) McCrory MA, Gomez TD, Bernauer EM, Mole PA. Evaluation of a new air displacement plethysmograph for measuring human body composition. *Med Sci Sports Exerc*, 27: 1686-1691, 1995.