

が見られた。両被験者とも矢状面前方端や前額面の左右上端部においては、計測間でのばらつきが大きい傾向を示し、この傾向は完全麻痺者の方が強かった。矢状面断面図においては、不全麻痺者では全体が緩やかな曲線の組み合わせとなっているのに対し、完全麻痺者では、坐骨部の突出が著明であり、坐骨部前方が膝窩までの大腿部が直線的な形状となっていることから、軟部組織萎縮とより、大腿骨に由来する形状となったことを示すものだと考えられる。

距離指標の結果を表2に示す。殿部・大腿部の軟部組織萎縮に伴う坐骨突出を表す指標としては正中-坐骨距離では完全麻痺者が12~16 [mm]であるのに対し、不全麻痺者では2~7 [mm]であり、殿部中間点-坐骨距離では完全麻痺者が26~34 [mm]であるのに対し、不全麻痺者では14~19 [mm]と二つの指標において両者間で明確な差異が確認された。また、計測の信頼性という観点では坐骨間距離は100~120 [mm]とも言われているが、今回は90~107 [mm]であった。実験Iの結果から坐骨部の圧力集中箇所間の距離は両者とも約100 [mm]であったことなどと合致する。さらに、大転子下部間距離の誤差もわずかであり、完全に一致したとは言えないが、概ね全計測で正確な計測を実施できたと思われる。

#### D. 総合考察

競技に用いるクッションの圧力分散評価

からは完全麻痺者、不全麻痺者とも各動作下における動的状態のみならず、静止座位において坐骨部、完全麻痺者では加えて大転子部にも圧力集中が見られ、不適合であり、褥瘡発症の危険性が高いことを明らかにした。加えて競技中に行う主な動作である前方への駆動においては、骨盤が前後傾することから坐骨部の皮膚、皮膚下組織には単純な圧力のみならず摩擦や剪断力が働くことから褥瘡発症の危険性が更に高い状況にあると考えられる。軟部組織萎縮が少ない不全麻痺者においても不適合であったことは常用クッションと同じく医学的に適切な機器の選定、および定期的な確認を必要とすることを示唆している。また、競技中においては定期的な骨盤殿部の除減圧を行うことが必須であると考えられる。これら一連に関して競技者自身、および指導者、保護者、家族に対しても十分な教育を併せて行う必要がある。

座位身体形状計測においては完全麻痺者の坐骨突出量の指標となる正中-坐骨距離では完全麻痺者が12~16 [mm]であったが、一方、クッションの厚みの最大-最小値は34 [mm]と正中-坐骨距離を上回る。しかし、最大厚部はクッションの両端であることから、坐骨部を減除圧するには不適切な断面形状である。褥瘡発症ハイリスク者に対しては、単一材料であれば、坐骨部とその周辺に関してもっと適切に体重を支持し、圧力分散を図る明確な機能を区分した

形状である必要がある。圧力分散を図るにはクッションの厚みを増やすことが支持面積を増やすことができるが、厚みが増すことによって座位位置が高くなり、競技動作が行いにくくなると訴える競技者も多い。このことから、厚みと材料の特性を踏まえて仕様を検討する必要があると考えられる。

来年度は今年度試みた定量化手法について更に被験者を増やして、下肢感覚障害者の座位身体形状の特徴を蓄積すると共に、その特徴を考慮して適合するクッションの形状、及び圧力集中部位の粘弾性特性から褥瘡予防効果が高く、競技パフォーマンスを維持、向上させるようなクッションの仕様を特定し、最適解の導出を目指す。

#### E. 結論

車椅子バケットボールのクッションの適合に関して、接触圧力と座位身体形状に関して脊髄損傷完全麻痺者と不全麻痺者で比較検討を行った。静止座位時や模擬的動作において既製クッションでは坐骨部や大転子部への圧力集中から適合性は低いことを確認した。また、今回試みた軟部組織の萎縮と坐骨突出程度の定量化することができ、次年度の既製クッション不適合者に対するクッション形状と材質の最適解の導出に向けて、有用な評価指標を得た。

#### F. 参考文献

- 1)内閣府；平成9年度版障害者白書，1997.
- 2)六崎裕高他；車椅子バスケットボール選

出の二次的障害の調査，リハビリテーションスポーツ，Vol.31，No.2，pp.70-73，2012.

- 3)内閣府；障害者基本計画（第3次），pp.1-41，2013年9月
- 4)藤巻吾朗他；座位姿勢における人体形状測定システムの開発，岐阜県生活技術研究所研究報告，No.14，pp.24-28，2012.
- 5)田村勇太他；3D殿部モデルの有限要素解析に基づく褥瘡予防具に関する検討，生体医工学，No.44，Vol.4，pp.598-605，2006.

#### G. 研究発表

1. 論文発表  
なし
2. 学会発表  
なし

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

## IV. 平成 26 年度 総括報告書

### IV-1. 障害特有の反応に基づく運動生理学的手法を活用した

トレーニング・コンディショニング法および二次障害予防法について  
—障害・競技特性に配慮した介入研究に基づくプログラムの試行について—

### IV-2. 視覚障害者スポーツ選手における安全確保と競技力向上に関する実態調査

—第3報—

### IV-3. 障害者座位滑走スポーツにおける競技力向上を目指した

バケットシート適合に関する研究  
～チェアスキーバケットシートに関して～

### IV-4. 障害者座位滑走スポーツにおける競技力向上を目指した

バケットシート適合に関する研究  
～アイスレッジホッケーにおけるスレッジシートに関して～

### IV-5. 褥瘡予防に特化した車椅子バスケットボール用クッションに関する研究

—骨突出著明な脊髄損傷者に対する競技用クッション形状の考察—

### IV-6. 運動における義肢の有効性に関する研究

## 障害者のスポーツにおける障害と種目特性に関連した競技力向上等に関わる研究

平成26年度 総括

研究代表者 飛松 好子（国立障害者リハビリテーションセンター・病院・院長）

### 研究要旨

障害者スポーツは、急速に高度な競技化が望まれ、総合的な医科学支援システムの構築と各専門分野の連携が必須である。本研究は、障害者の競技スポーツにおける競技力等の向上の問題点を明らかにし、障害や種目特性に配慮した介入方法を検討することを目的とした研究である。

本年度は、障害・競技特性に配慮した介入研究に基づくプログラムの試行、安全確保と競技力向上に関する実態調査、スポーツ用装具の適合と有効性に関する取り組みを行った。障害および種目特性を考慮したトレーニング・プログラムの試行では、障害特性や受傷要因に基づく、何らかの異状を障害者スポーツ選手は抱えていることが明らかとなった。また、競技以外の生活行動への支援も競技成績へ影響を与えた。これらのことから、一般的に用いられているトレーニング指標は、障害者スポーツ選手にも活用できる可能性はあるが、種目・障害特性を勘案した場合、活用困難な項目があることが明らかとなった。つまり、障害者スポーツ選手には、種目特性に基づいた要素に、障害特性を十分に加味したオーダー・プログラムが必要不可欠な選手が存在することが考えられた。

安全確保と競技力向上に関する実態調査では、各種データが選手の体力・運動機能評価、タレント発掘等を行う上で参考となる基礎資料となりうること、また、各種の測定に際しては、障害特性に配慮し、効率的な評価方法について更に検討を要すること、さらに、キック動作については、選手の競技力向上に寄与できる研究を推進する必要があることが示唆された。今後、障害者スポーツ選手の競技力向上、障害者スポーツの普及・発展ためには、医・科支援により、障害特性や競技特性に配慮しつつ、効率的な体力・運動機能の測定方法を導入し、タレント発掘を含む選手育成・強化システムを構築することが課題であり、継続して調査・研究を行う必要があると考えられた。

スポーツ用装具の適合では、バケットシートの運動制御性に関して定量的手法を用いて検討しバケットシート製作における指標のひとつを提示することができた。また、スポーツ用義肢の有効性に関しては、片側上腕切断者において、義手の装着が静止立位や歩行時の姿勢への影響を3次元動作解析で分析し、これまで義肢を装着せずに行われていた競技においても、義肢を装着することにより左右の非対称性が改善され、効率の良い運動が行えることが期待できることを明らかにした。

つまり、障害者スポーツ選手の競技力向上には、トレーニングやコンディショニングの支援環境および競技環境に加え、スポーツ用具とのバランスが競技力に深く関連していることが考えられた。

これらのことから、障害と種目特性に関連した競技力向上等には、総合的な医科学支援システムの早急な構築と各専門分野の連携が必須であることが明らかとなった。

## 分担研究者

緒方徹（国立障害者リハビリテーションセンター・病院・障害者健康増進・スポーツ科学支援センター・センター長）

富安幸志（国立障害者リハビリテーションセンター・病院・内科・医長）

樋口幸治（国立障害者リハビリテーションセンター・病院・リハビリテーション部・運動療法士長）

山下文弥（国立障害者リハビリテーションセンター・病院・障害者健康増進・スポーツ科学支援センター・運動療法士）

岩淵典仁（国立障害者リハビリテーションセンター・病院・リハビリテーション部・主任運動療法士）

徳井亜加根（国立障害者リハビリテーションセンター・研究所・義肢装具技術研究部・義肢装具士）

中村隆（国立障害者リハビリテーションセンター・研究所・義肢装具技術研究部・義肢装具士）

星野元訓（国立障害者リハビリテーションセンター・研究所・義肢装具技術研究部・義肢装具士）

中村喜彦（国立障害者リハビリテーションセンター・研究所・義肢装具技術研究部・義肢装具士）

中澤公孝（東京大学大学院・総合文化研究科・生命環境科学系・教授）

木下裕光（筑波技術大学・保健科学部・教授）

石塚和重（筑波技術大学・保健科学部・教授）

香田泰子（筑波技術大学・保健科学部・准教授）

福永克己（筑波技術大学・保健科学部・助教）

## 研究内容

1. 障害特有の反応に基づく運動生理学的手法を活用したトレーニング・コンディショニング法および二次障害予防法について  
ー障害・競技特性に配慮した介入研究に基づくプログラムの試行についてー
2. 視覚障害者スポーツ選手における安全確保と競技力向上に関する実態調査  
ー第3報ー
3. 障害者座位滑走スポーツにおける競技力向上を目指したバケットシート適合に関する研究  
～チェアスキーバケットシートに関して～
4. 障害者座位滑走スポーツにおける競技力向上を目指したバケットシート適合に関する研究  
～アイスレッジホッケーにおけるスレージシートに関して～
5. 褥瘡予防に特化した車椅子バスケットボール用クッションに関する研究  
ー骨突出著明な脊髄損傷者に対する競技用クッション形状の考察ー
6. 運動における義肢の有効性に関する研究

#### IV-1 障害特有の反応に基づく運動生理学的手法を活用したトレーニング・コンディショニング法および二次障害予防法について

－障害・競技特性に配慮した介入研究に基づくプログラムの試行について－

##### 研究代表者

飛松 好子（国立障害者リハビリテーションセンター・病院）

##### 研究分担者

緒方 徹（国立障害者リハビリテーションセンター・病院・障害者健康増進・スポーツ科学支援センター）

富安 幸志（国立障害者リハビリテーションセンター・病院）

樋口 幸治（国立障害者リハビリテーションセンター・病院）

山下 文弥（国立障害者リハビリテーションセンター・病院・障害者健康増進・スポーツ科学支援センター）

##### 研究協力

国立障害者リハビリテーションセンター・病院・障害者健康増進・スポーツ科学支援センター

##### 研究要旨

我々は、平成 24 年度～25 年年度に、一定レベル以上の競技力を有する障害者スポーツ選手、述べ 120 名に対して総合的メディカル・チェック等による競技力向上に関する実態調査を実施した。その結果から、障害者スポーツ選手は、健常スポーツ選手と異なる特性を持ち、それぞれの障害と競技特性のバランスをとることでレベルの高いスポーツ活動が可能であるが、その反面、健康管理上のプログラミング化が未整備であることを明らかにした。

そこで、本研究は、これまでの結果を基に、障害および種目特性を考慮したトレーニング・プログラムを障害者スポーツ選手 9 例に試行し、障害者のスポーツにおける障害と種目特性に関連した競技力向上等に関わる検討を行うことを目的とした。

対象は、①車いす陸上競技選手男性 5 名（T51）、②車いすバスケットボール選手女性 1 名（WBF）、③ウィルチェアラグビー選手男性 1 名（WR）、④脳性麻痺 7 人制サッカー選手男性 1 名（CPS）、⑤視覚障害陸上競技選手女性 1 名（F11）の計 9 名であった。

介入期間は、それぞれの種目の 1～2 シーズン（3 ヶ月～24 ヶ月）であった。測定は、総合的メディカル・チェック項目および運動負荷テストを介入前後に行った。トレーニングおよびコンディショニング・プログラムの試行は、対象選手の種目および障害特性を勘案し、運動負荷テスト時の血中乳酸濃度（血中 LA）の変化を用いた全身持久力向上、コンディショニングおよびスポーツ障害予防、瞬発力向上とした。

その結果、T51 では、それぞれの選手で、自己記録更新が認められた。WBF および WR では、ハイパフォーマンスを維持し、日本代表として国際大会への出場が継続した。CPS では、国内大会および国際大会で優秀な成績を治めた。F11 では、ジャパンパラリンピック大会への出場が可能となった。その一方で、いくつかの課題が明らかとなった。

第一に、WR、CPS では、プレー中の運動強度が不明確で、トレーニングでの運動強度設定が経験則で行われていた。そこで、プレー前後の心拍数や運動直後の血中 LA を測定し、運動強度の推定を行った。それを基に、競技特性に沿った全身持久力向上プログラムを実施した。次に、車いす陸上競技選手では、外的環境（天候・気温）によるパフォーマンスの不安定さがあった。また、持久的トレーニングを積極的に行ったが血清脂質に変化が見られず健常者とのトレーニング効果の違いが認められた。また、WBF では、糖代謝異常が認められ、それが、コンディショニングの不安定さを助長していることが考えられた。このように障害特性や受傷要因に基づく、何らかの異状を障害者スポーツ選手は抱えていることが明らかとなった。また、競技以外の生活行動への支援も競技成績へ影響を与えた。

これらのことから、一般的に用いられているトレーニング指標は、障害者スポーツ選手にも活用できる可能性はあるが、種目・障害特性を勘案した場合、活用困難な項目があることが明らかとなった。

つまり、障害者スポーツ選手には、種目特性に基づいた要素に、障害特性を十分に加味したオーダー・プログラムが必要不可欠な選手が存在することが考えられる。

## A. 研究目的

我々は、平成24年度～25年度に、計120名障害者スポーツ選手およびスポーツ愛好家を対象に総合的メディカルチェック等による実態調査を実施した。その結果、内臓脂肪レベル、脂質異常などメタボリックシンドロームの危険因子を保有する者を認めた。これらのことは、障害者スポーツ選手は、健常スポーツ選手と異なる特性を持っているが、健康管理上のプログラミング化が行われおらず、安全で、効果的に、競技成績の向上を行うためには継続した調査研究が必要不可欠であるところを報告した。

本研究は、その実態調査から得られた結果に基づき、障害者の競技スポーツにおける競技力等の向上の問題点を明らかにし、障害や種目特性に配慮したトレーニング・プログラムを検討することを目的とした。

## B. 研究方法

### 【介入対象】

調査対象は、平成25年3月～平成27年2月までの期間に、本研究に賛同し、承諾を得た一定レベル以上の競技力を有する障害者スポーツ選手（日本選手権等の大会へ参加、各競技団体の強化指定等を受けた選手）9名であった。対象者の特性を表1に示した。

### 【介入期間】

介入期間は、平成25年3月～平成27年2月までの各スポーツ種目の1～2シーズンを基本とした。

### 【介入方法】

#### 1. 総合的メディカルチェックの方法

検査・測定項目は、問診、安静心電図、血圧、血液検査（一般性化学検査・ストレス項目（カテコールアミン三分画、コルチゾル）、骨関連項目（骨代謝マーカー）、メタボリックシンドローム項目（アディポネ



クチン、レプチン)、尿検査、身体計測および形態測定、安静時代謝量、体カテスト(最大運動能力テスト・フィールドテスト)、インピーダンス法による内臓脂肪レベル、競技特性に関係する補装具のチェックを行なった(図1)。

採血は、8時間以上の絶食を原則とし、早朝空腹時安静にて、正中静脈より採取した。また、採尿は、第二尿を採取した。形態測定は、車いすスポーツ選手は、臥位で、立位スポーツ選手は、立位で熟練した検者が行った。結果の判定は、複数の医師にて、それぞれの専門分野を分担して行なった。

実施場所は、国立障害者リハビリテーションセンター・病院(内科外来)にて、障害者健康増進・スポーツ科学支援センターの協力を得て行った。

## 2. 運動負荷テストの方法

### 1) 車いす競技選手への運動負荷テスト

T51では、得られたデータを2.1).②の方法を用いるとともに、メディカルチェック時に、2分間スピード漸増負荷法を用いて、競技用車椅子を車椅子ローラー上に乗せ、初期負荷4km/hより2km/hずつ増加させ、指定されたスピードが維持できなくなるまで駆動を行った。各負荷段階で、心拍数、血中乳酸濃度(以下血中LA)、平均スピードを記録した。血中LAは、耳朶より採血し、Lactate Pro(アークレイ社製)を用いて測定した。

WR、WBFでは、Ramp負荷法を用い、腕エルゴメーターにて、1分間に10watts漸増させ、指定したスピードが維持できなくなるまでクランク運動を行った。1分毎に、心拍数、血中LAをT51と同様の方法で測定

した。また、得られた血中LAと負荷強度の関係から、Lactate threshold(LT)およびOnset of blood lactate accumulation

(OBLA)強度を判定し、トレーニング強度とした。算出されたトレーニング強度は、トレーニング場面で、実走行を行いながら確認を行った(図2)。また、競技環境でのデータ収集も行い、プログラム作成への参考とした。

### 2) 立位競技者への運動負荷テスト

F11、CPSでは、自転車エルゴメーターにて、4分間多段階漸増負荷法を用いて、年齢・体重・活動量から初期負荷および漸増負荷量を算出し、心拍数が150拍・分以上になるまで駆動を行った。また、各負荷段階で、心拍数および血圧(BP)、血中LAを測定した。CPSは、得られた血中LAと負荷強度の関係から、OBLA強度を判定し、トレーニング強度とした。

### (倫理面への配慮)

本研究は、国立障害者リハビリテーションセンター内倫理委員会の管理のもとに行い、倫理面に配慮し、参加者の人権を侵害しないように最大限の努力の元で行なった。

## C. 研究結果

### 1. 車いす競技者の症例

#### 1) 車いす陸上競技者の症例(5例)

対象は、外傷性頸髄損傷による四肢麻痺者男性5名であった(表1-A~E)。介入指導は、2シーズンにかけて行った(図3)。この症例のトレーニング・プログラムの目的は、①車いすマラソン大会での完走率の向上、②トラック種目に関する

標準記録の突破であった。

### ① 車いすマラソン大会での完走率の向上

1シーズン目には、全身持久力の向上を目的に、健常者の全身持久力の向上に用いられている運動負荷と血中LAの関係からLTおよびOBLA強度を算出し、車いすローラー（図2）、フィールドで、1回、20分以上の走行プログラムを試行した。その結果、運動中の血中LAの右へのシフトが認められ（図4）、最大下での有酸素能力の向上が認められた。

第33回大分国際車いすマラソン大会での成績は、フルマラソンに2名出場し、未完走（完走1/3）、ハーフマラソンに1名出場し、優勝（完走1/8）であった。

2シーズン目は、血液性状の変化を参考に、血中LAを指標にしながら、OBLAトレーニングを主に、インターバル・プログラムを行った。その結果、耐乳酸性能力の向上が認められた。

第34回大分国際車いすマラソン大会での成績は、フルマラソンに2名出場し、未完走（完走0/2）、ハーフマラソンに2名出場し、クラス別優勝および準優勝（完走4/9）であった（図5）。

### ② トラック種目に関する標準記録の突破

1シーズン目には、パラリンピック種目に指定されている100m、400mを行いながら、選手の希望に応じて200m、800mの記録更新に取り組んだ。トレーニング・プログラムは、LT強度の走行を主として、レース用車いすの調整、駆動技術の試行も行った（図6）。

その結果、対象者Bのみで、自己記録を

更新し、パラ陸上連盟の育成選手指定となった。その一方で、その他の選手に大きな記録向上は認められなかった。

2シーズン目は、対象種目を100m、400mのパラリンピック指定種目に限定し、200m、800mは、選手の特성에応じて取り組んだ。トレーニング・プログラムは、OBLAトレーニングを主としたインターバル・トレーニングおよび無負荷状態でのスピード・トレーニングとした。その結果、対象者Aで、400mの日本記録更新、対象者B、C、Dで、自己記録の更新が認められた（図5）。

### ③ 身体計測および血液性状の変化

プログラム試行期間の身体計測の結果を図7・8に示した。その結果、BMIは、健常者の標準範囲より低く、15～18の範囲で推移していた。しかし、皮下脂肪から推定した体脂肪率は、10%～16%の範囲内であった。また、ランニング時に主動筋として使用される肩周辺の筋肉は、100cm前後で推移し、三角筋周囲径は若干増加した。

血液性状は、3名について、定期的な結果が得られた。その結果、血清脂質および、クレアチニンの異常が認められ、トレーニング前後で、変化は無かった（図9）。また、2シーズン後、貧血傾向の選手が認められた（図10）。

### 2) 車いすバスケットボール女子選手の症例（1例：表1-H）

対象は、外傷性脊髄損傷による対麻痺者女性で、車いすバスケットボール日本代表選手で、年齢は、40代、競技歴は、28年で、コンディショニング不良によるパフォーマンスの不安定さを訴えていた。総合的メデ

イカルチェックの結果、体脂肪率の超過、体調の不安定さ、プレー中の不注意による外傷の多さが認められた。

プログラムは、運動負荷テスト時の血中LA 値の変化からLT 強度を算出し、耐糖能およびコンディショニング調整・減量を主とした(図3)。

総合的メディカルチェックをプログラム試行前に実施し、血算の異常(MCV およびMCH の低下、血小板の増加)、Fe の低下、HBA1C およびインスリン値の異常、HOMA-R の高値が認められた。プログラム試行後は、体脂肪率の減少、LBM の増加が認められた。また、シーズンを通して一定のコンディショニングを維持した(表2)。

プログラム試行後の成績は、日本代表の継続、アジアパラリンピック出場・銀メダル獲得であった(図5)。

### 3) ウィルチェアラグビー選手の症例(1例:表1-I)

対象は、外傷性頸髄損傷による四肢不全麻痺者男性で、ウィルチェアラグビー日本代表選手、年齢は、40代、競技歴は、15年で、コンディショニング不良によるパフォーマンスの不安定さを訴えていた。

総合的メディカルチェックをプログラム試行前に実施し、CPK の高値、脂質異常症が認められた。プログラムは、運動負荷テスト時のLA 値の変化からLT 強度を算出し、コンディショニング調整減量を主とした介入を3ヶ月間行った(図3・11)。

プログラム試行の結果、体重、体脂肪率、腹囲が減少した(表3)。

プログラム試行後の成績は、日本代表の継続、日本選手権準優勝および3.0クラ

スMSP の獲得であった(図5)。

## 2. 立位競技者の症例

### 1) 視覚障害者競技者の症例(陸上競技:投擲種目:1例:表1-F)

対象は、網膜色素変性症による視覚障害女性で、年齢は、30代、競技歴は、0.5年で、他競技種目(元日本代表)から陸上競技・投擲種目に変更し、国内最高峰大会への出場を目指すレベルの選手である。

プログラムは、種目変更による身体作り、およびジャパン・パラリンピック出場に必要な標準記録突破を目的に3ヶ月間プログラムを試行した(図3)。

総合的なメディカルチェックの結果、プログラム試行前では、Fe の低下が認められた。また、種目変更に伴う身体計測面および体力全般の不足があった。

プログラム試行後は、体力面では、測定項目に大きな変化は認められなかった。身体計測面では、若干、体脂肪率が減少し、LBM が増加した。血液性状面では、TC、LDL-C が増加し、Fe が低下した(表4)。

プログラム試行後の成績は、自己記録の更新、ジャパン・パラリンピック大会への出場であった(図5)。

### 2) 脳性麻痺競技者の症例(脳性麻痺7人制サッカー:1例:表1:G)

対象は、脳性麻痺による左上肢の軽度の運動機能障害男性で、脳性麻痺7人制サッカー日本代表選手で、年齢は、30代、競技歴は、9年で、プレー中のスタミナ不足によるパフォーマンスの低下を訴えていた。そのため、競技特性に基づく全身持久力の向上を目的に3ヶ月間プログラムを試行し

た。この症例では、プログラムを実施に際して、競技特性に基づくプレー中の運動強度や疲労度が不明で、プレー中の運動強度推定を行った。その推定値に基づき、プログラムを試行した (図 3・12)。

総合的メディカルチェックの結果、プログラム試行前では、CPK の高値、TG および LDL-C の低値が認められた。3 ヶ月後、Hb および Fe が低下し、TG および LDL-C は、プログラム試行前と同様に低値を示した

(表 5)。身体計測では、LBM の増加に伴う体重の増加が認められた。全身持久力は、45.5kg/ml/min から 55.4kg/ml/min へ増加した。

プログラム試行後の成績は、日本選手権優勝および大会 MVP 獲得、アジアパラリンピック銀メダル獲得であった (図 5)。

#### D. 考察

##### 1. 対象アスリート全体の結果から

##### ・一般的なトレーニング指標やプログラムの活用性

競技スポーツ選手の競技力向上には、いくつかの要因がある。トップレベル競技者を対象とした強化支援等を行う JISS では、スポーツ医科学・支援事業<sup>2)</sup>として、医学、生理学、生化学、バイオメカニクス、心理学、栄養学などの様々な領域の専門家が、フィットネスサポート、トレーニング指導、栄養サポート、心理サポート、動作分析、レースゲーム分析、映像技術サポート、情報技術サポートとして、競技者の競技力向上に連携して取り組んでいる。しかし、障害を有する選手では、連携したサポートは、日本パラリンピック委員会 (JPC) が「日本

の障がい者スポーツの将来像 (ビジョン) ~活力ある共生社会へ~」を提言し、その中で、国際競技力の向上に関して、環境整備を進めている状況である<sup>3)</sup>。

その一方で、障害者アスリートは、何らかの障害を有し、ハイパフォーマンスを発揮した場合に、どのような生体反応を発現するのか?、競技特性に基づいた体力要素は何か? どのようなトレーニングが行えるのか?、一般のハイレベル競技者に適応されているトレーニング項目が活用できるのか? など不明な点が多い。

本研究では、9 例の症例を通して、それらを勘案し、トレーニングを試行することで、障害者アスリートの競技力向上に関するトレーニング・プログラムを検討した。

第一に、トレーニング実施前に行った総合的メディカルチェックおよび対象アスリートの要望を元に、トレーニング・プログラムを作成し、一般的なトレーニング指標の活用を検討した。

対象アスリートの共通項目から、トレーニングの指標に、運動中の血中 LA 濃度の変化を用いた LT<sup>6)</sup> および OBLA 強度<sup>14)</sup> を試行した。

T51 では、1 シーズン目に、LT 強度トレーニングを試行した。トレーニング・プログラムの設定は、これまで行ってきたトレーニングに加えて、LT 強度のトレーニングを週 2 回以上、1 回の走行時間を 20 分間以上、体調に合わせて、時間を延長することとした。しかし、体調維持に効果を認めたものの、目標大会での完走および記録の向上を達成することはできなかった。

脊髄損傷による麻痺で、胸髄 7 番以上の高位損傷では、交感神経活動の不備があり、

運動時の心拍数上昇制限等が認められる<sup>4)</sup>  
11)。特に、頸髄損傷である T51 では、交感神経活動の制限が強く、心拍数上昇制限 (120 拍/分程度)、血圧コントロールの不備などが顕著である。我々の先行研究では、健常者に比べて、運動開始直後から、過換気状態に有り、最高酸素摂取量も健常者の早歩き程度相当で大きな制限を有していたことを確認した。また、West ら<sup>15)</sup>も、交感神経の機能障害による末血管機能の低下を報告している。T51 では、残存機能の制限に加えて、運動時に必要とされる生体反応の不具合が、有酸素作業能の発揮に悪影響を与えていることが考えられる。

健常者では、LT 強度の運動など有酸素運動の効果は、体脂肪の燃焼を促し、HDL-C 値の増加、TG 値および LDL-C 値の低下など、血清脂質に良好な影響を与えることが報告されている<sup>7)8)</sup>。しかし、T51 の HDL-C 値は、標準範囲の下端に有り、トレーニング前後での変化は認められず、一般的なトレーニング効果と異なっていた。Latifi ら<sup>9)</sup>は、Meta-analysis を用いて脊髄損傷者の Leptin の変化を調べ、その結果、高位損傷者の Leptin 濃度の異常が、脂質再分配および交感神経の機能障害によって引き起こされている可能性を示している。

これらのことは、T51 では、運動時の生体反応が健常者とは異なり、一般的に用いられているトレーニング指標は、健常者と同様な効果を期待できなことが考えられた。

そこで、2 シーズン目では、1 シーズン目の結果から、OBLA 強度およびそれ以上の高強度でのトレーニングをインターバル形式で行った。その結果、対象選手全員に、個々の目標達成および記録の向上が認めら

れた。

Miller ら<sup>10)</sup>は、Isokinetic resistance を用いた運動で、耐糖能に影響を与える運動の質を調べ、強い筋収縮が必要であることを示している。また、Ogawa ら<sup>12)</sup>は、車いすマラソンレース前後で、IL6 を測定し、頸損者を含む高位の脊髄損傷者でも有意に増加しており、彼らが、運動の効果を得るためには、高強度の運動も必要であることを示している。

これらのことから、頸髄損傷による四肢麻痺スポーツ選手には、限られた有酸素作業能力を有効に使いながら、高い運動強度で、骨格筋の耐糖能を向上させることが競技力向上につながる可能性があると考えられる。

その一方で、WBF や WR では、LT 強度での減量を実施し、コンディショニング調整が良好で、日本代表の継続が可能であった。

インスリン抵抗性の異常が認められた WBF では、体脂肪率が 4.0%低下し、LBM が 2.7kg 増加した。健常者を対象とした LT 強度の運動は、脂肪の燃焼を促進するとともに、有酸素作業能力を安全に向上させ、合わせて、骨格筋での非インスリン依存性の糖の取り込み能力を向上させることも知られており<sup>1)</sup>、WBF と同様な障害レベルであれば、健常者と同様な効果が期待できると考えられる。

また、WR では、T51 と同様の頸髄損傷であるが、運動時の発汗や HR が上昇し、呼吸循環器機能を制限する因子が少ない。そのため、LT 強度のトレーニングは、健常者同様の結果を促すことが可能であったと考えられる。

これらのことから、脊髄損傷アスリート

には、神経解剖学的な残存機能や障害特性に起因する運動時の生体反応を把握し、目的に沿ったトレーニング・プログラムを選択することで競技力向上につながる可能性があると考えられる。

CPS では、OBLA 強度トレーニングを試行した。通常の練習プログラムに、週 2 回、1 回、40 分実施し、課題であったスタミナの向上が認められた。その一方で、この症例では、プレー中の運動強度や疲労度が不明で、その推定を行った。その結果、CPS のプレー中の運動強度は、Reilly<sup>13)</sup> が、健常者サッカーのプレー中の身体負荷や疲労からまとめた報告と比較すると心拍数はおよそ同程度であったが、血中 LA はやや高い値を示した。(図 13)。CPS のプログラムで用いた運動強度は、プレー中の運動強度に近似し、より実践に近い形でのプログラムであったことを確認した。この症例では、一般的な報告と同様に、有酸素作業能力の向上が認められ、課題であったスタミナの改善がパフォーマンス向上の一助になったと考えられる。

これらの症例から、健常者に用いられている血中 LA を指標としたトレーニングは、従来の報告と同様な結果を得られ、競技力向上プログラムの一環として活用が可能であると考えられる。

しかし、運動実施時に、障害特性に基づく生理的反応を強く発現する選手では、その反応に応じたオーダーメイド・プログラムが必要不可欠である。

その一方で、トレーニングの頻度や時間については、未検討である。また、障害スポーツには、障害の程度に合わせた用具の工夫やマッチング、効率的な動作の分析な

ど、安定した競技成績を得るために必要な項目もあり、今後、検討が進むことを期待する。

## 2. 障害特性および種目特性に係わる結果から

### 1) 運動時の身体反応が異なる症例から

T51 では、運動中の身体反応が他のアスリートと明らかに異なる。また、運動負荷テスト中の血中 LA や心拍数の変化を見ると個々の状況も大きく異なる。

彼らが運動を行った場合、運動強度の変化に伴う呼吸循環機能の調整に制限があることは、本研究や多くの先行研究でも明らかにされている。しかし、その範囲や個々の状況については、データ数や報告が不足しているのが現状である。本研究でトレーニング・プログラムを試行した対象でも、最大運動時の血中 LA は、 $5.2 \pm 1.8 \text{ mmol/dl}$ 、その範囲は、 $3.3 \sim 7.4 \text{ mmol/dl}$  と差があった。また、運動時の心拍数は、直線的に上昇する選手や非直線的な上昇を示す選手が認められた。また、この変化は、夏期と冬期で異なり、夏期は左へシフトし、運動能力の低下を引き起こした(図 4)。屋外競技の場合、この体温調節の不均衡さは、競技成績にも大きく影響し、それを補う方法の検討が必要不可欠である。

一方、車いすバスケットボールは、プレー中の心拍数が 170 拍/分と高強度の運動である<sup>5)</sup>。その強度でのパフォーマンスを高めるためには、トレーニングでも同様の強度での運動耐性を求められる。しかし、本症例の WBF では、インスリン抵抗性に異常があるため、高強度でのプレーにパフォ

パフォーマンスを低下させる急速な血糖値の変化があったのではないだろうか。そのために、プレー中のアクシデントやプレー後の回復に何らかの影響を与えていたことが推測される。

CPS では、プレー中、障害による弊害を観察することは困難であった。しかし、トレーニング当初は、リズムカルなペダリング運動が困難で、左右非対称な運動様式であった。走行時には、気がつかない程度のアンバランスな運動パターンが、走行時のスタミナ不足として現れていた可能性が考えられる。これらのことは、障害特性に基づく、より簡易な運動パターンでの動作確認は、必要不可欠であると考えられる。

健常者と同様の生理学的反応と考えられる F11 では、未経験の動作、環境の変化など視覚からの情報不足が、心理的な悪影響を与え疲労感を増長していた。この障害には、過度な負荷を可能な限り排除するために事前情報や会場の環境認知など、環境のシミュレーションなどを十分に行うことが必要であると考えられる。

## 2) トレーニングを行う場合の配慮から

障害者が競技活動を行う場合、障害特有の併発病や特有の動きを事前に把握し、それに応じた配慮を行うことが必須である。また、それ以外にもトレーニングを行う上では、選手の状況に合わせた配慮が必要である。その配慮を行うことで多くの障害者アスリートが、更なる競技力の向上が可能となるのではないだろうか。

トレーニングを行う場合の配慮について、本症例のトレーニング介入場面の課題を踏まえて述べる。

### ① 車いすアスリートについて

T51、WBF および WR の症例では、日常生活および競技を車いすで行っている。アスリートであっても、車いすでの生活環境や障害特有の生活パターンの構築が必要不可欠である。特に、排尿・排便や入浴などに時間を要する頸髄損傷者では、環境と時間の配分はトレーニングを行う上で重要な因子となるため、トレーニング・プログラムと日常生活リズムのバランスを取る必要がある。

### ② 走行運動が可能な CP について

CPS の症例では、一般的に、障害特有の併発病が認められる。過度な疲労が併発病を悪化させる可能性に配慮し、事前の検査等は必要不可欠である。また、基本的な動作から、アンバランスな動作を明確にし、障害部位等への過度な負荷を予防することが必要である。

### ③ 視覚障害者への配慮について

F11 の症例を通して、身体的に問題がない場合は、個々の状況に合わせた情報提供を適時行い過負荷を避ける必要がある。疾患へのコントロールが必要な選手には、厳正な疾病への対応が必要不可欠である。

## E. 結論

一般的なスポーツ選手に用いられているトレーニング法は、障害者スポーツ選手に活用可能であることが推測された。しかし、障害者スポーツ選手は、何らかの異状を有しながら競技活動を行っている。パフォーマンスや残存機能の違いに関わりなく、障害特性を加味し、運動時の生体反応を確認した上で、トレーニング・プログラムを実施することが必要不可欠である。

今後、障害者スポーツ選手の競技力向上には、メディカルチェックをシステム化し、それに基づくトレーニング・プログラムを行うことが課題であると考えられる。

## F. 参考文献

- 1) 井澤鉄也編：運動とホルモン—液性因子による調節と適応—：有限会社ナップ，東京 pp7177-85, 2001.
- 2) 独立行政法人日本スポーツ振興センター：国立スポーツ科学センター年報2013 (Vol. 13) , pp22-33, 2014年3月
- 3) 日本障害者スポーツ協会：日本の障がい者スポーツの将来像（ビジョン）～活力ある共生社会へ～：  
(<http://www.jsad.or.jp/about/vision.html>)
- 4) 樋口幸治他：厚生労働科学研究費補助金・障害保健福祉総合研究事業「脊髄損傷者の生活習慣病・二次障害予防のための適切な運動処方・生活指導に関する研究」(平成17年～19年度)総合研究報告書:pp21-25, 平成20年(2008)年3月
- 5) Croft L. et. al. :A comparison of the physiological demands of wheelchair basketball and wheelchair tennis. Int. J. Sports Physiol. Perform. 5(3):301-315, 2010
- 6) Ivy JL. et. al. : Muscle respiratory capacity and fiber type as determinations of the lactate threshold. J. Appl. Physiol. 48:523-537. 1908
- 7) Koba S. et. al. : Physical activity in the Japan population association with blood lipid level and effects in reducing cardiovascular and all-cause mortality. J Atheroscler Thromb. 18: 833-845, 2011
- 8) Kodama S. et. al. : Effect of Aerobic Exercise Training on Serum Levels of High-Density Lipoprotein Cholesterol A Meta-analysis : Arch Intern Med. ;167(10):999-1008, 2007
- 9) Latifi S. et. al. : Changes of Leptin concentration in plasma in patients with spinal cord injury: A Meta-analysis. ; Spinal Cord, 51:728-731, 2013
- 10) Miller AD. et. al: Effects of high intensity/low volume and low intensity/high volume isokinetic resistance exercise on postexercise glucose tolerance. ; J. Strength Cond. Res. ;21(2), 330-335, 2007



11) Mills PB. and Krassioukov A. :  
Autonomic function as a missing piece of  
the classification of Paralympic  
athletes with spinal cord injury. ;  
Spinal Cord, 49:768-776, 2011

12) Ogawa T. et. al. :Elevation of  
interleukin-6 and attenuation of tumor  
necrosis factor- $\alpha$  during wheelchair  
half marathon in athletes with cervical  
spinal cord injuries. Spinal  
Cord, 52(8):601-605, 2014

13) REILLY T. :Energetics of  
high-intensity exercise (soccer) with  
particular reference to fatigue. ; J.  
Sports Sciences, 15:257-263, 1997

14) Sjödin B. et. al. : Changes in onset of  
blood lactate accumulation (OBLA) and  
muscle enzymes after training at OBLA. ;  
Eur J Appl Physiol Occup  
Physiol. 49(1):45-57, 1982

15) West CR. et. al. : Peripheral vascular  
function in spinal cord injury:  
a systematic review. Spinal Cord, 51:  
10-19, 2013

26年12月:つくば国際会議場)

・障害者スポーツの支援・普及のための試  
み—練習環境支援を通して—

H. 知的財産権の出願・登録状況  
特記事項なし

## G. 研究発表

### 1. 論文発表

特記事項なし

### 2. 学会発表

第24回 日本障害者スポーツ学会 (平成

表 1. 対象者の特性

	性別	年齢 (歳)	疾患等	障害レベル	移動	スポーツ種目	クラスなど	ポジションなど	スポーツ歴 (年)
A	男性	36	頸髄損傷	C6	車いす	陸上競技	T51	トラック マラソン	16
B	男性	32	頸髄損傷	C6	車いす	陸上競技	T51	トラック マラソン	7
C	男性	20	頸髄損傷	C6	車いす	陸上競技	T51	トラック マラソン	3
D	男性	28	頸髄損傷	C6	車いす	陸上競技	T51	トラック マラソン	9
E	男性	34	頸髄損傷	C6	車いす	陸上競技	T51	トラック マラソン	1
H	女性	49	脊髄損傷	L1	車いす	車いすバスケ	2.5	センター	28
I	男性	39	頸髄損傷	C8	車いす	ウィルチェア ラグビー	3.0	オフENSE	15
F	女性	35	網膜色素 変性症	視覚障害	立位 (白杖)	陸上競技	F11	円盤投げ	0.5
G	男性	32	脳性まひ	軽度の運動 機能障害	立位	CP サッカー	C7	MF	9

表 2. WBF の介入結果

		介入前	介入後
身長	cm	178	178
体重	kg	75.1	75.7
BMI	%	23.7	23.9
腹囲	cm	96.0	96.0
腹部脂肪率	%	43.5	43.7
内臓脂肪面積レベル		10.5	12.0
%Fat	%	31.3	27.3
Fat mass	kg	23.5	20.4
LBM	kg	51.6	54.3

表 3. WR の介入結果

		介入前	介入後
身長	cm	177.0	177.0
体重	kg	63.9	62.0
BMI	%	23.59	22.98
腹囲	cm	85.0	79.0
腹部脂肪率	%	21.7	19.6
内臓脂肪面積レベル		7.0	6.0
%Fat	%	23.2	20.7
Fat mass	kg	17.1	14.9
LBM	kg	56.8	57.1

表 4. F11 の介入結果

		介入前	介入後
体重	kg	60.8	60.8
BMI	%	22.8	22.8
体脂肪率	%	17.0	16.8
脂肪量	kg	10.3	10.2
LBM	kg	50.5	50.6
白血球数	/ $\mu\text{l}$	4470	4350
赤血球数	$\times 10^4/\mu\text{l}$	430	433
血色素	g/dl	12.1	12.2
C P K	mg/dl	77	80
TC	mg/dl	218	226
中性脂肪	mg/dl	60	54
HDL-C	mg/dl	74	70
LDL-C	mg/dl	138	149
F e	$\mu\text{g/dl}$	58	36
高濃度 CRP	mg/dl	0.013	0.113

表 5. CPS の介入結果

		介入前	介入後
体重	kg	58.0	59.1
BMI	%	21.3	21.7
体脂肪率	%	11.4	10.7
脂肪量	kg	6.6	6.3
LBM	kg	51.4	53.1
白血球数	/ $\mu$ l	6510	5060
赤血球数	$\times 10^4/\mu$ l	518	477
血色素	g/dl	15.3	13.7
CPK	mg/dl	372	252
TC	mg/dl	188	178
中性脂肪	mg/dl	36	39
HDL-C	mg/dl	95	89
LDL-C	mg/dl	67	60
Fe	$\mu$ g/dl	137	65
高濃度 CRP	mg/dl	0.016	0.017

#### メディカルチェック項目

【身体計測】身長、体重、血圧、BMI、体脂肪率、腹囲、周囲径

【尿検査】蛋白、糖、潜血

【血液検査】WBC、RBC、Hb、Ht、MCV、MCH、MCHC、Plt、TP、Alb、AST、ALT、 $\gamma$ -GTP、ALP、ChE、LAP、CPK、T-CHO、TG、HDL-C、LDL-C、BUN、Cre、UA、Na、K、Cl、Ca、P、Fe、FBS、HbA1c、インスリン、CRP、骨代謝関連、アディポサイトカイン、ストレス関連

運動生理学的手法に基づく検査・測定

- ・運動負荷テスト（負荷心電図検査）→LT・OBLA 値の算出→心肺持久力の強化
- ・フィールドでの心拍数・血中乳酸濃度測定→種目特性に基づくトレ強度の算出
- ・フィールドでの動作記録→疲労感・課題の抽出

競技特性に関係する補装具のチェック

- ・競技用車いす
- ・その他、装具



トレーニングプログラムの作成・試行

図 1.測定項目および介入の方法