

車いす常用者におけるトレーニング用固定装置の改良

北林直哉¹、剣持悟²、松田靖史³、牧田秀昭⁴、川端浩一⁵、上條義一郎⁶

● 要旨

平成 26 年度の本事業において、従来とは違う形式の投てき椅子固定装置を試作し、安定性において一定の評価を得た。本年は更に改良を加え、耐久性、固定性、操作・組立易さを向上させた。また、投てき動作そのものが持つ意味について基礎的な考察も行った。競技の初心者が最初に体験するであろう状態（日常用車椅子をブレーキングした状態）での投てき動作と、障害者スポーツ大会で実施されるであろう状態（日常用車椅子をラッシングベルトで固定した状態）と、国際基準であるパラリンピックスポーツとして実施される状態（投てき椅子を固定フレームにラッシングベルトで固定した状態）とで比較した。計測したデータは 4 選手の筋電位（6 か所）で、ハイスピードカメラにより撮影された動画を動作解析することにより、姿勢の変化、投てき物の初速度、投射角度をとらえることが出来た。結果として椅子の固定力を向上させることで、4 人全員の投てき物の初速度をあげることができた。また、動作解析結果では、競技歴の浅い選手とトップ選手の動作の違いを数値化して説明することができるようになった。これにより指導方法がより客観的な指標を使ったものに変化する可能性があることがわかった。

キーワード：投てき競技、車椅子、投てき椅子、動作解析

● 研究内容

【目的】

車椅子常用者は下肢を中心に障害があるが、体幹および上肢に関しては残存機能がある場合が多い。その能力を向上させるために投てき競技はやり方次第で安全・気軽に始められ、トレーニング効果としても結果も数値で表されるため達成感や自己満足度が高まりやすい素晴らしいスポーツである。ところが、競技を始めるにあたって、重量のある投てき物を遠くに飛ばすには、反動や勢いをつけなければならず、車椅子や投てき椅子（投てき競技専用にする椅子）の安定性がなければ、安全に競技が行えないことに気づき、継続できない場合が多い。

そこで我々は車椅子常用者が体幹および上肢の筋力アップや巧緻性のトレーニングおよびリハビリテーションを行う場合、下半身もしくは車椅子（投てき椅子）を安定させるための装置として投てき椅子固定フレームを開発・改良することにした。本装置により車椅子常用者が転倒のことを気にせず、気軽に車椅子に乗ったまま安定かつ安全なトレーニングが可能になる。このような状況がひろがれば、障害者スポーツのすそ野も広がり、競技を通じた自己実現の実感から、多くの方のリハビリテーションおよび社会参加の意欲が向上すると考えられる。

【対象】

投てき競技を日常的に行っている 4 人の選手に協力をお願いした。競技歴の浅い選手から日本のトップ選手まで混在し、競技クラスは F54 (1 名)、F55 (2 名)、F56 (1 名) とした。選手への負担を考えて、各選手に実施してもらった投てき種目は一つだけとした。

【方法】

和歌山県立医科大学内の体育館において、本研究で開発・改良した投てき椅子固定フレームを床面を傷つけないように慎重に設置し(図 1)、ハイ



図 1. 投てき椅子固定フレームの設置



図 2. 実験の様子



図 3. 投てき物（上からジャベリック, 砲丸, 円盤）



図 4. 筋電計測箇所

スピードデジタルカメラ Phantom Miro eX4 および 2 次元 / 3 次元ビデオ動作解析システム Frame-DIAS IV を利用して被験者および投てき物の挙動を解析した（図 2）。

投てき物の種類（図 3）はやり投げに相当するジャベリックを F54 クラス・右投げの選手一人に投げてもらった。室内用の砲丸を F55 クラス・右

投げおよび左投げの選手各一人に投げてもらった。室内用の円盤は F56 クラス・右投げの選手一人に投げてもらった。試技は三回で本人の申告で一番良いと思われる試技の解析を行った。

筋電はバイキングセレクトを用いて計測した。電極を左右僧帽筋、左右広背筋、左右前鋸筋、腹直筋、傍脊柱筋の計 8 か所に装着し、計測を行った（図 4）。

固定条件としては日常用車椅子で車椅子ブレーキのみ（以下 WB, 図 5）、日常用車椅子をラッシングベルトで固定（以下 WL, 図 6）、投てき椅子をラッシングベルトで固定（以下 CL, 図 7）の 3 条件とした。



図 5. WB



図 6. WL



図 7. CL

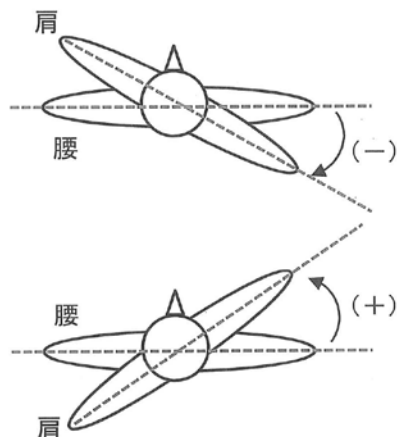
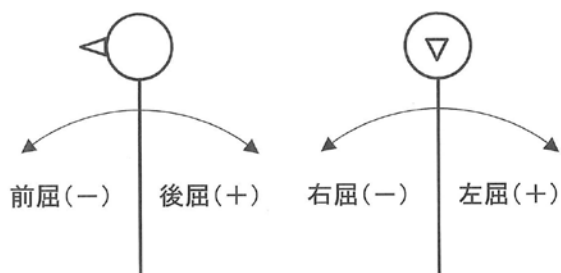


図 8. 屈曲・回旋方向の正負

動作解析に当たって、正負、方向性を決定した。前屈方向を正、後屈方向を負、左に屈曲を正、右に屈曲を負、体幹の回旋方向として右投げのテイクバックを負、フォロースルーを正とした(図8)。

【結果】

投てき物の初速度(m/s)の比較を行い、以下の結果を得た。

クラス (投てき物)	WB	WL	CL
F54 (ジャベ)	10.5	10.3	11.8
F55 (砲丸)	5.3	6.3	7.9
F55 (砲丸)	5.7	6.3	7.9
F56 (円盤)	14.7	16.1	17

投射角度(deg)の同様の比較を行い、以下の結果を得た。

クラス (投てき物)	WB	WL	CL
F54 (ジャベ)	32.7	36.2	35.9
F55 (砲丸)	37.9	36.7	33.9
F55 (砲丸)	41.1	42.7	42.5
F56 (円盤)	36.2	23.3	26.8

各選手の筋電位計測結果と姿勢変化と筋電位との関係を別紙に掲載する。本報告書には各筋電位の中で一番変化がわかりやすい僧帽筋の変化を取り上げた。

【考察】

・ 投てき物の初速度について

投てき物や選手間によって差はあるが、車いす上での投てきよりも投てき椅子上での投てき動作のほうが大きな値となった。この理由としては椅子の安定性、下肢の固定性が増したことで、投てき物に力を伝えやすくなったことが考えられる。また、砲丸とジャベリックに関してはホールディ

ングバーの使用により、上肢の引き込みを使えるようになったためと考えられる。

車いすの固定性の差がWBとWLの差(概ねWBの値<WLの値)で、円盤でのWLとCLの差が椅子の安定性+下肢の安定性の差であるといえる。その値の大小は(WLの値<CLの値)となった。

砲丸とジャベリックの場合はそこに、ホールディングバーの効果も付与されて、(WLの値<CLの値)となると考えられる。

・ 投てき物の投射角度について

我々の研究では、車いす使用者の投てき動作において、どの投射角度が望ましいか答えをもっていないので、どの条件での結果がいいのか判断できない。

ただし、一般的な傾向として、不安定な状態で投てきを行おうとすると、姿勢を安定させた上で投てきしなければならないため、難易度が増す(もしくは姿勢の安定性を優先させる)。また、不安定な状態で遠くへ投げようとする、どうしても投射角度は大きめになってしまう。

以上を考慮してデータを眺めてみると、一番安定していると思われるCLの値が、本人にとっての理想の投射角度といえる。

しかしながら、4選手とも傾向は一定ではなかった。WBが一番不安定とされるが、不安定だからこそ、投射角度が低かったとも言えるし、不安定だからこそ遠くへ飛ばす意識が勝り、理想よりも大きな投射角度となったとも考えられる。

また、ベテラン選手だからどの条件でも投射角度が安定しているとも言えるし、ベテランだからこそ条件によって無意識に角度を変えて使い分けられているとも言える。

よって、投射角度は今後の研究成果を待って議論すべきであり、現時点では評価できない結果となった。

・ 各部筋電位の比較について

今回計測した筋の電位では僧帽筋の変化が一番顕著であった。

ホールディングバーを使用することで、体幹の多くの筋群を使用して投てき動作を行っていることが分かった。

ただし、動きが激しく、背もたれとの干渉もあり、正確に測るには困難を極めた。

投げ方の癖で使う筋肉も変わってくるということが分かった。

・ 姿勢と筋電位との関係について

姿勢を前後屈角度、左右屈曲角度、捻転角度で示すことで、選手の投てき姿勢の特徴を掴み易くなった。また、筋の使用順序、タイミングも動作と重ね合わせて見ることで、新たな知見の可能性が示唆された。条件を揃えることが難しいが、来年度以降検討することとした。

・ 固定フレーム内の固定位置について

投てき椅子固定フレームに投てき椅子をセットする場合、多くの選手が前寄りのポジションとなる。これは投てきサークル内では正しい判断であるが、フレームに関して言えばなるべく中心にあることが望ましいと考える。なぜならば、前後のゆれに対して、脚が長ければ長いほど有利だからである。どちらか一方でも短い場合は、その反対側の浮き上がりが大きいと考えられる（図9）。



図9 後方荷重（前方のうき上がり）の様子

もう一つの理由として、固定ベルトの向きの影響も考えられる。椅子がずれない、動かないための条件として、椅子とフレームの摩擦力が有効に働いていることが挙げられる。しかしながら、後方から前方への体重移動、もしくは下方から上方への重心移動により、椅子への鉛直方向荷重がゼロになる瞬間がある。その時に水平方向もしくは回旋方向の力が加わると、椅子のずれが発生して

しまう。自分の体重をゼロに出来るだけのパワーとスピードがある選手に現れる現象といえる。かといってベルトのテンションが強すぎると固定フレーム自体の反りが大きくなり、ゆりかご状の不安定形状になる。その場合は固定フレームとグラウンドが点接触になり、回旋方向に弱い構造となってしまう。対策としては4本脚の先端に土嚢において摩擦力を向上させるか、中央部をくぼませて、4本脚に荷重を分散させる方法がある。

さらにずれる要素としては、椅子にベルトを締結する位置とアイボルトの位置関係が影響する。締結位置が対角線上に並んでいれば安定するが（図10）、そうでない場合はベルトが緩む方向に回旋する（図11）。回旋方向にベルトのテンションがかかっていたとしても反動・反作用で緩んでしまう。よって、椅子の対角方向にアイボルトが来るように固定フレーム自体の向きを変えることがよりよいと考えられる。

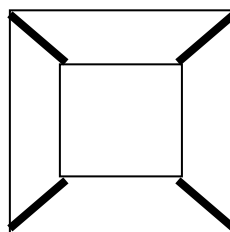


図10 良い固定方法

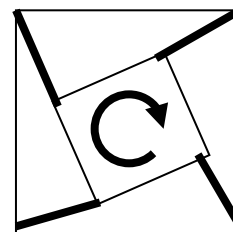


図11 緩む固定方法

【結論】

- ・ 国際基準に合致した安定した投てき椅子固定フレームを開発・改良し、日本の主要大会で使用した結果、多くの日本新記録が誕生した。
- ・ 車いすおよび投てき椅子で様々な投てきを行い、投てき物の初速度、投射角度、筋電位の計測と、投てき動作の解析にも安定した使用が確認できた。
- ・ 投てき椅子を固定フレームにしっかり固定した上で、投てき動作を行うことが、選手のパフォーマンスを最大限に発揮させることに繋がることが示唆された。
- ・ 筋電位と投てき姿勢に着目して解析を行うことで、車いす使用者の投てきにおける指導方法にも変化がある可能性が示唆された。
- ・ 固定フレームの効果的な使用方法について検証することができた。

1 日本パラ陸上競技連盟・競技運営委員
 2 川村義肢株式会社・製造開発課
 3 川村義肢株式会社・K-TECH
 4 川村義肢株式会社・車椅子姿勢保持課
 5 和歌山県立医科大学・げんき開発研究所
 6 和歌山県立医科大学・みらい医療推進学講座