

論文要旨

研究の背景

フライングディスク（以下、ディスク）を用いたスポーツの中でも、アルティメットは最も競技人口が多いスポーツである。両端にゴールエリアを持つ縦100m × 横37mのフィールド内で、2つのチームが1枚のディスクを奪い合うチームスポーツである。スローワーがディスクを保持した状態での歩く・走るといった移動はルール上禁止されているので、パスのみによってディスクをゴールエリアへ運ばなくてはならない。ロングパスは一度のパスで得点に繋がる可能性があり、広いコートで効率良く得点を重ねるための重要な手段として使われる。したがって、アルティメットではディスクを遠くへ投げるという能力を習得することが不可欠である。

アルティメットにおいて、利き手側から投げ出すフォアハンドスローは最もよく使用される基本技術のひとつである。熟練者によるフォアハンドスローは、遠投距離を最も大きくすることが出来るバックハンドスローに近い距離を投げることが可能である。しかも他のどの投てき動作よりも素早い動作で正確にディスクを投げることができる。そのため、フォアハンドスローによるロングパスは、試合の勝敗を左右する重要な技術と考えられている。しかし、競技初心者はもちろん、競技経験の長い選手でもフォアハンドスローによってディスクを遠くへ飛ばすことが出来ない選手は多い。その理由の1つとして、これまでフォアハンドスローに関する科学的な研究がほとんど行われてこなかったことが挙げられる。そのため、フォアハンドスローの指導方法は非常に乏しく、指導上の着眼点はコーチや選手の経験や勘のみに委ねられている。したがって、熟練者と未熟練者のフォアハンド遠投動作を運動学的・運動力学的に定量化、および比較することで、両群の違いを明らかにする必要がある。

本研究の目的

本研究では、熟練者と未熟練者のフォアハンド遠投動作をバイオメカニクスの観点から比較し、両群のフォアハンド遠投動作における運動学的・運動力学的な違いを明らかにすることを目的とした。そのために、以下の3つの研究課題を設定した。

1. 熟練者と未熟練者のフォアハンド遠投動作における、ディスクの遠投距離とリリース時の力学的変量の関係性について明らかにする。
2. 熟練者と未熟練者のフォアハンド遠投動作においてディスクに作用する回転力とスピン速度の関係性を明らかにする。
3. 熟練者と未熟練者のフォアハンド遠投動作における投てき腕の各関節角度の変化を比較し、両群間の運動学的な違いを明らかにする。

研究1 フライングディスクの遠投距離とリリース時の力学的変数の関係性

目的

熟練者と未熟練者のフォアハンド遠投動作における、ディスクの遠投距離とリリース時の力学的変数の関係性について明らかにする。

方法

- ・本研究は熟練者27名、未熟練者20名を対象とした。
- ・風の影響を無くすために体育館内で、3次元モーションキャプチャシステムを使用し、フォアハンド

遠投動作によって投げ出されたディスクの3次元座標を取得した。

- ・算出された力学的変量は、リリース時におけるディスクの初速度とスピン速度、上・下向き角度、左・右傾き角度、迎え角、上・下向き角速度、左・右傾き角速度を算出した。
- ・各変数における両群間の平均値の差の検定は、独立2群のt検定を、また、ディスクの遠投距離と各変数の関係性は、ピアソンの積率相関係数を算出し、統計分析を行った。なお、この時の有意水準は5%未満とした。

結果

- ・未熟練者群では、遠投距離とスピン速度の間に有意な相関関係が認められたが、初速度やその他の変量との間に有意な相関関係は認められなかった(図1)。
- ・遠投距離は 51.9 ± 4.1 m と 26.2 ± 8.1 m、スピン速度は 11.5 ± 1.1 回転/秒と 8.3 ± 1.3 回転/秒であり、それぞれ約2倍と1.4倍の差が熟練者群と未熟練者群の間に認められた。
- ・リリース時の上・下向き角速度では、熟練者群の 2.9 ± 5.8 rad/s(上向き方向)に比べ、未熟練者群で -7.1 ± 15.0 rad/s(下向き方向)と有意に大きい値が確認された。

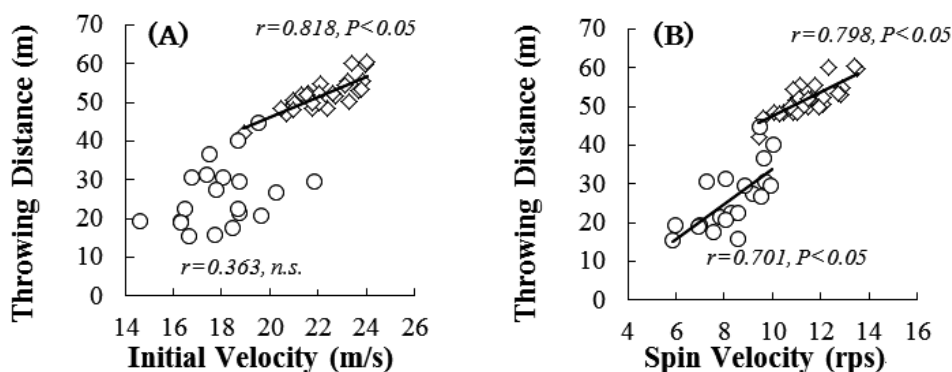


Figure 1. Relationship between the throwing distance and initial velocity (A), and spin velocity (B) of the disc at release.

まとめ

高速度のスピンはリリース時のディスク姿勢の変化を抑える効果を持つ。本研究の結果から、未熟練者の遠投距離を増加させるために優先される要因は、スピン速度の増加であることが明らかとなった。

研究2 フォアハンド遠投動作におけるフライングディスクの3次元剛体力学：ディスクに作用する回転力とスピン速度の関係性

目的

熟練者と未熟練者のフォアハンド遠投動作においてディスクに作用する回転力とスピン速度の関係性を明らかにすることである。

方法

- ・本研究では熟練者10名、未熟練者11名を対象とした。
- ・風の影響を無くすために体育館内で、3次元モーションキャプチャシステムを使用して、フォアハンド遠投動作によって投げ出されたディスクと中指先端の3次元座標を取得した。
- ・本研究では中指先端を力の作用点と仮定し、得られた各反射マーカークの位置データからディスクに作用する力のモーメントとトルクを算出した。
- ・それぞれの回転力における角力積とスピン速度の変化量との関係性を明らかにするためにピアソンの

積率相関係数を算出した。なお、この時の有意水準は5%未満とした。

結果

- ・リリース時のスピンの速度は未熟練者群 ($52.2 \pm 8.2 \text{ rad/s} = 8.3 \pm 1.3 \text{ 回転/秒}$) に比べ、熟練者群 ($78.9 \pm 3.5 \text{ rad/s} = 12.6 \pm 0.6 \text{ 回転/秒}$) で有意に高い値を示した ($P < 0.05$)。
- ・熟練者群の力のモーメントは肩の最大外旋直後に急速に増加し、リリース直前にピークに達していた。未熟練者群では最大外旋以前から緩やかに増加し、リリース直前にピークに達していた (図2:左)。
- ・熟練者群のトルクは肩の最大外旋直前に急速に増加し、その直後にピークに達していた。未熟練者群ではトルクの増加がほぼ見られなかった (図2:右)。

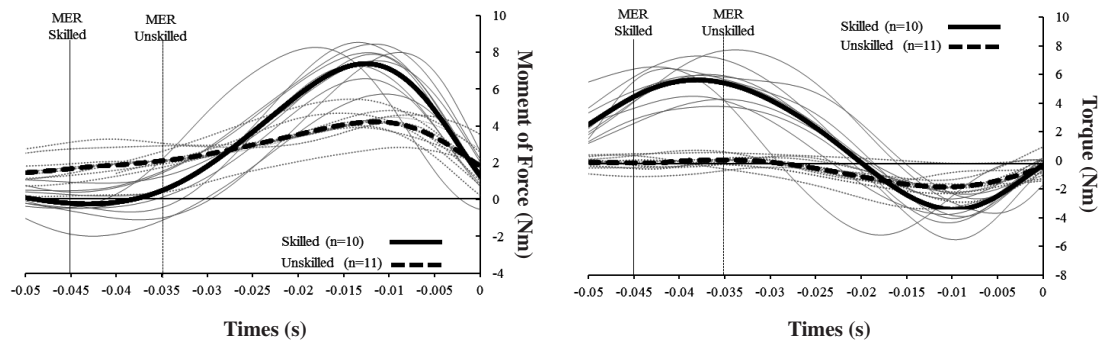


Figure 2. Changes in mean moment of force (left), and torque (right) in skilled throwers (black solid line) and unskilled throwers (black dashed line). Grey lines indicate for each thrower. The instance of disc release is denoted as $t = 0$ s. MER, maximum external shoulder rotation.

まとめ

未熟練者は肩の最大外旋前後のディスクを握っている局面で手の内からディスクにトルクを与えることで、スピン速度が増加すると推察された。

研究3 フライングディスクのフォアハンド遠投動作における上肢関節運動の運動学：熟練者と未熟練者の比較

目的

熟練者と未熟練者のフォアハンド遠投動作における投てき腕の各関節角度の変化を比較し、両群間の運動学的な違いを明らかにする。

方法

- ・本研究では熟練者10名、未熟練者7名を対象とした。
- ・風の影響を無くすために体育館内で、2台の同期したハイスピードカメラを用いてフォアハンド遠投動作を撮影した。
- ・得られた映像を用いて、両群の投擲腕各関節の角度を算出し、独立2群のt検定を用いて比較した。なお、この時の有意水準は5%未満とした。

結果

- ・フォアハンド遠投動作における、肩関節、肘関節、手関節の角度変化では、両群でほぼ同様の傾向を示した。
- ・一方、両群の上橈尺関節の運動に明らかな違いが確認された。熟練者群は上橈尺関節の回外位の姿勢から回内運動すると同時に、手関節の掌屈運動によってディスクをリリースしていた (図3)。
- ・未熟練者群は上橈尺関節の回内位の姿勢から回外すると同時に、手関節の小さい尺屈運動によってディスクをリリースしていた。

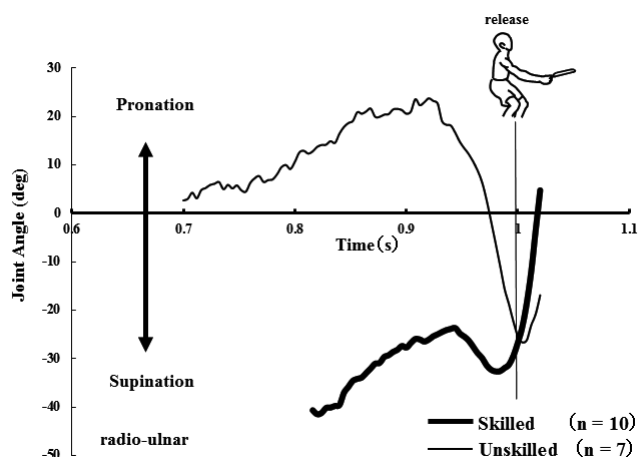


Figure 3. Two lines show the changes of mean values of supination and pronation angles at radio-ulnar joint of the throwing arm for unskilled and skilled throwers synchronized with the disc release time ($t = 1.000$ s).

まとめ

熟練者群は回内することによって手掌をリリース方向に向け、可動範囲の大きい掌屈動作をリリース方向の動作に加えることが可能となる。これはスピン速度の増加に対して、重要な技術であると考えられる。したがって、未熟練者は肩の最大外旋前後で上橈尺関節を回外位に保つこと、およびリリース直前に回内を含めた手関節の運動を行うことでスピン速度を高めることが可能であると推察された。

総括

フライングディスクのフォアハンド遠投動作における熟練者と未熟練者の遠投距離とリリース時の力学的変数の関係に着目することによって、スピン速度の増加は未熟練者の遠投距離増加のために重要な要因であることが明らかとなった。さらに、それはディスクが握られている局面で、手掌から作用するトルク由来の回転力をディスクに与えることで可能となる。また、投てき腕の関節運動では、未熟練者は熟練者のように、肩の最大外旋前後で上橈尺関節を回外位にし、リリース直前から上橈尺関節を回内することが良いと考えられる。これによって、可動範囲が大きく高速な掌屈運動を効果的に利用することが可能となり、それはディスクに高速度のスピンを与え、遠投距離を増加させると考えられる。

体育学への貢献

本研究は、習得の難しいフォアハンド遠投動作の練習・指導の着眼点を明らかにした。これらの知見はより良い指導方法の構築や改善に有益な情報であると考えられる。今後、フォアハンドスローの習得がこれまでより簡単なものとなれば、さらに多くの人々がディスクスポーツをより深く、継続的に楽しむことが可能になるだろう。それはディスクスポーツの更なる発展に寄与するものと考えられる。したがって、これまで研究がなされていなかったスポーツの特徴を、バイオメカニクスの観点から明らかにした本研究は体育学およびスポーツ科学の領域の更なる発展に貢献するものと考えられる。