

# テニスサーブにおける非ラケット保持腕による力学的エネルギーの獲得

研究代表者 氏名 村田宗紀

## 目的

サーブの重要性は多くの先行研究で議論されてきた。Murata et al.<sup>1)</sup> は、サーブ時の身体の力学的エネルギーフローを示し、身体が獲得する正味の力学的エネルギーは下肢で約 8 割程度、非ラケット保持腕で約 2 割が発生し、それらは体幹を通じてラケット保持腕に流入することを報告している。すなわち、ラケットにより大きな力学的エネルギーを与えるうえで、下肢の役割はこれまでも議論されているが<sup>3)</sup>、非ラケット保持腕の動作も無視することができないほど大きい。そこで、本研究の目的は非ラケット保持腕から体幹に流出する力学的エネルギーの詳細を明らかにすることとした。

## 方法

男女大学テニス選手 34 名 (Age 21.4 ± 2.5 y/o, Height 170.9 ± 5.1 cm, BM 64.9 ± 6.1 kg) にデュースサイドで最大努力のフラットサーブを行わせ、身体 47 点およびラケット 7 点に貼付したマーカーの 3 次元座標を測定した。得られたデータから身体各部および各関節の kinematics、kinetics、energetics を求めた<sup>2)</sup>。なお、ラケットの慣性特性は先行研究に倣って推定した<sup>4)</sup>。

## 結果

非ラケット保持腕から肩関節に流出する力学的エネルギーは、肩関節力による流出と相関していたが ( $R^2 = 0.27$ )、肩関節トルクによる流入と相関関係が認められなかった。さらに、肩関節力が非ラケット保持腕にする仕事を①肩関節の加速度項、②肩関節を中心とした円運動に関する項、③関節を中心とした動径方向の運動に関わる項、④重力加速度に関する項に分配すると、肩関節力がする仕事は肩を中心とした円運動に関する項と相関し ( $R^2 = 0.95$ )、その他の項と相関関係が認められなかった。

非ラケット保持腕から肩関節に流出する力学的エネルギーを形態別 (並進、回転運動エネルギー) に分けると、非ラケット保持腕から流出する総力学的エネルギーは並進運動エネルギーの流出と相関し ( $R^2 = 0.95$ )、回転運動エネルギーの流出とは相関関係が認められなかった。また、時系列的な変化パターンを確認すると、非ラケット保持腕の回転運動エネルギーは動作前半に流入、動作後半に流出していた。

一方、並進運動エネルギーはおもに動作後半に流出していた。

## 考察

非ラケット保持腕から流出する力学的エネルギーが大きい選手は、肩関節力によって力学的エネルギーを流出させており、特に並進運動エネルギーの流出が大きかった。さらに、肩関節力によるエネルギー流出を詳細に確認すると、非ラケット保持腕から流出する力学的エネルギーは肩を中心とした円運動に伴う向心加速度と相関していた。関節力が身体各セグメントの運動に伴う拘束力であることや、非ラケット保持腕から流出した力学的エネルギーが、体幹の回旋動作に関連する回転運動エネルギーとして流入すること<sup>1)</sup>を考慮すると、体幹の回旋運動と非ラケット保持腕の引き付け動作には至適なタイミングが存在し、選手毎に巧拙が存在する技術課題であると推察される。

## まとめ

本研究では非ラケット保持腕から体幹に流出する力学的エネルギーの詳細を明らかにした。その結果、非ラケット保持腕による力学的エネルギーの獲得は主に肩を中心とした円運動に起因しており、体幹の回旋動作のタイミングなどを含めた技術課題であり、選手によって巧拙が存在すると推察される。

## 参考文献

- 1) Murata et al., Mechanical energy flow of the trunk in tennis serve. ISBS Proceedings Archive, 482-485, 2015.
- 2) Murata et al., Mechanical Energy Flow of the Racket Holding Arm in the Tennis Serve Focusing on the Energy Form. Int. J. Sport. Health Sci., 20, 48-65, 2022.
- 3) Reid et al., Lower-limb coordination and shoulder joint mechanics in the tennis serve. Med. Sci. Sports Exerc., 40(2), 308-315, 2008.
- 4) Taraborrelli et al., Recommendations for estimating the moments of inertia of a tennis racket. Sports Eng., 22(1), 2019.