

大学テニス競技選手のサーブ速度と筋パワーの関係

著者	朝倉 優子, 出村 慎一, 藤谷 かおる, 勝田 晴香
雑誌名	人間社会環境研究 = Human and socio-environmental studies
号	32
ページ	1-6
発行年	2016-09-12
URL	http://hdl.handle.net/2297/46147

大学テニス競技選手のサービス速度と筋パワーの関係

人間社会環境研究科 地域創造学専攻

朝倉優子

人間社会研究域客員研究員

出村慎一

人間社会研究域人間科学系教授

藤谷かおる

株式会社アミティー

勝田晴香

要旨

テニスのサービスには、ファーストサービスとセカンドサービスがあり、前者は攻撃性を高めるためにスピードが重要となる。本研究の目的は、サービス速度と上肢の筋パワー、及び全身のパワーとの関係を検討することであった。被験者は、男子大学テニス選手26名（経験年数 4.2 ± 2.0 年、年齢 20.3 ± 1.2 歳）であった。上肢の筋パワーとして、把握パワーと肘屈曲パワーを、また全身のパワーとして、垂直跳びパワーを選択した。後者は、Sayers et al. (1999) の公式より、垂直跳び高から算出した。変数間の関係は、ピアソンの相関係数 (r) により検討した。サービス速度は、把握パワー及び肘屈曲パワーと有意な相関は認められなかったが、垂直跳びパワーと中程度の有意な相関 ($r=0.68$) が認められた。把握や肘屈曲は上肢の局部動作であるが、垂直跳びは、全身の動作であり、その成就には下肢から上肢への運動連鎖が重要な役割を果たす。速いサービスのためには、ラケットを通して、全身のパワーをボールに与える必要がある。よって、サービス速度は、垂直跳びパワーと関係が認められたと推測する。結論として、テニスのサービス速度には、前述の上肢の筋パワーより全身のパワーの貢献が大きい。

キーワード

テニス, サービス速度, 筋パワー

Relationship between the Speed of a Tennis Serve and Muscle Power in University Tennis Players

ASAKURA Yuko

DEMURA Shinichi

FUJITANI Kaoru

KATSUDA Haruka

Abstract

The tennis serve comprises two serves, the first of which is important for an attack. This study aimed to

examine the relationship between the speed of a tennis serve and upper-limb and full-body muscle power. The subjects of this study were 26 male university tennis players (career: 4.2 ± 2.0 years, age: 20.3 ± 1.2 years). Grip power and elbow flexion power were selected as indicators of upper-limb muscle power, and vertical jump power as the indicator of whole-body power. The latter was calculated based on the formula by Sayers et al. (1999), calculated from the height of a vertical jump. The relationship between variables was examined by Pearson's correlation coefficient. Serve speed showed a moderate but significant correlation with vertical jump power ($r = 0.68$), but not with grip and elbow flexion powers, which are local movements of the upper limb. However, the vertical jump is a movement of the whole body, and the kinematic chain from the lower to upper limbs plays an important role in its execution. To acquire a fast serve speed, it is necessary to apply the power of the whole body to the ball through the racket. Hence, we can infer that service speed and vertical jump power are significantly correlated. In conclusion, whole-body power contributes more to serve speed in tennis than the upper-limb powers examined in this study.

Keyword

tennis, speed of a tennis serve, muscle power

1. はじめに

テニスのサービスには、ファーストサービスとセカンドサービスがある。一般に、ファーストサービスは攻撃性を高めるため、速いサービスを利用する(宮地, 2010)。足立(1999)は、トーナメントを勝ち進む選手は敗者と比較して、ファーストサービスの速度は速く、且つ安定しており、また彼らはサービスポイントの獲得率が高いと報告している。テニス競技では、サービス速度及び安定性は勝利のために重要である(神和住, 2006)。

梅林(1998)は、速いサービスを打つためには、上腕部及び体幹部の筋群を強化する必要があると報告している。大森ら(1995)は、一定以上の技術レベルを有する選手において、サービス速度と肘伸展筋力及び膝伸展・屈曲筋力間に関係があると報告している。このように、サービス速度向上に必要な要因として、筋力との関係を明らかにした研究は多数存在する。一方、中西(1988)は、筋力と筋パワーは、大局的には正の関係を示すが、両者は必ずしも比例関係を示さないことから異なる体力因子であると報告している。澤村ら(2006)は、テニスのサービスと類似した動作で行われる野球選手の投動作において、投球速度と筋パワー

には有意な関係があると報告している。テニスのサービスは、上肢から放たれるが、打球速度を高めるには、上肢の筋パワーだけでなく、全身のパワーも重要な要因であると考えられる。

Kibler(2009)は、テニスのサービスの運動エネルギーは、肩及び肘といった上肢だけでなく、下肢及び体幹を含む全身において生み出されると報告している。Elliot(2006)は、テニスのサービス動作において、速いサービスを打つには、1つの体節(body segments)の運動が関節を介して他の隣接する関節にも影響が波及することを報告している。Girard et al.(2005)は、テニス選手においてサービス速度の速い群は遅い群に比べ、垂直方向により大きな床反力を発揮することにより膝関節伸展角速度を高め、結果として打球速度も高めることを報告している。したがって、下肢で生み出した運動エネルギーを、効率よく上肢に伝えることで、最終的にテニスのサービス速度を高めることができると考えられる。以上のことから、テニスのサービス速度と上肢や全身の筋パワー間には高い関係があると仮説される。

本研究では、大学テニス競技選手を対象に、サービス速度とそれに関与すると考えられる上肢及び全身の筋パワーとの関係、並びにサービス速

度に対する両者の貢献を比較することを目的とした。

2. 方法

2.1 被験者

本研究の被験者は、男子大学テニス選手26名（経験年数 4.2 ± 2.0 年、年齢 20.3 ± 1.2 歳、身長 169.0 ± 5.3 cm、体重 58.0 ± 4.3 kg）であった。被験者の利き腕は24名が右、2名が左であった。なお、被験者には測定に先立ち実験の主旨、目的及び方法について詳細に説明し、全員から同意を得た。

2.2 サービス速度

サービス速度の測定には、デジタルスピードガン・スピードスターV（ブッシュネル）を用いた。まず、被験者にウォーミングアップを5球行わせた。ウォーミングアップ後、被験者をデュースコートのセンターマーク付近に立たせ、反対側のサービスエリアに設けた2メートル四方のネットに向かって、サービスを1人あたり10試行、最大努力で打たせた。試行間の休息は十分にとった。殆どの被験者は10試行成功（ネットに当たる）、1～2試行失敗（ネットから外れた）した者は僅かであった。10試行中、成功した試行の中から速い3試行を選び、その平均値を個人のサービス速度とした。

2.3 把握パワー及び肘屈曲パワー

把握パワー及び肘屈曲パワーの測定には、筋パワー測定器（ヤガミ）を使用した。この測定器具は、滑車装置と記録装置が設置されたロータリーエンコーダーで構成されている。ロータリーエンコーダーによりA/D変換装置を介してサンプリング周波数100Hzで回転角度が計測される。この分解能は、1200パルス回転であった。つまり、0.3度ごとにパルスが発生し、パルスの発生数が回転角度（ $0.3 \times$ パルス数）に算出される。回転角度は記録装置において負荷の移動速度に変換された。筋パワーは、牽引速度とニュートンの第二法

則に基づく負荷量によって算出された。

まず、被験者は、背筋を伸ばして椅子に座り、上肢を体幹と90度に伸ばし、軽く前腕を回外してアームレストに置くよう指示された。把握部はダイヤルで任意にハンドルとバーの距離を調節でき、把握手の中指の第2関節が90度になるように調節した。ハンドルを持たない方の腕は体側に垂らし、足幅は肩幅と同程度とした。被験者は、利き手の掌部を筋力測定器の固定カバーにつけ、親指を除く4本の指をハンドルにかけ、装置のピープ音とともに、素早くかつ力強くハンドルを固定バーまで引きつけるよう指示された。被験者には、利き手で2試行ずつ行わせた。利き手は、サービス時にボールをラケットで打つ側の手とした。把握パワー及び肘屈曲パワーについては、測定された各パワーの2試行の平均値を代表値とした。

2.4 垂直跳びパワー

垂直跳びは、全身のパワーを評価するテストとして利用されている（北嶋, 1976）。本研究では、全身のパワーとして垂直跳びパワーを選択した。垂直跳び高の測定には、携帯用垂直跳び測定器JF-90（ヤガミ）を用いた。被験者に直立姿勢をとらせ、腰に紐が繋がっているベルトを巻き、ひもにたるみがないように目盛を0に合わせた。被験者には、垂直跳び測定器から伸びている紐と繋がっているベルトを腰に巻いた状態から、反動・振り込み動作を利用して、最大努力で垂直跳びを2試行行わせた。被験者が跳躍すると同時に紐が引っ張られ、測定器の目盛りにより、跳躍の高さが測定された。試行間の休息は十分にとった。また、被験者は上履きシューズを履いて測定した。

なお、Sayers et al., (1999) の公式
$$\text{Peak Power (W)} = 60.7 \times (\text{垂直跳び高 [cm]}) + 45.3 \times (\text{体重 [kg]}) - 2055$$
によって求めたP（垂直跳びパワー）を評価変数とした。

2.5 統計解析

サービス速度、把握パワー、肘屈曲パワー、及

び垂直跳びパワーにおける評価変数の試行間の信頼性を検討するために、級内相関係数 (Intraclass Correlation Coefficients: ICC) を算出した。サービス速度と各種筋パワー間の関係を検討するため、ピアソンの積率相関係数 (r) を算出した。また、各筋パワーのサービス速度に対する貢献度を検討するため、重回帰分析を行った。本研究における統計的仮説検定の有意水準はすべて 5% とした。

3. 結果

表1は、本研究におけるデータの信頼性を検討するため、算出した級内相関係数 (ICC) を表している。本研究において、サービス速度は3試行、把握パワー、肘屈曲パワー、及び垂直跳びパワーにおける2試行のICCは、0.73～0.92の概ね良好な値が得られた。

表2は、サービス速度と垂直跳び高、及び各種筋パワーの基礎統計値、サービス速度と垂直跳び高、及び各種筋パワー間の相関係数を示している。サービス速度と垂直跳び高、及び垂直跳びパワー間には中程度の有意な相関 ($r=0.69$ と 0.68) が認められた。しかし、サービス速度と把握パ

ワー及び肘屈曲パワー間に有意な相関は認められなかった。相関係数間に、有意差は認められなかった。

サービス速度と各種筋パワー間の重相関係数は0.688で、有意であった。サービス速度と垂直跳びパワーとの単相関係数 (0.68) と殆ど変わらなかった。

4. 考察

本研究では、上肢の筋パワーとして把握パワーと肘屈曲パワーを、また全身のパワーとして垂直跳びパワーを選択した。サービス速度は、把握及び肘屈曲パワーに有意な関係が認められなかったが、垂直跳びパワーに有意な関係が認められた。

大森ら (1995) は、テニス選手のサービス速度とサービス動作に主動的に関わる上肢の筋力との関係を検討し、手関節の掌屈・尺屈及び肩関節の内旋筋とは関係が認められたが、把握、肘屈曲筋力、及び他の筋力とは関係が認められなかったと報告している。本研究の結果でも、サービス速度と把握及び肘屈曲パワーに関係が認められなかった。

速いサーブを打つには、ラケットからボールに

表1 測定における信頼性 (ICC)

サービス速度	把握パワー	肘屈曲パワー	垂直跳びパワー
0.89	0.87	0.73	0.92

表2 サービス速度と垂直跳び高、把握パワー、肘屈曲パワー、及び垂直跳びパワーの相関関係

	M	SD	Max	Min	r × サービス速度
サービス速度(km/h)	131.6	12.1	157.5	111.0	-
身長(cm)	169.5	5.3	180.0	159.0	0.23
体重(kg)	59.4	4.7	65.5	50.0	0.59*
垂直跳び高(cm)	51.6	4.8	59.0	43.0	0.69*
パワーインデックス	934.2	97.2	1101.3	733.0	0.69*
把握パワー(W)	38.05	6.97	49.75	24.19	0.37
肘屈曲パワー(W)	74.84	10.95	96.39	58.06	0.34
垂直跳びパワー(W)	3769.04	409.97	4319.05	2880.8	0.68*

*: $p < 0.05$, M: 平均値, SD: 標準偏差, r : 相関係数

大きなインパクトを与えることが必要であり、そのためにはラケットのスイング速度が速いことが重要と考えられる。腕の振りだけで速いスイング速度を得ることは限界がある。Elliot (2006) は、パワーサーブを打つためには、運動連鎖を下肢から上肢へと協調的に行う必要があると報告している。David (1988) は、サービス動作におけるトス及びテイクバック局面では、屈曲した膝を力強く伸展させることにより、ボールがネットを越えるように、放物線を描いて飛ばすために必要な垂直方向の力を生み出すことが可能と報告している。

以上のことから、速いスイング速度を得るためには、上肢だけでなく、下肢を含む全身の鞭打つような動作により、下肢から発生したパワーを体幹、上肢まで効率的に伝導し、さらに腕を鞭の先端のように使用し、ラケットを振りぬくことが必要であろう。上肢のパワーも関係するが、本研究で測定したような把握及び肘の屈曲動作で発揮される筋パワーは、同じ上肢でも振る動作と異なり、関係が認められなかったと推測される。

垂直跳びもサービス動作と同様に、屈曲した膝を力強く伸展させ、腕の振り上げにより垂直方向の力を下肢から、体幹、上肢へと動作を連動させ、パワーを効率的に伝導することが求められる。つまり、垂直跳びパフォーマンスには、下肢筋パワーだけでなく、体幹や上肢の筋パワーも関係する。したがって、垂直跳びは、テニスサービス動作と類似性が高く、垂直跳びパワーはサービス速度と関係が認められたと推測される。しかし、両者の関与率は48% ($0.692=0.48$) であり、垂直跳びパワーだけではサービス速度を十分説明できない。

サービス動作は体幹を大きく捻じる動作が含まれるが、垂直跳びの場合には、できるだけ高く跳び上がることが目的のため、体の捻転はほとんど見られない。このことが影響し、垂直跳びパワーのみでサービス速度を十分に説明できない可能性がある。また、サービス速度に対する3種の筋パワーの複合的貢献を検討した結果 ($R=0.702$)、垂直跳びパワーのみの貢献度とほとんど変わらない

かったことから、本研究で選択した上肢の筋パワーは、垂直跳びパワーと関連してもサービス速度に貢献しないと考えられる。

以上より、全身の筋パワーはサービス速度に貢献するが、把握パワー及び肘屈曲パワーは貢献しないことが明らかにされた。今後、サービス時のラケットの振りに類似する上肢動作の筋パワーや下肢の筋パワーとサービス速度と関係に関しても検討する必要があるだろう。

5. 結論

サービス速度は、垂直跳びパワーと関係が認められたが、把握パワー及び肘屈曲パワーとは関係が認められなかった。サービス速度には、本研究で選択した上肢の筋パワーより全身のパワーの貢献が大きい。

【参考文献】

- 足立長彦. テニスの試合における勝敗に関する一考察—サーブの分析を中心として. 武庫川女子大学紀要, 人文・社会科学編, 1999; 47: 57-63.
- 梅林薫. テニス選手のサーブ速度と体力特性との関係について. 日本体育学会第49回大会号, 1998: 552.
- Elliot B. Biomechanics and Tennis. *British Journal of Sports Medicine*. 2006; 40: 392-396.
- David B. A Kinesiological Analysis of the Tennis Service. *NSCA Journal*, 1988; 10: 4-14.
- Girard O, Micallef JP, Millet GP. Lower-limb activity during the power serve in tennis: Effects of performance level. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2005; 37 (6): 1021-1029.
- 神和住純. テニスにおけるストリングテンションとサービス速度の考察. 法政大学小金井論集, 2006; 3: 171-185.
- Kibler WB. The 4000-watt tennis player: Power development for tennis. *Medicine and Science in Tennis*. 2009; 14 (1): 5-8.
- 北嶋久雄, 浅見高明, 中村良三, 小俣幸嗣. 柔道選

手の無氣的パワーについて. 柔道学研究, 1976; 8-2: 92-93.

宮地弘太郎. テニスのサービスゲームに関する研究.

関西国際大学研究紀要, 2010; 11: 247-251.

中西光雄. 健康運動指導士養成講習会テキストⅢ. 第一出版株式会社, 1988: 296-297.

大森肇, 三橋大輔, 七五三木聡, 齊藤武利, 安田貴彦, 萩原直樹, 岡田英考, 勝田茂. テニスのサービス速度と筋力との関係は技術レベルによって変化する. 日本体育学会大会号, 1995: 308.

澤村省逸, 鎌田安久, 栗林徹, 清水茂幸, 上濱龍也, 黒川國児, 福士宏紀. 野球の投球速度・バットスイング速度に影響をもたらす体力因子. 岩手大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要, 2006; 5: 53-62.

Sayers SP, Harackiewicz DV, Harman EA, Frykman PN, Rosenstein MT. Cross-validation of three jump power equations. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1999; 31 (4) : 572-7.