

手首の旋回動作の有無がテニスサーブ中の 筋電位およびスイング動作に及ぼす影響

Effects of Wrist Pronation on Muscle Activity and Swing Motion

During a Tennis Serve

菅沼雄之輔¹ 中村ふみ子¹ 大沼巧¹

Yunosuke Suganuma¹, Fumiko Nakamura¹, and Takumi Ohnuma¹

¹ 沼津工業高等専門学校

¹ National Institute of Technology, Numazu College

Abstract: In sports competitions, it is desirable to be able to evaluate skills even in practice environments without a coach. This study aimed to clarify the effects of different racket grips on performance during tennis serves. Grips are often defined by the position of the base of the second finger when the racket is held flat on the ground (a continental grip on the side, and a western grip on the left side on the top). Servers served under both grips, and the movement characteristics of the upper limbs and swing behavior were compared and examined using electromyography and accelerometers.

1. はじめに

スポーツ競技において、技術習得には適切なフォームの理解が重要である。特にテニスサーブは全身を用いた複雑な動作であり、わずかなフォームの違いがパフォーマンスに大きく影響することが知られている。しかし、実際の練習環境では指導者による動作評価が困難な場合も多く、動作を客観的かつ定量的に評価可能な手法の確立が求められている。

テニスサーブにおいて、コンチネンタルグリップでのショットは習得すべき基本技術の一つとされている。中でも手首の旋回動作、効率的なエネルギー伝達を生み出す重要な要素と考えられているが、その有無が筋活動やスイング動作に及ぼす影響については十分に明らかにされていない。

そこで本研究では、グリップの違いによって生じる手首の旋回動作に着目し、コンチネンタルグリップとウエスタングリップの2条件でサーブ動作を実施した。筋電位および慣性センサを用いて筋活動パターンとスイング動作を計測し、グリップの違いが動作特性に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。

*連絡先：沼津工業高等専門学校制御情報工学科

〒410-8501 静岡県沼津市大岡 3600

E-mail: d23113@numazu.kosen-ac.jp

提案方法

1.1 実験条件

被験者1名（テニス経験者）を対象とし、テニスサーブ動作を計測した。測定条件は、手首の旋回動作を伴うコンチネンタルグリップと、旋回動作を伴わないウエスタングリップの2条件とした。

1.2 計測方法

筋活動を評価するため、表1に示す位置に筋電センサを配置し、三角筋、外腹斜筋、前腕屈筋群、前腕伸筋群、上腕二頭筋、大胸筋の筋電位を測定した。

さらに、スイング動作における手首の旋回動作を評価するため、慣性センサ（WitMotion）を左右の脛、大腿部、肩、手首に装着、加速度および角速度データを取得した。

サーブ動作の計測はコンチネンタルグリップおよびウエスタングリップの各条件で複数回実施し、十分な休息を挟みながら行った。その中からフォームが安定し、再現性が高いと判断された試技を代表データとして選定し、解析に用いた。

表 1. センサ取り付け位置

センサ位置	身体部位	筋肉種類
A0	肩	三角筋
A1	腰	外腹斜筋
A2	内前腕	前腕屈筋群
A3	上腕	上腕二頭筋
A4	外前腕	前腕伸筋群
A5	胸	大胸筋

1.3 信号処理および解析方法

取得した筋電位信号に対しては、直流成分を除去した後に全波整流を行い、さらに平滑化処理を施すことで筋活動の包絡線を算出した。これにより、筋活動の時間的変化を明瞭化した。

算出した包絡線から各筋の活動ピーク時刻を求め、インパクトを基準とした相対時間を算出した。インパクト時刻は前腕伸筋群 (A4) の包絡線が最大となる時点と定義した。なお、筋肉ごとに活動量の絶対値が異なるため、各包絡線は最大値を 1 とする正規化処理を行った。これにより筋活動の強度ではなくタイミングに着目した比較を可能とした。各筋のピークタイミングを比較することで、サーブ動作中における筋の活動順序および筋活動パターンの評価を行った。

慣性センサでは同時刻に複数の測定値を出力する場合も確認された。そこで、本研究では条件間で安定して取得可能であった右手首センサの角速度データのみを解析対象を限定した。時刻情報は 1 ms 単位に丸め、同一時刻に重複する測定値は中央値により統合した。

回旋動作の評価には、三軸角速度から算出した合成角速度を時間積分し、合成角加速度を用いた。

また、角速度の時間微分から角加速度およびを求め、これらを時間積分することで総回旋量 (動作全体の回旋変化量) を評価した。

さらに、合成角速度のピーク時刻を打点の代表とみなし、その前後 ± 150 ms を打点近傍の重要区間として定義し、この区間における角加速度の絶対値積分 (局所回旋操作量) を算出した。

以上の指標をコンチネンタルグリップ条件とウエスタングリップ条件間で比較することで、グリップの違いがサーブ動作に及ぼす影響を検討した。

2. 結果

2.1 筋活動ピークタイミングの比較

筋電位の包絡線から各筋の活動ピークタイミングを算出し、グリップ条件間で比較を行った。また Python で出力したグラフを以下に示す。(図 1)

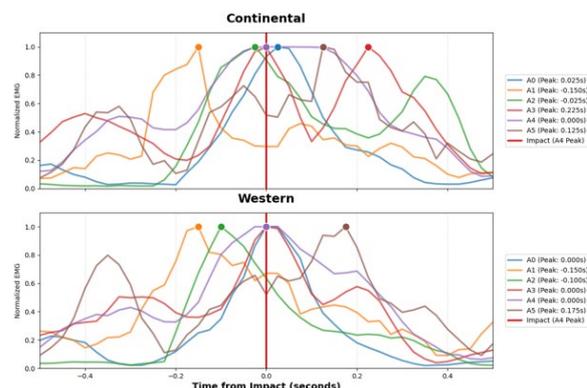


図 1 筋活動ピークタイミング

コンチネンタルグリップでは、外腹斜筋 (A1) が最も早くピークを迎え、続いて前腕屈筋群 (A2)、前腕伸筋群 (A4)、三角筋 (A0)、大胸筋 (A5)、上腕二頭筋 (A3) の順に活動が確認された。筋ごとにピークの出現時刻が異なり、時間的なばらつきが見られた。

一方、ウエスタングリップでは、外腹斜筋 (A1) および前腕屈筋群 (A2) が先行した後、三角筋 (A0)、上腕二頭筋 (A3)、前腕伸筋群 (A4) がほぼ同時にピークへ到達した。その後、大胸筋 (A5) がピークを迎える結果となった。

このことから、コンチネンタルグリップでは筋活動の発現が時間的に分離しているのに対し、ウエスタングリップでは複数筋のピークが集中する傾向が示された。

2.2 筋活動パターンの比較

ピーク出現の順序に着目すると、コンチネンタルグリップでは体幹に近い筋から末端部の筋へと段階的に活動が移行していた。これは、身体近位部から遠位部へ力を伝達する運動連鎖が機能している可能性を示している。

これに対しウエスタングリップでは、上腕および前腕の筋が同時期に活動する傾向が見られ、筋活動の連続性が小さい特徴が確認された。このような同時的な筋活動は、各部位が独立して動作している状態を示唆し、効率的な力の伝達が行われていない可能性がある。

以上より、コンチネンタルグリップの方がより効率的なスイング動作につながる可能性が示された。

2.3 右手首の回旋運動

3.3.1 ピーク角加速度

右手首センサにおける回旋動作のピーク角加速度を評価したところ、コンチネンタル条件では $15,732.87 \text{ } \%/s^2$ 、ウエスタン条件では $9,609.11 \text{ } \%/s^2$ であった。この結果から、コンチネンタルグリップではウエスタングリップに比べて手首の瞬間的な回旋強度が高いことが示された。

3.3.2 総回旋加速度量

右手首における総回旋加速度量は、コンチネンタル条件で $3,312.98 \text{ } \%/s$ 、ウエスタン条件で $2,180.92 \text{ } \%/s$ であった。両条件の差 (W-C) は $-1,132.06 \text{ } \%/s$ であり、コンチネンタル動作ではウエスタンに比べて約 $1,130 \text{ } \%/s$ 多く角速度を変化させており、総合的な“回す量”が大きいことが示された。

3.3.3 角速度ピーク基準の局所回旋量

手首角速度ピークを基準に、 $\pm 150 \text{ ms}$ の時間における局所回旋量を評価したところ、コンチネンタル条件で $640.76 \text{ } \%/s$ 、ウエスタン条件で $52.09 \text{ } \%/s$ であった。この結果より、打点周辺における回旋操作は、ウエスタンでは非常に小さいのに対し、コンチネンタルでは約 12 倍大きいことが示された。

3. むすび

本研究では、コンチネンタルグリップとウエスタングリップにおける筋活動パターンと右手首回旋動作を比較した。コンチネンタルグリップでは、体幹から前腕末端まで筋活動が段階的に伝達しており、効率的な運動連鎖が機能していることが示唆された。さらに手首の回旋が強く、打点近傍でも十分に回旋操作が行われており、全身の力が手首まで効率的に伝わるスイングが可能となる。

一方、ウエスタングリップでは筋活動のピークが同時期に集中し、手首の回旋も小さいため、力の伝達が限定され、身体の連鎖を使わずに腕だけを棒のように振るスイングに近い動作となる。これらの結果から、コンチネンタルグリップはスイング効率と瞬間的な回旋操作の発揮に優れており、サーブ動作に適していることが明らかとなった。

謝辞

本研究の予備実験段階において、大変精度の高い自作のモーションセンサ CCP-X-26 をご提供くださいました松下宗一郎先生には、深く感謝いたします。

参考文献

- [1] 阿江通良：スポーツ動作における力の伝達と運動連鎖，バイオメカニクス研究，Vol.3，pp.12-18，(1999)
- [2] 深代千之：身体運動におけるエネルギー伝達のメカニズム，体育学研究，Vol.45，pp.200-206，(2000)