

卓球選手におけるフォアハンドフリックおよび ストップ打法レシーブ時のEMGからみたラケットコントロール特性

Racket Controls and EMG Responses in The Upper Limbs during Forehand Flick
and Forehand Stop Stroke Receive in Table Tennis Players

杉山 康 司・吉田 和 人・村越 真
Koji SUGIYAMA, Kazuto YOSHIDA, Shin MURAKOSHI

（平成 13年10月 9 日受理）

要 約

本研究では卓球のフォアハンドフリック打法およびストップ打法について、下回転および無回転サーブをレシーブする際の、上肢骨格筋の筋放電パターンを検討することを試みた。被験者は某大学体育会系卓球部に所属する男子選手 2 名とした。供給されたサーブを被験者は相手コートの指定場所に予め指定された打法でレシーブした。被験者にはサーブの球種を事前に伝えた。サーブの球種は下回転および無回転の 2 種類、レシーバーとなる被験者の打法はフォアハンドフリック打法およびフォアハンドストップ打法の 2 種類とした。各球種、各打法の 4 試行でそれぞれ 16 試技を行い、そのうちサーブおよびレシーブが正確に行われた試技の測定データのみを採用した。レシーブ時のラケットコントロールの特徴をみるため、利き手前腕および上腕部における 6 部位の骨格筋表面筋電図と手首の外内転、屈曲伸展および肘関節の屈曲伸展角度の時系列変化を測定した。その結果、シェイクハンドラケットを使用する選手の場合、卓球のレシーブ時にはサーブの回転への対応として短橈側手根伸筋が重要に働いているのではないかと、打法の違いは橈側手根屈筋周辺の筋制御に認められるのではないかと考えられた。これに対し、ペンホルダーを使用する選手の場合、橈側手根屈筋周辺の筋制御がラケットコントロールに重要な働きをしているのではないかと考えられた。

はじめに

卓球では、自領コートのネット際にバウンドした相手打球に対する返球技術を「台上処理」などと呼び、その技術水準が競技水準に密接に結びつくものと考えられている¹⁾。台上処理で多用される打法には、フリックとストップがある。卓球のフリック打法とは、ネット際のボールを手首中心に軽く払うように打つものであり、ストップ打法とは、ネット際のボールを他領コートに短く返すように打つものである。これらの打法では、自領コートでのボールバウンド直後をタイミング良くとらえて打球することが重要とされている。これらの打法に関する研究としてフリック打法は他の打法と比べ、動作範囲が小さく、動作時間が短いことが実験的に明らかとされている^{1, 5)}。しかし、卓球における打法に関する研究は少なく、フリック打法の詳細については不明な点が多い。また、ストップ打法についてはほとんど研究が見当たらない⁸⁾。競技水準に密接に結びつくものと考えられている代表的な返球技術としてフリック打法およびストップ打法が用いられているにもかかわらず、これらのラケットコントロールがどのように行われているかについては十分に検討されていないのが現状なのである。

そこで、本研究は卓球のフォアハンドフリック打法およびストップ打法について、下回転および無回転サーブをレシーブする際の上肢骨格筋の筋放電パターンを検討することを目的とした。

実験方法

被験者：某大学体育会系卓球部に所属する男子選手2名を被験者とした。彼らのうち、1名はペンホルダー、もう1名はシェイクハンドラケットを用いる選手であった。

実験の手順：被験者に電極を装着し、卓球台に向かってレシーブ位置に立たせた。サーバーは験者の合図で相手コートの指定されたポイントに指定された球種でバウンドするよう、正確なサーブをした。供給されたサーブを被験者は相手コートの指定場所に予め指定された打法でレシーブした。被験者にはサーブの球種を事前に伝えた。サーブの球種は下回転および無回転の2種類であり、レシーバーとなる被験者の打法はフォアハンドフリック打法およびフォアハンドストップ打法の2種類であった。各球種、各打法の4試行でそれぞれ16試技を行い、そのうちサーブおよびレシーブが正確に行われた試技の測定データのみを採用した。

測定項目：本研究はレシーブ時のラケットコントロールの特徴をみるため、①利き手前腕および上腕部における6部位の骨格筋表面筋電図、②手首の外内転、屈曲伸展および肘関節の屈曲伸展角度、の二項目を測定した。測定時に装着したEMG電極およびゴニオセンサーの様子を写真1に示した。表面筋電図記録と同時にレシーブ時のボールインパクトを記録し、インパクト前後における筋放電量の違いが見られるようにした。また、各試技の動作をビデオ撮影し、サーブとレシーブが条件どおりであったかどうかについての判断

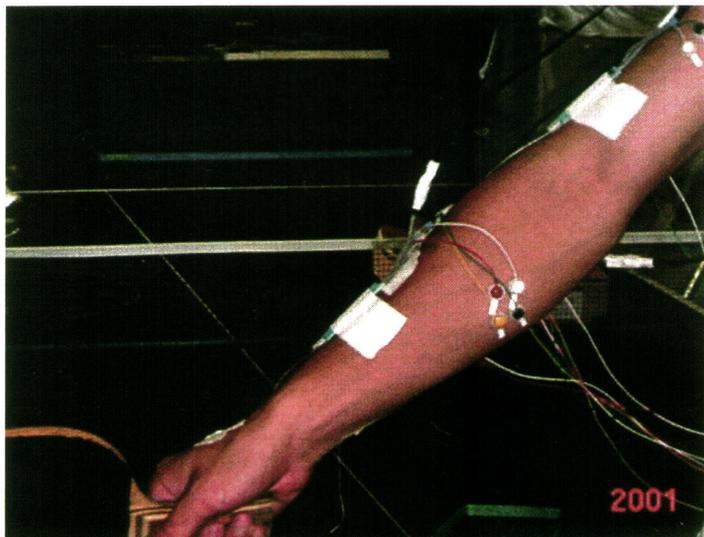


写真1 被験者の利き腕にゴニオセンサーおよびEMG電極を装着した様子をした。

- 1) **筋電図** 本研究はフリック打法およびストップ打法のラケットコントロールにおける特徴を検討するため、人体解剖図を参照⁶⁾し、総指伸筋 (M. extensor digitorum)、短橈側手根伸筋 (M. extensor carpi radialis brevis)、橈側手根屈筋 (M. flexor carpi radialis)、上腕二頭筋 (M. biceps brachii)、上腕三頭筋外側頭 (Caput laterale m. tricipitic brachii)、および三角筋 (M. deltoideus) を被験筋とし、表面双極誘導法により筋放電を導出した。電極は直径12mmの小型生体電極 (日本光電) を用い、電極間を約20mmとし、消毒用アルコール綿および皮膚前処理剤 (スキンピュア-; 日本光電) で皮膚抵抗を十分落とした後、Zippの方法^{2, 3)}に従って、筋線維の走行と一致するように装着した。筋放電アナログデータは時定数0.03に設定した生体用増幅器 (AB621G:日本光電) を介し、Biopac100 (モンテシステム製) を用いてサンプリング周波数1kHzでA/D変換され、パーソナルコンピュータ (iMac:Apple社) に記録・保存された。
- 2) **関節角度測定** ゴニオメータ (P&Gゴニオメータ) を手首および肘関節に装着し、レシー

ブ動作時における手首の外内転および屈曲伸展ならびに肘の屈曲伸展変化を記録した。ゴニオメータからのアナログ信号は筋放電と同じA/D変換システムで筋電図記録と同時に測定した。

- 3) ボールインパクト サーバーのラケットおよびレシーバーのラケットに加速度計を装着し、ストレインアンプメータ (DSA605C:Shinkoh) を介し、筋放電およびゴニオメータと同じA/D変換システムで各パラメータとともに測定した。
- 4) ビデオカメラ撮影 実験時における被験者の動作を側方からデジタルビデオカメラ (SONY:DCR-TRV10) で撮影し、後日、各試技のサービスおよびレシーブが正確に行われていたかどうかについて、卓球指導者および被験者において確認した。

結果および考察

各試行時の成功例から1試技を代表的なデータとして選抜し、シェイクハンドタイプにおけるレシーブ時の筋電図およびゴニオメータの記録を、サービス直後からボールインパクトを挟んで各試技のおよそ1200msecを被験筋別に図1に示した。

総指伸筋 (M. extensor digitorum) にはいずれのサービス条件においてもインパクト直前まで顕著な筋放電が認められた。また、短橈側手根伸筋 (M. extensor carpi radialis brevis) は下回転サービス条件時において顕著な筋放電が認められた。これに対し、橈側手根屈筋 (M. flexor carpi radialis) にはインパクト前後においても伸筋に認められた顕著な筋放電を認めることはなかった。この結果は卓球のラケットコントロールは手首を背屈しながら尺側偏移にする動作が行われる中でボールを打つ準備が行われることを示しており、ゴニオメータにもその変化が確認されている。また、卓球の場合は手首での微妙なコントロールが要求されることから、拮抗的に働く筋肉において同時に筋放電が認められるような手首の関節固定が行われていないとも考えられる。しかし、フリック打法においてはストップ打法よりもわずかながら、橈側手根屈筋 (M. flexor carpi radialis) の放電が認められており、ゴニオメータで測定された手首の動きとあわせてみると、フリック打法の場合よりも複雑なラケットコントロールが橈側手根屈筋側の制御に関連しているのではないと思われる。特にゴニオメータの経時変化を見ると、フリック打法においてはインパクト直前から掌屈あるいは橈側偏移方向への動きが行われる傾向が見られ、橈側手根屈筋側の微妙な制御も今後詳細に観察することが必要であろう。

一方、上腕二頭筋 (M. biceps brachii)、上腕三頭筋外側頭 (Caput laterale m. tricipitic brachii)、においても上腕二頭筋のみに顕著な放電が認められ、肘関節を固定する筋放電は認められなかった。上腕二頭筋は無回転サービス時により顕著な放電が認められた。上腕二頭筋は前腕の回外

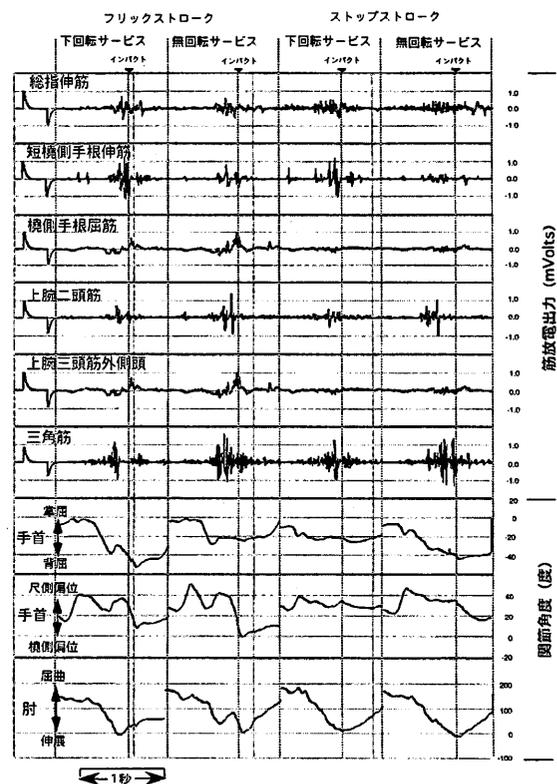


図1 シェイクハンドタイププレーヤーのレシーブ動作時におけるEMGおよび関節角度変化

時および屈曲時および腕の前傾、内外転、挙上および内旋に働く筋であるが、熟練選手になると卓球レシーブ時においては相手に球種を見破られないために身体全体の動きを同じように振舞いながらレシーブしており⁸⁾、腕の内外転および挙上動作による筋放電の影響がサービスの球種や打法の違いでみられる事は少ないものと考えられる。また、肘関節角度の変化から、肘関節の伸展時に放電が認められ、卓球のストローク動作に関する先行研究においてレシーブ時は腕の前傾動作が特に必要になるという知見⁷⁾を支持している。したがって、上腕二頭筋および上腕三頭筋外側頭にみられた筋放電パターンは卓球のレシーブ時においては前腕回外および腕の前傾動作に影響を受けていると考えられる。特に上腕二頭筋は、ボールの回転および無回転時のラケットコントロール使い分けに重要に働いていると考えられる。しかし、レシーブ時のコントロールにおいて上腕二頭筋に重要な役割があるかどうかを明らかにするためには円回内筋の筋放電についても測定する必要があるだろう。三角筋 (M. deltoideus) は先行研究⁷⁾に一致し、インパクト瞬間に一次的に筋放電が減少する点が特徴的である。しかし、三角筋が微妙なラケットコントロールにどのような影響を持っているかについては肩関節角度の変化や上肢の動き全体の解析が必要とされるのではないと思われる。

ペンホルダータイプの場合をシェイクハンドタイプと同様に図2に示した。総指伸筋 (M. extensor digitorum) はシェイクハンドタイプと同じく、いずれのサービスにおいても顕著な筋放電が認められた。また、短橈側手根伸筋 (M. extensor carpi radialis brevis) においてもシェイクハンドタイプと同様の結果が得られた。ところで、尺側手根伸筋はサーブ後、最も早い時点で筋放電を示しており、レシーブ時のラケットコントロールに働く最も重要な骨格筋の一つであることが考えられる。シェイクハンドタイプの実験では測定しなかったが、今後、ラケットコントロールにかかわる実験では必ず被験筋とする必要があるであろう。一方、橈側手根屈筋 (M. flexor carpi radialis) はフリック打法の下回転サーブ時にのみ顕著な筋放電が認められた。この点がペンホルダータイプとシェイクハンドとの違いとして考えられるパターンであろう。この結果と両タイプの動作との関連についてはさらなる検討が必要である。

ペンホルダータイプでも上腕二頭筋 (M. biceps brachii)、上腕三頭筋外側頭 (Caput laterale m. tricipitic brachii) における筋放電に打法、球種に対応したシェイクハンドタイプの場合と同様の特徴が認められた。すなわち、筋放電パターンから、肘関節固定の結果は認められていないが、上腕二頭筋は無回転サービス時により顕著な放電を認めていた。ラケットコントロールへの上腕二頭筋、上腕三頭筋の関与はシェイクハンド、ペンホルダーのタイプを問わず同じである可能性が高い。しかし、三角筋 (M. deltoideus) はシェイクハンドタイプにみられた顕著な筋放電はみられなかった。おそらく、肩関節の挙上動作が小さいことが理由ではないだろうか。

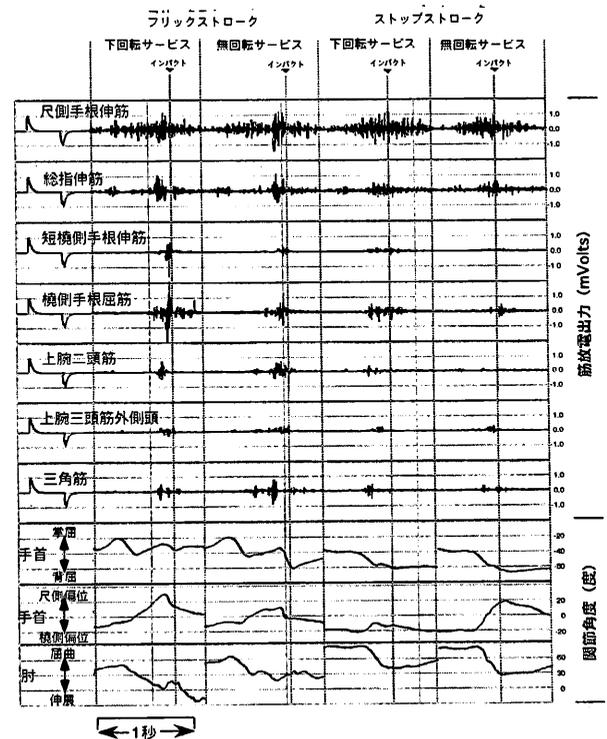


図2 ペンホルダータイププレーヤーのレシーブ動作時におけるEMGおよび関節角度変化シェイクハンドタイププレーヤーレシーブ時に記録した被験筋に加え、尺側手根伸筋の筋電図記録も行った(図の最上段)。

本研究は卓球のフォアハンドフリック打法およびストップ打法について、下回転および無回転サービスをレシーブする際の、上肢骨格筋の筋放電パターンを検討することを試みた。シェイクハンドでは卓球のレシーブ時にはボールの下回転および無回転時のラケットコントロールの使い分けに短橈側手根伸筋が重要に働いているのではないかと、打法の違いは橈側手根屈筋周辺の筋制御に認められるのではないかと考えられた。これに対し、ペンホルダータイプでは橈側手根屈筋周辺の筋制御によって球種による使い分けが行われているのではないかとと思われる。しかし、本研究ではわずか一例のデータから比較検討をしているため、この違いを明らかにするためには、例数を増やし、慎重に検討していく必要がある。今後、フリックおよびストップ打法について、サービスの球種によるラケットコントロールを筋電図から明らかにするとともに、予測のエラーをカバーするラケットコントロールに各骨格筋がどのように関与しているかを明らかにしていきたい。

Racket Controls and EMG Responses in The Upper Limbs during Forehand Flick and Forehand Stop Stroke Receive in Table Tennis Players

Koji SUGIYAMA, Kazuto YOSHIDA, Shin MURAKOSHI

Abstract

Present study was to investigated EMG responses of upper limb skeletal muscles when receiving a back spin service or float service with a flick stroke and stop stroke in table tennis. Two trained and skilled male athletes from the table tennis team of the university participated in this study. One player used the shake hand grip, and the other used the pen holder grip. They received at a designated area with the flick stroke and the stop stroke. They reported the kind of service as a the back spin service or a float service before each trial. EMG and joint angle of their serving arm and wrist was recorded while receiving. From these results, it is suggested that M. extensor carpi radialis brevis is more effective in dealing with the kind of service or racket control and the around M. flexor carpi radialis is more effective in changing the manner of receiving for a player using the shake hand grip. For a player using the pen holder grip, it is suggested that the M. flexor carpi radialis provides more effective control when receiving.

引用文献

- 1) 葛西順一, 飯野要一, 小嶋武次: 卓球競技のバックハンドフリック打法の動作分析. 平成10年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告NO. II, 競技種目別競技力向上に関する研究 (22): 171-173, 1999
- 2) 岡田修一, 平川和文, 生田香明, 木下 博, 黒田英三, 河合 悟: EMG解析からみた発育発達および加齢による四肢筋の筋力発揮特性. 体育学研究37: 135-143, 1992
- 3) 松本珠希, 伊藤一夫, 伊藤 稔, 森谷敏夫: 疲労筋電図解析による身体作業能力評価の可能性. 体育学研究: 36: 245-253, 1991
- 4) 越智淳三訳: 人体解剖図説 I 運動器, pp.144-169, 文光堂, 東京, 1979

- 5) 吉田和人, 村越真, 杉山康司, 河合学, 峯村昭三: 卓球フリック打法の動作解析～回転の異なるボールに対するラケットの動きの違いについて～. 身体運動のバイオメカニクス318-323, 1997
- 6) 吉田和人, 飯本雄二, 蛭田秀一, 安藤真太郎, 竹内敏子, 油座信男: 卓球一流選手の台上処理技術の時間的特性. 平成10年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告NO. II, 競技種目別競技力向上に関する研究(22): 174-175, 1998
- 7) 岡秀郎, 生田章, 西羅彰夫: 卓球におけるフォアハンド技術の筋電図的研究, 和歌山大学教育学部紀要: 19-27, 1998
- 8) 葛西順一: 卓球競技の動作分析, Jap.J.Sports Sci. 9(8): 477-487, 1990