

軟式テニス技術の熟練度と筋作用機序について*

— グラウンドストロークを中心として —

Electromyographic study on well - and untrained soft-tennis player

— Focused on groundstrokes —

島	山	孝	子	後	藤	俊	加	藤	満
Takako	HATAKEYAMA	Takashi	GOTOH	Mitsuru	KATOH				

I 目 的

一般的にネット球技においては、それぞれに範囲の限られたコートがあり、また、ネットによる高さの制約なども加わる。これら各種目の条件を満たして競技を行うためには、精度の高い安定した技術と、ボールの強さやスピードといったダイナミックな技術の習得が求められる。軟式テニスにおいて技術の熟練度を検討する場合も、これらの観点から技を総合的に評価する必要がある。

ところで、従来から著者たちは軟式テニスの指導上の基礎的資料を得るため、基本技術の動作分析を継続研究してきた。グラウンドストロークのフォアハンドについては、すでにビデオ映像によりフォーム解析を実施し、その結果については昭和62年度本学紀要に発表した。本報では、軟式テニスの基本技術を筋電図測定し、熟練度においてわが国トップの女子選手と、ある程度の技術を有し北海道における学生の上位にランクされる選手、並びに未熟練者の、ラケットを保持する側の腕（以下優位腕）と対側脚の筋作用機序を中心に比較検討した。筋活動が技術の熟練度にどのように関与しているのかを測定し、軟式テニスの基本技術において技術上の分析資料を得、今後の指導上の指針を得るべく検討を加えた。

II 方 法

本研究は、1988年度わが国ナショナルチームの女子後衛選手1名、同年度全日本実業団選手権大会優勝チームの女子前衛選手1名、1989年度北海道学生女子チャンピオンの前後衛各1名、同年度北海道学生女子ランキング2位の後衛選手1名、並びに未経験者1名の合計6名を被検者とし、軟式テニスの基本技術であるフォアハンドおよびバックハンドのグラウンドストロークについて筋電図測定を実施した。

未経験者以外の被検者にはグラウンドストロークの基本打ちを各々10球返球させた。送球はストロークマシーンを使用し各技術毎に一定な条件で飛球を与えた。未経験者に対しては測定

* 本研究は、昭和62年度北海道女子短期大学・特別研究費の助成を受けてなされたものである。

直前に初心者指導並びに練習を課し、グラウンドストロークは検者の手による送球を返球させた。

筋電図は、図1及び写真に示すように被検者の優位腕の筋と対側脚の筋から、10mm径の表面電極によって双極誘導し2台の携帯用小型データレコーダに分離・磁気収録した。筋電図の誘導部位は尺側手根屈筋、橈側手根屈筋、尺側手根伸筋、橈側手根伸筋、腕橈骨筋、上腕二頭筋、上腕三頭筋、三角筋、並びに対側脚の大腿外側広筋、大腿二頭筋、前脛骨筋の計11筋であった。また、おおまかな動作経過はVoice-recordすると共にビデオ撮影も実施した。

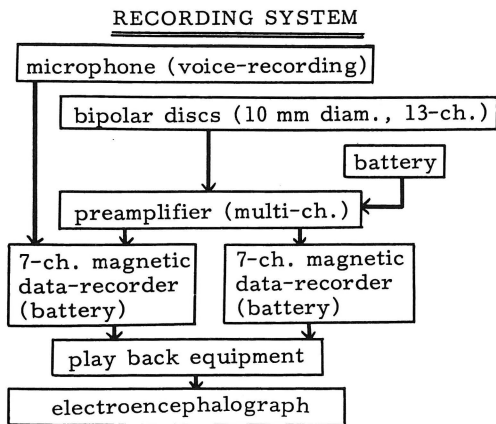


図1. レコーディング・システム

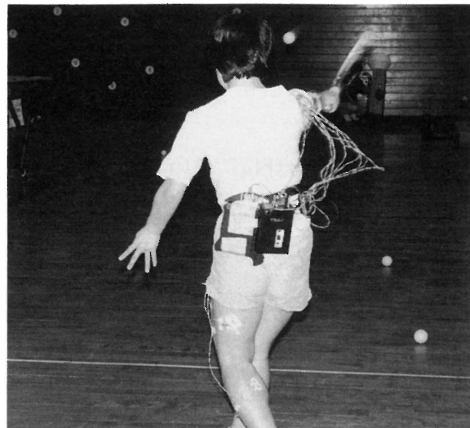


写真 測定風景

Ⅲ 結果と考察

1. フォアハンド・グラウンドストローク

フォアハンド・グラウンドストロークにおける筋電図を図2、図3に示した。この結果について被検者6名の上腕の筋からその活動について検討を加えることにする。

(1) 上腕の筋の電氣的活動

上腕の筋では、三角筋、上腕三頭筋および上腕二頭筋を調べたが、各筋に被検者間の相違点を見出すことができた。

三角筋では、全日本並びにその水準にある選手（以下全日本選手）2名は類似した放電様相であり、試技開始からわずかな放電が持続的に現れインパクトに前後してその放電は強さを増している。学生選手のMORとOSNは全日本選手と似た放電パターンではあるが、放電量は全日本選手に比べて少なかった。学生のSATについては前述の4名とはその様相が異なり、1ストローク中弱めの放電が持続して現れていた。上腕三頭筋では、測定した被検者5名とも共通してインパクトを中心にわずかな量の放電が観察されるが、全日本選手NKJの筋電図は密度の高い放電となっており、学生選手ではその放電は分散的であった。

上腕二頭筋については、全日本選手のHRNではインパクト直前に集中して約0.7秒間程の

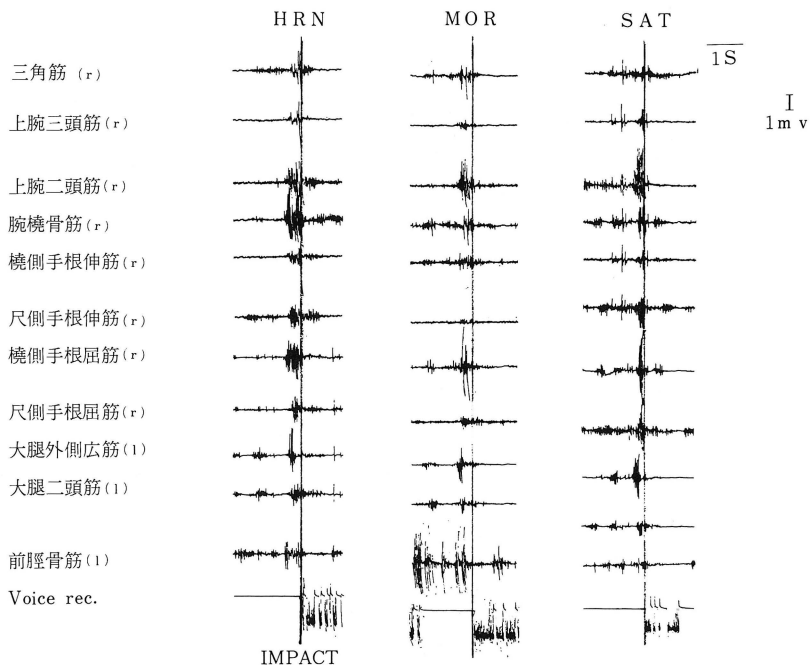


図2. 後衛選手のフォアハンドのグラウンドストローク時におけるEMG
 HRN: 全日本選手, MOR: 北海道学生チャンピオン,
 SAT: 北海道学生2位選手,

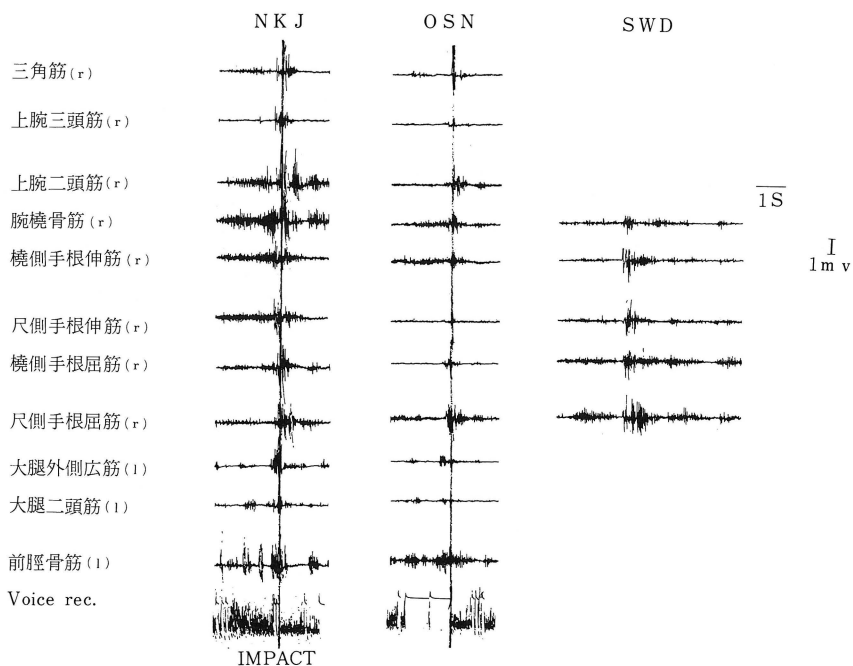


図3. 前衛選手及び未経験者のフォアハンドのグラウンドストローク時におけるEMG
 NKJ: 全日本選手, OSN: 北海道学生チャンピオン,
 SWD: 未経験者,

強い放電があるのに対して、全日本選手のNKJと学生のSATはインパクト前から持続的に弱めの放電がありその放電はインパクト直前に極めて強いものとなり、それ以後NKJでは継続的に放電しており、SATの放電は全く観察されない。また学生のMORおよびOSNについてはインパクト時に集中して放電が現れているが、その放電量は全日本選手と比較すると少なく弱いものであった。

フォアハンドのグラウンドストロークにおける上腕の筋の電気活動では、三角筋と上腕二頭筋の放電様相に被検者各々に特徴的なパターンが現れていた。特に上腕二頭筋では全日本選手2名と学生後衛選手MOR及びSATに見られるインパクト前の強い放電は、フォワードスウィングにおいて肘関節をある一定の角度に保って固定したプレーに深く関与した現象と考えられた。グラウンドストロークにおいて肘関節を固定することは正確性と安定性の高いインパクトを得るために極めて重要な要素であり、技術的熟練度との関係が示唆された。

(2) 前腕の筋の電氣的活動

前腕の筋の活動については、前述の5選手に加えて未経験者1名の筋電図を検討し腕橈骨筋、橈側手根伸筋、尺側手根伸筋、橈側手根屈筋、尺側手根屈筋の各筋について比較を行った。

まず、肘関節の屈曲に連動している腕橈骨筋の放電パターンについて検討すると、経験者である5名の被検者では、細かい点でいくつかの相違点はあるもののほぼ各自の上腕二頭筋と類似の放電様相であることが観察された。腕橈骨筋においては前述した上腕二頭筋と同様にインパクト時の肘関節の固定に関与していることが推測され、全日本選手と学生選手の放電様相の違いは、肘関節に関わる両者間の電氣的仕事の量的違いを示唆するものであると思われた。未経験者の腕橈骨筋では、インパクト前後に密度の高い放電がみられるが、全体的に弱い放電が持続して現れている。このような放電様相は学生選手のOSNとは似ているものの、他の経験者4名の原波形とはまったく違う様相であった。

橈側手根伸筋及び尺側手根伸筋では全被検者ともそれ程多くの放電は認められていないが、全日本選手のHRNの放電がインパクト時に集中しているのに対して、他の経験者4名は弱い放電が持続して現れる傾向を示していた。また、未経験者ではインパクト時に強めの放電が確かめられた。

前腕の屈筋群についてまとめると、橈側手根屈筋では全日本後衛選手HRNの筋放電はインパクト前に約0.7秒間程強く現れているのに対して、同じ後衛である学生選手のMORとSATではインパクト直前に一過性の極めて強い放電が出現している。前衛では、全日本選手のNKJではインパクト直前に強い放電が0.5秒間程ありその前後に幾分かの放電が観察され、学生選手OSNの筋はインパクト直前にわずかに放電しているのみであった。未経験者の筋では他の被検者に比べて強めの放電が持続して現れていることが観察された。

以上のような全日本選手と学生選手における顕著な相違では、フォワードスウィング及びインパクト直前のラケットのグリップワークの違いを考えるべきである。我々はしばしば指導場面において、「小鳥を握るように」とか「たまごを握るように」とかの表現を用いてラケット

を軽く楽に持つよう指示し、インパクトの瞬間にはグリップを握りしめるように教える。これはバックスウィングからフォワードスウィング時にかけて無駄な力が優位腕に加わることを避けて、フォワードスウィングにおいて速いラケットの振り出しとインパクト時の強い手首すなわちラケット面の固定を確保することを目指すものである。しかし、今回の測定においては、グリップの握り方に関与している筋では全日本選手に0.5秒間から0.7秒間の密度の高い強めの筋放電が観察され、むしろ学生後衛選手に瞬間的な一過性の放電が現れていた。「インパクトの瞬間にグリップを握りしめる感じ¹⁾」が実際の技のなかではどのように確立されているのか、更に多くのデータを以て検討を進めなければならないが、0.7秒間の活動が的確なインパクトを得るためには重要な要素であることは想像できる。

次に、尺側手根屈筋では、他の上肢の筋とは異なり後衛で全日本選手のHRNと学生選手のMORの放電が少ないのに対して、残りの全日本および学生の選手3名については逆に放電量が多くなる現象を示していた。これら経験者間の相違はグリップの握り方の違いに起因するものと考え、被検者の筋及び未経験者が標準のウエスタングリップでラケットを強く握った際の筋電図とフォアハンド・グラウンドストロークの素振り時の筋電図を図4に示し、更に詳細な検討を加えることとした。

図4に明示される通り、未経験者が標準のウエスタングリップで握った筋電図では、尺側手根屈筋がラケットを保持する際に強く放電し、ラケットの握りに深く関与している筋であることが理解できる。そこで、各被検者間の尺側手根屈筋の筋活動の違いについて検討すると、全日本選手のHRN、学生選手のMORではインパクト前の放電がほとんど観察されないが、他4名の被検者では放電量や強さの違いはあるが全員に放電が認められる。これは、おそらくバックスウィング

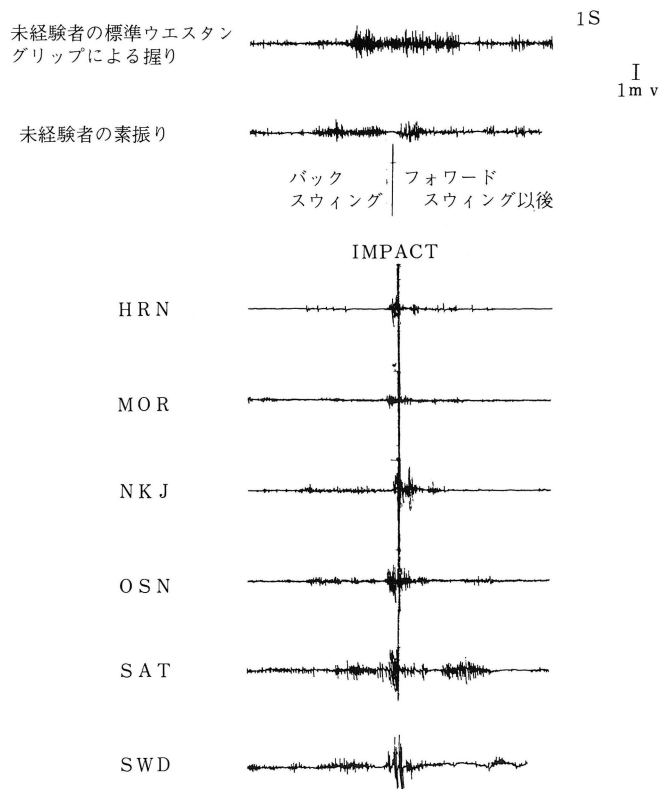


図4. 未経験者のグリップワーク及びフォアハンドのグラウンドストロークにおける尺側手根屈筋のEMG

HRN:全日本後衛選手, MOR:北海道学生チャンピオンの後衛選手,
NKJ:全日本前衛選手, OSN:北海道学生チャンピオンの前衛選手,
SAT:北海道学生2位後衛選手, SWD:未経験者,

時のラケットの保持方法の違いに帰されると思われるが、未経験者の素振りにおいてもバックスウィング時にかかなりの放電があり、この放電は技術の熟練度に深く関与した現象と考えられた。また、インパクト直前の放電様相では、概ね技術の熟練度の高い選手に放電が少ない傾向を認めることができた。

尺側手根屈筋のこれらの電氣的活動から、バックスウィング時の放電とインパクト時の放電は熟練度を反映した傾向であることが推測されるが、更に詳細な測定と多くのデータを得なければ因果関係については結論できないと考える。

次に、前腕5筋を総合的にみていくと、全日本選手 HRN の筋では5筋とも放電がインパクト時に集中しその前後ではほとんど観察されないが、他4名の経験者についてはインパクト時に放電量が増加するもののその前後にも持続的な放電が観察されている。特に全日本選手 NKJ と学生選手 SAT については、おそらくバックスウィングと思われる時期に弱めの放電が現れていることが指摘できる。HRN の上述の傾向は、上肢の各筋の出力がインパクトの前後に集中し、その他の動作ではほぼ完全にリラックス状態が保たれていると考えられ、神経支配の面からもシャープな振りが完成しているものと思われる。また、それぞれの筋の筋電図の最大振幅を経験者間で比較すると、ほとんどの筋において HRN が常に早い時期に最大値を迎えていることを指摘できる。これは、正確なインパクトを確保しグラウンドストロークの安定性を持たせるために、フォワードスウィング時に優位腕を早めに固定している現象と考えられる。

未経験者との比較においては、経験者5名の筋放電では前腕各筋が違った放電様相を呈しているのに対して、未経験者の筋は5筋ともよく似た放電が試技開始から持続的に現れていた。これは、未経験者ではラケットを握りしめたままの状態で行っていると思われる、軟式テニスにおける熟練者と未熟練者の筋の作用機序の違いとして考えられた。

(3) 下肢の筋の電氣的活動

下肢筋では大腿外側広筋の放電が量及び放電様相とも後衛3名と全日本の前衛 NKJ が、ほぼ同様の特徴を示しているが、学生前衛の OSN については放電量が極めて僅少であり、他の4名とは明確に量的な差を認めることができる。大腿二頭筋では、全日本選手 HRN の放電はインパクトを中心に集中的であるのに対して、他の4名の放電様相は分散的なものであった。また、OSN については大腿外側広筋と同様に放電量が極めて少なくなっていた。

前脛骨筋の放電については5者5様の様相が示された。すなわち、HRN の筋放電では中等度の活動電位が分散しており、学生選手 SAT も同様であるが放電量は HRN に比べると少ないものであった。学生選手 MOR と全日本選手 NKJ は共に強い放電が分散的に現れているが MOR の場合その放電が極めて強いものであった。OSN については中等度の放電が試技中持続的に現れているのが特異なパターンであると言える。

支持脚大腿の筋について各筋の放電様相をまとめると、全日本選手の大腿外側広筋、大腿二頭筋に密度の高い放電が確認され、学生選手ではその放電は少なく、特に前衛選手において少ない傾向は顕著なものとなっていた。このような下肢筋の放電様相の違いから、全日本選手で

は基本技術に際して姿勢保持およびその安定のためにより多くの筋電図の仕事を行っており、学生選手では、逆にそれが少なくなっていると考えられた。また、学生選手 MOR の前脛骨筋の特徴的な放電は今後更に拮抗筋などについても同様の測定をして検討する必要性を示している。

2. バックハンド・グラウンドストローク

(1) 上腕の筋の電気的活動

バックハンドのグラウンドストローク時における筋電図を図5、図6に示した。まず、三角筋では、いずれの被検者にも強い放電を観察することができる。全日本選手2名と学生後衛選手のMORとOSNは放電量、放電様相ともにほぼ同様であるが、学生後衛選手SATではインパクト時とそれ以後におよそ1秒間以上の密度の高い放電が確認された。三角筋の放電は、全被検者共フォアハンドと比較してかなり多くの放電があるが、バックハンドはバックスウィング時に肩を入れフォワードスウィング時に腕を引き上げる動作を多く用いるための現象であると思われた。

上腕三頭筋では、全被検者に共通してインパクト前に単時間に密度の高い放電が確認されたが、同筋をフォアハンド時の筋電図と比較するとバックハンド時の放電が振幅においても量的にも多い傾向を認めることができた。これも前述した三角筋と同様にバックハンドの特徴的な筋活動として位置づけられる。

次に上腕二頭筋では、全被検者共に弱い放電があるのみで、フォアハンドにみられるような各被検者に特異な放電様相は観察されなかった。軟式テニスのバックハンドは硬式テニスと異なりフォアハンドで使用したラケット面と同一の面を使うためフォワードスウィング時には肘関節の固定よりも伸展運動が主であるためと推測された。

(2) 前腕の筋の電気的活動

前腕の筋の活動では、フォアハンドと同様の5つの筋について経験者5名と未経験者1名を対象に測定を実施した。全日本選手HRNの腕橈骨筋では、インパクト前に弱めの放電が出現して一度短時間の無放電相がありインパクト直前にまた強い放電が現れインパクト後は消失している。なお、この強い放電は量的にも他の経験者に比べて際立って多いものであった。これに対して学生後衛選手であるMORとSATはインパクト前の放電は弱いものであり、インパクト直前の強い放電は一過性のものであった。前衛選手2名については学生後衛選手とほぼ同様な放電様相であった。未経験者では試技開始から持続的に密度の高い放電が観察されこれは他のどの経験者の放電様相とも形を異にするものであった。

橈側手根伸筋の放電様相では、後衛選手のHRNとMORはインパクト前に放電が集中して現れているのに対して、後衛選手SAT及び前衛選手2名については試技開始から弱い放電が持続的に現れインパクト以前にわずかに量が増加するものの前述の後衛2名のような顕著な傾向は示していない。未経験者では極くわずかな放電がインパクトを中心に観察されるのみであった。なお、尺側手根伸筋においては、学生選手MORの放電は極めて少量であったが、

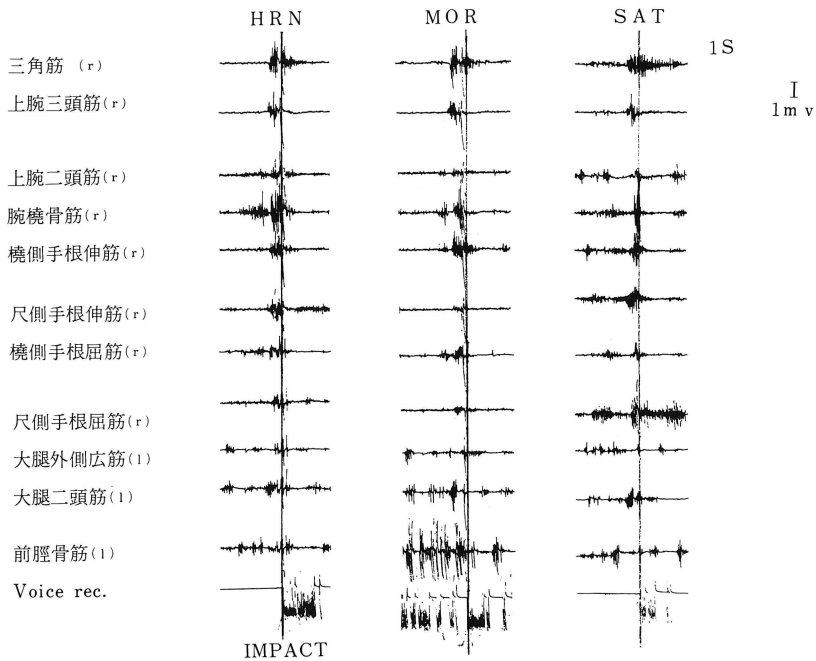


図5. 後衛選手のバックハンドのグラウンドストローク時におけるEMG
HRN：全日本選手，MOR：北海道学生チャンピオン，
SAT：北海道学生2位選手，

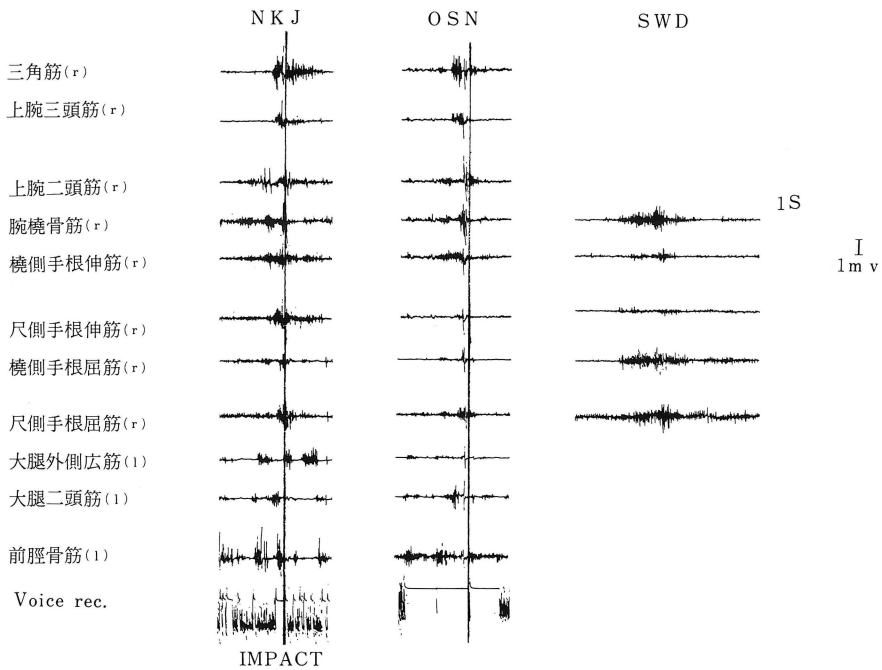


図6. 前衛選手及び未経験者のバックハンドのグラウンドストローク時におけるEMG
NKJ：全日本選手，OSN：北海道学生チャンピオン，SWD：未経験者，

他4名の経験者の放電は量的に幾分かの違いはあるものの各被検者自身の橈側手根伸筋の放電とほぼ同様な傾向が認められた。また、橈側手根屈筋及び尺側手根屈筋においては、放電量は相対的に少なくなっているが、SATの尺側手根屈筋と未経験者の両屈筋では反対に多めの放電が観察されている。

バックハンドのグラウンドストロークにおける上肢の筋電図では、三角筋及び上腕三頭筋の活動が顕著に現れている点と上腕二頭筋の放電が少なくなっていることはフォアハンドの筋活動とは異って対象的な現象と考えられた。また、前腕5筋を総合的にみていくと、相対的に全日本選手に放電がインパクト時に集中する傾向とその時点での放電の増強が認められ、フォアハンドと同様に技術の熟練度に対応した電気的仕事の相違として考えられた。

未経験者では腕橈骨筋及び前腕の屈筋群にほぼ試技全般にわたって密度の高い放電が認められた。このような放電様相は他の経験者のどの筋においても観察されず未熟練者特有の筋活動と考えられた。

(3) 下肢の筋の電気的活動

大腿外側広筋及び大腿二頭筋では、経験者5名とも分散的に放電が出現しており全員ほぼ同様な放電様相であると言えるが、全日本選手OSNの大腿外側広筋については放電量が極めて少なくなっていた。前脛骨筋では、学生選手MOR以外の被検者の筋は前述の2筋と同様に分散的に放電が試技全般に現れていた。MORについては、極めて強い放電が試技開始からインパクトまで出現しそれ以後はわずかな放電が残っていた。MORに特異なこの放電はフォアハンド時にも認められた現象である。

これら下肢3筋についてインパクト前後の活動をフォアハンドと比較してみると、フォアハンドにおける放電が多くの場合おおよそインパクト直前に集中しているのに対して、バックハンドではインパクト直前の放電が少なくなっている。これはバックハンドのグラウンドストロークでは、測定脚が軸足となるためこのような放電様相が現れたものと思われる。

IV 結 論

軟式テニスのグラウンドストロークについて、熟練度が極めて高い我が国屈指の女子選手と北海道学生選手、並びに未経験者を対象に筋電図測定を行い多角的に比較検討を試みたが、技術の熟練度と主働筋の作用機序についてまとめると以下の通りである。

①フォアハンドにおいては、ほぼ全ての筋で全日本選手の放電が強いことが観察されたが、特に上腕二頭筋と腕橈骨筋にその傾向が顕著に表れていた。このような放電は、適度な屈曲を保持した肘関節の固定に深く関与していることが推測され、技術の熟練度に対応した上腕二頭筋及び腕橈骨筋の作用機序の違いを示唆する現象と思われた。

②フォアハンド時の橈側手根屈筋では、全日本選手はインパクト前におおよそ0.5～0.7秒間程の密度の高い強めの放電があり、学生選手では一過性な短時間の放電がインパクト直前に現れていた。この現象はフォワードスウィング時とインパクト時のラケットの握り方の違いを示すも

のであるが、安定したインパクトにどのように貢献しているかについては今後さらに検討を加える必要があると言える。

③フォアハンド時の尺側手根屈筋については、バックスウィングに相当する位相に各被検者各様の放電があったが、概ね技術の熟練度に対応して放電量が減少する傾向を示していた。

④フォアハンド時の前腕の筋では、経験者5名は前腕の各筋が違った放電様相であるのに対して未経験者では、前腕の5筋ともほぼ同様な放電様相であり、熟練者と未熟練者の筋作用機序の違いが示された。

⑤全日本の後衛選手では、上肢の筋の放電がインパクトの前後に集中し、放電の最大振幅が他の被検者よりも相対的に早めに現れる傾向を示していたが、グラウンドストロークの安定に関与した筋作用ではないかと思われた。

⑥フォアハンド時の下肢の筋の活動では、全日本選手の大腿外側広筋、大腿二頭筋に強めの放電が確認され、学生選手ではその放電は少なく、特に前衛選手においてこの傾向は顕著なものとなっていた。このような下肢の筋の放電様相の違いから、全日本選手では基本技術に際して姿勢保持およびその安定のためにより多くの筋電図の仕事を示しており、学生選手では、逆にそれが少なくなっていると考えられた。

⑦バックハンドにおいては、三角筋、上腕三頭筋及び上腕二頭筋にフォアハンド時より多い放電が観察されバックハンドの特徴として考えられた。上肢の筋では相対的に全日本選手に放電がインパクトに集中して現れる傾向と強い放電振幅が確認され、フォアハンドと同様に技術の熟練度に対応した筋電図の仕事の違いが考えられた。下肢の筋においては優位腕の対側脚は軸足となるため、フォアハンドのようなインパクト直前の放電が観察されずむしろ、その前後に放電が現れる傾向を示した。

⑧バックハンドにおける未経験者の前腕の筋では、試技開始から密度の高い放電が持続的に認められ、フォアハンドと同様に未熟練者特有の筋活動と考えられた。

今回の測定から上記のようにいくつかの興味深い結論を得たが、いづれにしても今後更に検討を深めなければならないと考えるものである。

謝 辞

本研究の筋電図測定は主に北海道大学体育指導センター（所長、福地保馬教授）の施設並びに設備を用いて実施された。測定では、同センター川初清典助教授並びに北海道大学教育学部須田力助教授に多大なる御理解と御協力を賜わった。ここで、お二人に深く感謝の意を表したい。

引用・参考文献

- 1) 西田豊明, 石井源信: 基本レッスン軟式テニス, 大修館書店, 1984
- 2) 日本軟式庭球連盟: 新版軟式庭球教程, ベースボール・マガジン社, 1983

- 3) 島山孝子, 東昇, 後藤俊, 加藤満, 佐々木敏, 須田力, 西園秀嗣: 軟式テニスのフォアハンド・ストロークにおける動作分析, 北海道女子短期大学研究紀要, 第20号, p 109~ p 117, 1986
- 4) 川初清典: 身体運動における巧みさの科学, 杏林書院, 1982
- 5) 西園秀嗣: 巧みな腕の運動と筋活動, Japanese Journal of Sports Sciences, 4, 4, 1985
- 6) 永田 晟: 筋と筋力の科学, 不昧堂, p 217~ p 218, 1984
- 7) 日本体育協会スポーツ科学委員会, 蝶間林利男: 1986年度日本体育協会スポーツ科学研究報告集, テニスストロークにおける“タメ”に関する運動学的分析, 1987
- 8) ロルフ・ウィルヘッド, 金子公宥・松本迪子訳: 目で見る動きの解剖学, 大修館書店, 1986
- 9) ドイツ・テニス連盟, 別宮彰・田中伍夫共訳: 基本テニス, 日本文芸社, 1986
- 10) 石橋弘, 的川泰宣: 軟式テニス上達の科学, 同文書院, 1985

(1990. 9. 12)