

肩関節の内外旋動作の改善に着目したテニスのサービス改善について

北村 哲¹⁾ 佐藤 周平²⁾ 小林 雄志³⁾ 村田 宗紀⁴⁾ 山田 幸雄¹⁾

I. 目的

テニスにおけるサービスはゲームの始まりに用いられる技術であり、試合の勝敗に大きな影響を与える。ファーストサービスの成功率は勝者の方が高く、サービススピードが高い選手ほどファーストサービスでのポイントの取得率が高い(足立, 1999)。試合を有利に進める上でサービススピードはとても重要な要素となる。そのため、指導現場において多くの選手がサービス改善に取り組んでいるが、その改善過程を調査した研究は見られない。また、大きなサービススピードの獲得には、より大きなラケットヘッドスピードの獲得が必要であり、先行研究では肩関節の内旋角速度(Springings et al., 1994; Elliot et al., 1995; Gordon et al., 2006)、および肩関節内旋トルク(小池ら, 2011)が大きな貢献をしていることが報告されている。しかし、著者が指導してきたサービスに問題を抱える選手の多くは、主に肘関節の伸展動作や肩関節の伸展動作、体幹の屈曲動作等、上述した肩関節の内外旋動作以外の動作を中核的動作として、ラケットヘッドスピードが大きくなならない、ラケットヘッドスピードの獲得と引き替えに打点やスイングが不安定になりコントロールが失われている例が多いと考えられる。本研究の目的は、サービスの技術トレーニングの経過について客観的なデータと質的なデータからその変容を事例的に明らかにすることで、今後のサービス指導における基礎的資料を得ることとした。具体的には、サービス動作

の中核的動作が肘関節伸展動作と思われる大学生女子選手1名を対象に、ラケットヘッドスピード獲得に重要な肩関節内旋動作を指導することで、「中核的動作を肘関節伸展動作から肩関節内旋動作へ移行すること」を課題とし、その習得過程における動作の変容と、その際の内的な運動感覚やサービスに対する意識の変化について縦断的な調査を行った。

II. 方法

1. 被験者

被験者は、著者らが指導している全日本学生ランキング10位以内(2012年12月時点)の女子選手1名(以下A選手)であった。事前に本研究の目的や意義、方法および実験の際の安全性などを十分に説明し、協力の同意を得た。A選手のサービスの特徴について、著者は肘関節の伸展動作が中核的動作で、ラケットをボールに当てに行くようなフォーム(羽子板打ちのような迎えに行く動作)であると考え、特にコントロールが必要な場面では、ラケットを振れずにボールを置きにいく格好となり、相手選手に攻撃の機会を与えることも多く、ラケットをしっかり振る技術の獲得が重要であると感じていた。

2. トレーニング方法

A選手の大会スケジュールに合わせ、トレーニング期間をA, B, Cの3期設定した(図1)。期間Aは1ヶ

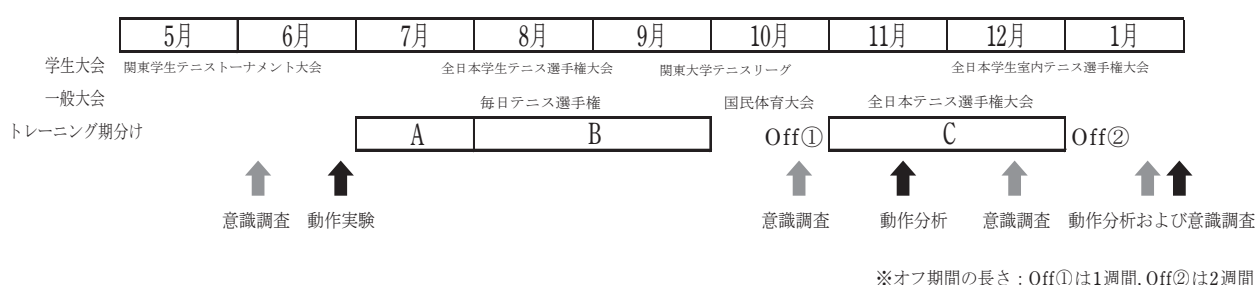


図1 本研究期間における大会スケジュールとトレーニングスケジュールおよび調査期間

- 1) 筑波大学体育系 2) 青山学院大学教育人間科学部 3) 国立スポーツ科学センター
4) 筑波大学大学院博士後期課程人間総合科学研究科

月(夏の試合期まで)と短いため、サービス動作には直接関与せず、内外旋動作の感覚に慣れることを目的として「①内外旋動作を含む体操およびストレッチ」、「②うちわを仰ぐ動作やアメフトボールの投動作等」を1時間程度、計6回行った。この期間のサービス練習については、一般的な練習方法(対人での10分程度の打ち合いと打ち放しによる多球練習)を普段通りに行った。期間Bについては、試合期中のサービスの調子を維持することを目的に、適宜著者が必要と判断した点について指導を行った。実際に指示した主な内容は、打点高が低くならないよう「a.お辞儀しない」、[b.上方に向かってラケットを降ること(ポロテリ, 2005)], 上方でスイングしやすいようフォワードスイング前半時に「c.胸でボールを迎えに行くような感じで胸を持ち上げる」、また上腕が外旋位に入りやすいよう胸郭を開くために「d.胸を開く」、胸を持ち上げようとしすぎることによって支持脚が不安定にならないように「e.地面をしっかりと踏む」、[f.胸を持ち上げるタイミングをしっかりと測る]の6項目であった。期間Cでは、サービスにおける上肢の動作を改善するために、「③内外旋を強調した上肢の素振り(ラケットを持ちうちわを仰ぐ動作で素早く切り返す)」、フォワードスイング期における肩関節のトルク発揮に際した筋出力の感覚習得を目的とした「④フォワードスイング前半期の動作に徒手抵抗を加えての素振り(振り出し時にラケットヘッドを手で軽く引っ張り負荷を与える)」、[⑤徒手抵抗を加えての打球練習]の3項目と普段の対人練習および多球練習であった。これらの練習の際に意識するよう指示した内容は「g.テイクバックからフォワードスイングに切り返す際に肘を90°程度に保ち屈曲伸展の動作を抑えること(手首の位置を変えないように肩関節の外旋動作により上肢だけをひっくり返すとも説明した)(堀内, 2006)」と、「h.遠心力を高まるのを感じること」、「i.ボールを狙った方向に抑えつけようとせず、狙った所にスイングの方向(高まった遠心力の方向)を向ける」に加え、期間Bにおいて指導したa.~f.の計7項目であった。④、⑤の上肢の動作に特化した技術トレーニングは計4回行った。

3. 動作分析および意識調査の方法

1) 動作分析

図1の通り計3回行った。実験室内に設置したテニスコートにて、相手サービスエリアのセンター部分に設けた1m四方のターゲットに向け、全力でファース

トサーブを行かせた。その際被験者の身体各部23ヶ所およびラケット(5点)に反射マーカートを貼付し、3次元自動動作分析装置(Vicon MX, Vicon社製, カメラ12台, 500Hz)を用いて動作中の各マーカートの3次元座標を得た。得られた3次元座標をWells and Winterの方法によって遮断周波数を決定し, Butterworth low-pass digital filterを用いて平滑化した。分析対象とした試技は, 1m四方のターゲットに入り, 内省報告(4段階: 1.全く良くない, 2.あまり良くない, 3.まあまあ良い, 4.とても良い)が良かった試技の中で, 最もラケットヘッドスピードが高いものとした。分析区間は, 身体重心高が最も小さくなる瞬間からインパクトまでとした。得られた座標データから, ラケットヘッドスピード, ラケットヘッドスピードに対する上肢関節動作の貢献度(Tanabe and Ito, 2007), 関節角度(肩関節内外転, 肩関節水平屈曲伸展, 肘関節屈曲伸展, 肩関節内外旋)を算出した。技術トレーニングの効果をラケットヘッドスピードの向上とこれに対する肘関節伸展動作および肩関節内旋動作の貢献度の変化を用いて評価した。

2) サービスの際の運動感覚およびサービスに対する意識

半構造化面接法を用いての調査および著者の指導日記やメモに記録されていた普段の練習や試合後におけるA選手の発言を対象とした。意識調査は図1の通り計4回行い, 質問項目は表2に示した6項目とし, それぞれ7件法(①~④: 1.まったく, 2.打てない(狙える), 3.あまり, 4.どちらでもない, 5.まあまあ, 6.打てる(狙える), 7.とても, ⑤, ⑥: 1.とても, 2.不安である, 3.まあまあ, 4.どちらでもない, 5.あまり, 6.不安でない, 7.まったく)で質問した。その他各項目において意識, 注意していること(⑤, ⑥については理由), サービスを打つ際に意識, 注意していることについて質問した。また最終回は, 全体を振り返ってこれまでの変化についても質問した。

Ⅲ. 結果と考察

1. サービス動作の変化

ラケットヘッドスピードは表1の通り漸増した。これに対する上肢関節動作の貢献度は表1の通り変動した。特にトレーニング課題としている肩関節内旋動作と肘関節伸展動作の貢献度について, トレーニング前の実験1の結果と男子大学生選手66名を対象としたTanabe and Ito (2007)の報告を比較すると, A選手は

表1 ラケットヘッド速度に対する上肢関節動作の貢献度と上肢関節角度の変化

	6月	11月	1月	Tanabe and Ito (2007)
ラケットヘッド速度 (m/s)	37.1	37.5	37.7	38.1±3.8
肩関節内旋 (%)	42.7	67.7	41.2	41.1±14.7
肘関節伸展 (%)	21.3	-7.5	1.0	3.2±6.0
前腕の回内 (%)	-2.1	-2.9	0.4	3.6±5.0
手関節掌屈 (%)	36.0	33.4	44.4	31.7±7.5
		6月	11月	1月
肩関節最大外旋時における肩関節水平内転位 (deg)		22.8	13.4	15.1
出現時間 (s)		-0.03	-0.06	-0.06
ラケットヘッド最下位時における肘関節最小屈曲位 (deg)		51.3	93.0	87.6
肩関節最大外転位 (deg)		3.1	3.3	12.8
出現時間 (s)		0.00	-0.38	0.05
インパクト時における肩関節外転位 (deg)		22.5	0.3	5.8
肩関節最大内転位 (deg)		24.5	23.8	10.8
出現時間 (s)		-0.19	-0.19	-0.19

※出現時間：インパクトを0秒に設定

肘関節伸展動作の貢献度が高かった。その際の肘関節の最大屈曲角度は51.3°、肩関節の最大外旋時の水平内転角度は22.8°(表1)とフォワードスイング前半期において、肘関節角度が小さい状態で肘が上腕の前に位置していた。A選手はこの頃のサービスに対して「テイクバック時には肘を曲げラケットダウンをすること」を意識していると述べており、これが著者のA選手のサービス動作の印象である羽子板打ちのようにボールを迎えに行く動作の要因であると考えられる。また、課題としている内旋動作の貢献度がトレーニング前から高い結果となっている要因について、肘関節角度が小さいことと肘の位置がかなり上腕の前側に位置していることで、上腕がより外旋位に入りやすくなり、内旋動作が起りやすい状態にあるためと推察できる。A選手は自身で「内旋動作を行っている感覚はなく、特に意識していない」と述べていることから、外旋角度が大きくなることで内旋動作が自然発生していると考えられる。その後の実験結果では、肩関節最大水平内転角度は減少し、肘関節の最大屈曲角度も指導していた内容とほぼ同値となった。肘関節伸展動作の貢献度は低下し、内旋動作の貢献度は特に実験2で高くなった。実験3では内旋動作の貢献度が低下しているが、肘伸展動作の貢献度は低く抑えられていたことから、トレーニング成果が顕著に見られているといえる。このことから、粗協調(金子ら, 1997, pp.126-128)の段階ではあるが内旋動作を習得したと考えら

れる。内旋動作について、期間Cのトレーニング中、A選手は「楽にエネルギーが高まるのを感じられるので、どのように動かせば良いのかイメージしやすい」と発言し、12月の意識調査では「フォワードスイング期に肘を90°程度に保っておくことに未だ違和感があるが、肘を曲げるよりも速く振れる感じがする」と報告した。新しい動作を習得するにあたり、自身の身体をどのように動かすのかという動きの動感を意識させるのは勿論であるが、それよりも発生するエネルギー、力の流れを意識させることは動作の成功の可否を判断する一つの指標となるため重要であると考えられる。

2. サービスについての意識の変化

意識調査における各項目の結果とその変化を表2に示す。「①速くサービスを打てる」の項目では、以前より速く打てると感じるように変化している。その際の意識、注意していることは、6月、10月は「打点を高くする」ことのみで、12月、1月は「打点を高くすること」、「上方に振ること」、「トロフィーポーズ時に脚でしっかり踏ん張り、力を溜める」ことを意識しており、脚からのエネルギーを上肢まで伝える感覚が発生してきたようであった。また、上手く速く打てた際の感覚について、1月は「ピュン」とラケットが走り、スイングがシャープな感じ、「ボールの重さがなく、ラケットに当たっている時間が短い気がする」と述べ、トレーニング前は上手く打てた際でも、「ボールが

表2 本研究期間におけるサービスに対する意識

	6月	10月	12月	1月
①速くサービスを打てる	3	3	5	5
②ボールスピードをコントロールできる	3	3	4	4
③速いスピードでコースを狙える	3	2	5	3
④スピードをコントロールしてコースを狙える	3	2	3	3
⑤試合中での1stサービスに不安がある	5	2	3	5
⑥試合中での2ndサービスに不安がある	3	4	2	5

重くラケットに乗る感覚あった」と述べた。「②ボールスピードをコントロールできる」について、小さな変化であったが、その際の意識として、6月は「スピードをなくすときはスイングスピードを遅くして、当てに行く感覚」から、10月は「ボールの当たりを厚くしたり、薄くしたりしてスピードを変えている¹⁾」、12月、1月は「回転をかけることでスピードを変えている」と報告した。10月のスピードコントロールについて、6月のようにスイングスピードを遅くすることはあまり意識しておらず、回転をかけることで少し力を逃がしておりこの頃から徐々に回転をかけられるような意識が出てきたようである。「⑤試合中の1stサービスに不安がある」では6月は「5.あまり」であったが、目標としていた試合結果が得られず、ゲームパフォーマンスが落ち込んでいた夏の試合シーズン終了後は「2.不安である」のに対し、全日本室内学生で上位入賞した後は「3.まあまあ」、「5.あまり」と徐々に不安が解消していた。「⑥試合中の2ndサービスに不安がある」では6月「3.まあまあ」から10月「4.どちらでもない」、12月「2.不安である」、1月「5.あまり」と変化した。10月は1stサービスについての不安が増加したいたが、2ndサービスについては「4.どちらでもない」と1stサービスに比べ不安が少なかった。これについて、「入れに行くことはでき、その後のラリー戦に持ち込めば何とかなると感じていたのでそこまで不安はなかった」と述べ、戦術的な対応によりサービスそのものに対する不安が少なかったようである。12月の調査時は学生の全国大会で良い成績を残したにもかかわらず、⑤、⑥の評価は低い。トレーニングを開始してから約1ヶ月ということもあり、「フォームが確実に固まっていないため」、「回転をかける動きが不安なため」と述べてることからも、試合の際に技術的課題を持っていることからサービスそのものに対する不安が生じていたと考えられる。しかし、1月の調査時には、⑤、⑥どちらも「5.あまり」と前回よりも評価が高くなり、「コントロールす

る感じが出てきた」、「回転をかけられる感じが強くなってきた」と、運動遂行の際の感覚が安定してきたことを報告した。肘関節伸展動作の抑制および内旋動作の習得が、速くボールを打てる感覚に変化をもたらただけでなく、ラケットヘッドスピードの向上と回転をかける技術の向上にもつながったと考える。

3. 内旋動作の習得過程における上肢関節動作の貢献度の変化

本研究期間中において、トレーニング課題であった肘関節伸展動作の貢献度は抑制されたが、内旋動作の貢献度は実験2で高くなり、実験3では再度低下した。実験2と実験3の間のトレーニング期間は、2週間のオフがあるものの運動の学習位相においては粗協調から精協調（金子ら、1997, pp.129-130）へ移行する時期であると推察される。このような貢献度の変化は、ラケットヘッドスピードが漸増していることを踏まえると、A選手の中でラケットヘッドスピードを高めるための技術が経済的になり修正と洗練化が進んでいることが考えられる。その中でも最もラケットヘッドスピードが大きい実験3における掌屈動作の貢献度がTanabe and Ito (2007)と比較しても高いこと、この時期のコントロールに関する内省が高いことを踏まえると、この掌屈動作はA選手の動作の個性であることが考えられる。しかし、今後の経過において変動する可能性がある。各変動が選手Aのコントロールに関する内省やサービスのスキルテストによるコントロール能力への影響も踏まえて検討していく必要がある。

IV. まとめ

本研究の結果から得られた知見は以下の通りである。

- 1) 技術トレーニングの結果、ラケットヘッドスピードが向上し、これに対する上肢関節動作の貢献度の変化からもトレーニング効果がみられた。

- 2) A選手については、技術トレーニング前の肘の伸展動作時よりも内旋動作習得後の方が、速いサーブを打てる感じが強くなるとともに、回転をかけてコントロールする感覚を得た。
- 3) 動作改善および習得の際には、身体を動かす感覚の他、発生するエネルギーや力の流れを意識することも重要である。
- 4) 内旋動作習得後、ラケットヘッドスピードに対する上肢関節動作の貢献度に変化が見られたことは、ラケットヘッドスピード獲得のためのA選手の動作の個性であることが考えられるとともに今後変動していく可能性がある。

注 記

- 1) 「厚く」、「薄く」はボールのインパクトの際の圧力に関して良く使われる表現である。厚い当たりとはインパクトの圧力が高くしっかりと力が伝わるような当たりに対して、薄い当たりは、インパクトの圧力が低く力が逃げているような感覚に対して用いられる。

参考文献

- 足立長彦 (1999) : 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, 47 : 57-63.
- Elliot, B., Marshall, R., Noffal, R (1995) : Contribution of Upper Limb Segment Rotations during the Power Serve in Tennis. *Journal of applied Biomechanics*, 11, 433-442.
- Gordon, B. J., Dapena, J. (2006) : Contributions of joint rotations to racquet speed in the tennis serve. *Journal of sports sciences*, 24 (1) : 31-49.
- 堀内昌一 (2006) : DVD付きもっと上達する！テニス. ナツメ社, pp. 114-119.
- 金子明友・朝岡正雄編 (1997) : 運動学講義. 大修館書店.
- 小池関也・石川達也 (2011) : テニスサーブのムチ動作. *体育の科学*, 61 (7) : 491-496.
- ニック ポロテリ : 梅林薫ほか訳 (2005) : ポロテリーのテニスコーチング. 大修館書店, pp. 61-68.
- Springings, E., Marshall, R., Elliot, B., Jennings, L. (1994) : A three-dimensional kinematic method for determining the effectiveness of arm segment rotations in producing racket-head speed. *Journal of Biomechanics*, 27 (3) : 245-254.
- Tanabe, S. and Ito, A. (2007) : A three-dimensional analysis of the contributions of upper limb joint movements to horizontal racket head velocity at ball impact during tennis serving. *Sports Biomech*, 6 (3) : 417-432.
- 田邊智・伊藤章 (2008) : テニスサーブ時のラケットヘッド速度へのラケット並進運動と回転運動の貢献. *大阪体育学研究*, 46 : 11-25.

