

アスリートの運動感覚

アスリートの運動感覚研究チーム（課題番号：117117）

研究期間：平成 23 年 7 月 22 日～平成 25 年 3 月 31 日

研究代表者：山崎一彦 研究員：田原亮二、安藤創一、市川 浩

【背景と目的】

運動感覚 (kinesthesia) とは運動によって生じる感覚のことであり、特にヒトが自らの姿勢や身体の一部がどこにあるのかを感じる知覚のことを位置覚といひ (Proske & Gandevia 2009)、ヒトの位置覚は筋紡錘からの影響を強く受けることが知られている (Gandevia 1985)。我々は普段この運動感覚や位置覚を意識することは少ないが、例えばテレビを見ながらコップを掴むときなどは運動感覚が大きな役割を果たしている。運動感覚は筋や腱などの受容器、特に筋紡錘からの入力をもとにしていることが知られているが、定量化の困難さから運動感覚については不明な点が多い。日常的なトレーニングで身体を鍛えているアスリートの動きは半ば無意識化しており、このことはアスリートにおいて運動感覚が高度に発達している可能性を示唆している。したがって、スポーツ競技において運動感覚はパフォーマンスに影響を与える要因の 1 つであることが考えられるが、運動感覚の良し悪しがスポーツのパフォーマンスにどの程度影響を与えているのかについては明らかになっていない。

卓球やテニスなどのラケット競技ではラケットの重さ

や形状などの影響により、筋や腱からの感覚入力は何も持っていない場合と比較して大きく異なる。そのため、ラケット把握時の運動感覚は日常生活では経験することが少ない運動感覚である。本研究課題は、ラケット競技者の運動感覚としてその位置覚を評価するものである。これを定量的に評価することにより、日頃からトレーニングを行うアスリートに運動感覚の優位性が存在することを明らかにすることを目的とした。ここで得られる情報は、様々なレベルのアスリートのトレーニングやコーチングへ活用でき、一般の体育や生涯スポーツの指導現場で用いる適切な指導言語についても提案できるものと考えられる。

【方法】

本研究課題の目的達成のために、以下の 2 つの実験を実施した。

実験 1：ラケット競技者の上肢位置覚を評価する実験

実験 2：ラケット競技者の上肢筋活動と関節角度調整との関係の調査

表 1 上肢位置覚評価実験に参加した被験者群のプロフィール

	身長 (cm)	体重 (kg)	上腕長 (cm)	前腕長 (cm)	掌長 (cm)	競技年数 (年)
競技者	170.5±6.7	61.5±10.3	30.1±1.4	25.2±0.9	19.5±1.0	11.3±4.5
非競技者	171.6±6.9	62.5±9.3	30.6±1.6	25.5±1.3	19.8±1.1	なし

1 実験1概要

ラケット競技者と非競技者との比較を行うことで、上肢位置覚を評価する実験を行った。ラケット競技者として男性大学卓球競技者10名と、対象群として一般大学生10名が被験者として参加した。各被験者群のプロフィールを表1に示す。

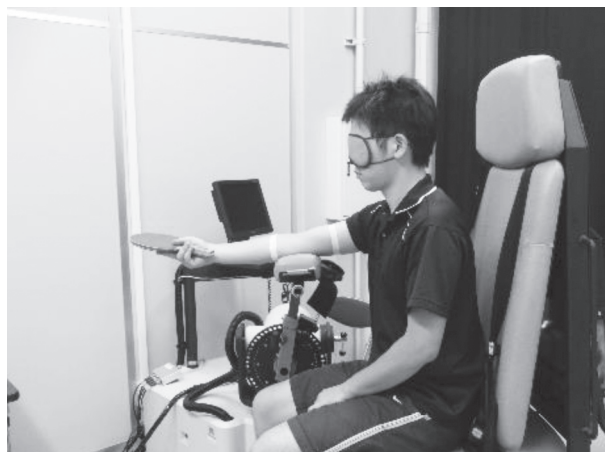


図 2-1 ラケット把握条件下、肘関節角度0度からの屈曲試技の様子



図 2-2 使用した卓球用ラケットと砂袋 (153g)

被験者はアイマスクで視覚を遮断した状態で、座位姿勢をとり、利き腕の肘関節付近を台座に乗せ、試技を行った(図2-1)。試技は、肘関節を完全に伸展した状態を0度とし、初期角度0度(伸展位)および120度(屈曲位)のそれぞれの状態から教示された関節角度を再現するものとした。教示する関節角度は30度、60度、90度の3種類とし、各角度5回ずつ計15回をランダムな順番に提示した。また試技は、1)卓球のラケット(153g)を把握した状態、2)ラケットと同じ重さの砂袋を把握した状態(図2-2)、3)何も把握していない状態の3条件下でそれぞれ行った。

肘関節角度は、肩峰-上腕骨外側上顆-橈骨茎状突

起を結ぶ線分上にゴニオメーター(DKH社製、SG110)を配置し、サンプリング周波数1000Hzで測定した。また、試技の様子はビデオカメラを用いて撮影した。

動作の再現性を表すために、測定した各試技の肘関節角度の標準偏差を平均値で除することで、変動係数を算出した。肘関節角度と変動係数を変数とし、教示した関節角度3種類(30度・60度・90度)と2種類の動作(初期角度0度からの伸展・120度からの屈曲)のそれぞれ結果について、被験者2群(競技者・非競技者)、把握物3条件(ラケット・砂袋・なし)を要因とした分散分析を行った。有意水準は5%とした。

2 実験2概要

ラケット競技者および非競技者の上肢関節角度再現と筋活動との関係を調査するために実験を行った。男性大学卓球競技者1名と一般大学生1名が被験者として参加した。

実験1と同様の環境で、被験者は卓球のラケット(153g)を把握し、肘関節を伸展した状態から、教示された関節角度を再現する試技を行った。教示する関節角度は30度、60度、90度の3種類とし、それぞれの角度5回ずつ、計15回をランダムな順番に提示した。

試技中の肘関節角度をゴニオメーター(DKH社製、SG110)で、上腕二頭筋および上腕三頭筋の筋電位をそれぞれ筋電図センサ(S&ME社製、DL-142)で検知し、データロガー(S&ME社製、DL-2000)を用いてサンプリング周波数1000Hzで記録した。また、試技の様子はビデオカメラを用いて撮影した。

測定した筋電位データに、5Hzから400Hz間を透過帯域としたバンドパスフィルタを施した後、全波整流を行った。さらにカットオフ周波数3Hzのローパスフィルタを通し、包絡線を描くことで筋活動の大小を表すようにした。

【結果および考察】

1 肘関節角度の位置覚評価に関する結果および考察

ラケット競技者が行った15回の試技の関節角度結果の例を図3-1に示した。同様に非競技者の例を、図3-2に示した。

教示角度90度の課題では、非競技者の方が競技者よりも有意に大きく、目標角度に近かった(図3-3および図3-4)。ただし、初期角度120度からの伸展試技は全般的に初期角度の誤差が大きく、結果、特に60度や90度試技の確度が低かった(図3-4)。また、初期角度120度から30度へ伸展する試技では、競技者の変動係数が有意に大きかった(図3-5)。これら以外の試技で

は、関節角度・変動係数ともに被験者群間に有意な差は認められなかった。また、いずれの試技においても、把握物による関節角度・変動係数の有意な差は認められなかった。

実験1から得られた結果からは、ラケット競技者の上肢位置覚の優位性は観察されなかった。競技者の運動感覚が優れている (Euzet & Gahery 1998, 速水ら 2009) という仮説をもとに研究を行ったが、実験1の設定のような静的な条件下では、その位置覚は一般の大学生と比較して差はみられなかった。したがって、スポーツで発揮されるような運動感覚の評価法として妥当ではなかったと考えられる。高い移動速度を伴う運動や急激な加減速による位置調整といった能力は、その定量的な評価が比較的困難であるが、スポーツ競技への応用を考慮すると、今後、静的な位置覚と区別して評価されることが望まれる。

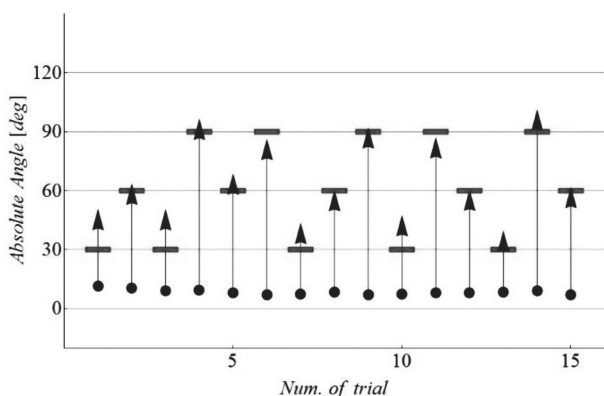


図 3-1 卓球競技者がラケットを把握して行った肘関節屈曲試技の結果の例。図中、短横太線が教示角度を、矢印が関節角度の変化を表す。

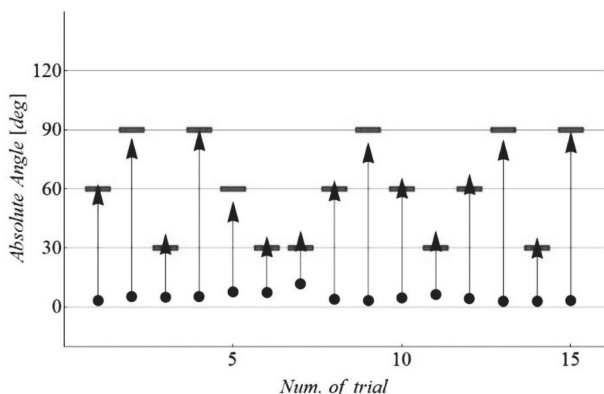


図 3-2 非競技者がラケットを把握して行った肘関節屈曲試技の結果の例。図中、短横太線が教示角度を、矢印が関節角度の変化を表す。

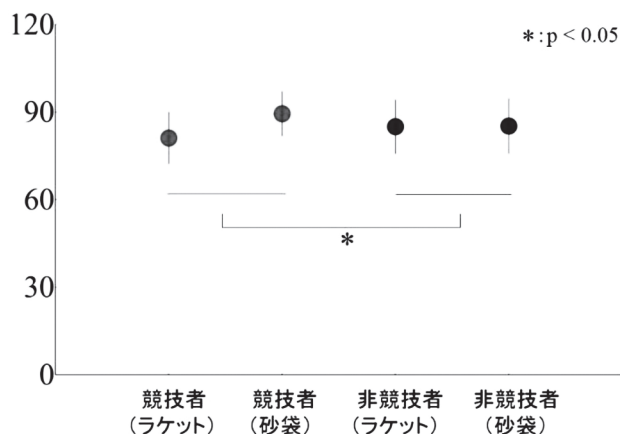


図 3-3 初期肘関節角度0度から教示角度90度への屈曲試技における被験者群・把握物別の肘関節角度

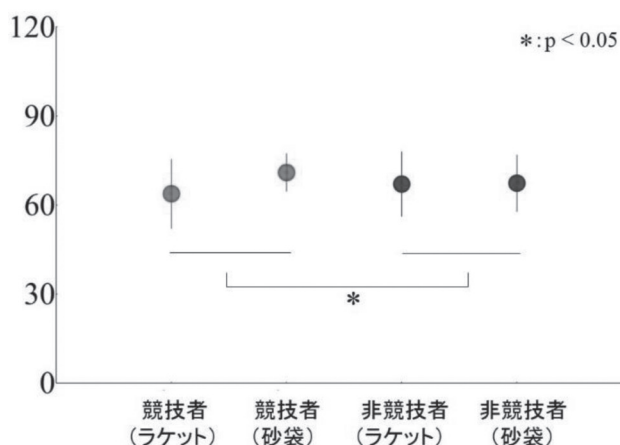


図 3-4 初期肘関節角度120度から教示角度90度への伸展試技における被験者群・把握物別の肘関節角度

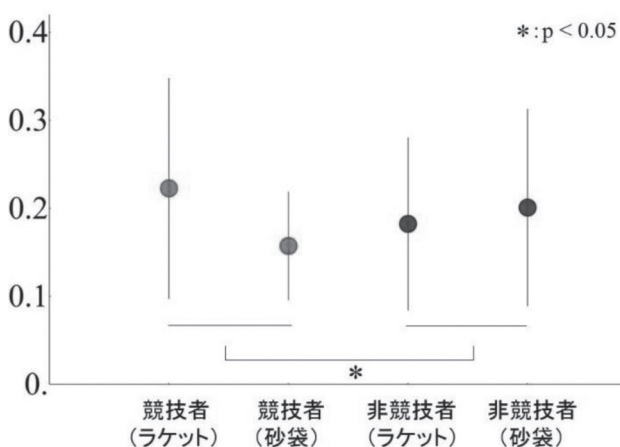


図 3-5 初期肘関節角度120度から教示角度30度への伸展試技における被験者群・把握物別の関節角度変動係数

2 肘関節角度調整と筋活動との調査に関する結果および考察

ラケット競技者による15回の肘関節屈曲試技の関節角度変化および上腕二頭筋と上腕三頭筋の筋活動の様子を図3-7に示した。同様に非競技者による結果を図3-6に示した。

肘関節が屈曲し始める直前に、主動筋である上腕二頭筋の筋電位が急激に上昇する。極大値をとった後減少し、出力を抑えることで教示された関節角度への調整を行っている様子が、いずれの被験者においても観察された。この間、拮抗筋である上腕三頭筋の活動はほとんど見られず、関節角度調整には影響していないものと考えられた。また教示された関節角度を保持するために、活動しているのも上腕二頭筋であり、この様子はその関節角度によって異なっていた。関節角度90度の際には、実験の設定上、前腕長軸が鉛直方向とほぼ一致することになる。このとき、前腕および手掌部の重量を筋で支える必要がなくなるため、上腕二頭筋の筋活動は小さくなるのに対し、30度および60度を保持している際には、ある

程度の筋活動を維持していることが観察できる。いずれも両被験者に共通して見られ、この挙動もまたラケット競技歴の有無によらないものと考えられた。

実験1で得られた結果のように運動実行の結果が同様であっても、それを実現するプロセスが筋活動レベルで異なることが期待されたが、実験2においても競技者と非競技者との間に明確な差を見出すに至っていない。スポーツ選手と一般成人との比較では、筋出力の増減を含んだ課題設定が必要という報告があり(速水ら2009)、実験2における設定はこれに該当するものの、両者の差を明確にするためには競技で用いられる運動に近い、よりダイナミックな運動課題による再調査・再検討が必要であるものと考えられた。また運動感覚に関する研究では、近赤外分光法などによる脳活動レベルでの調査も見受けられる(内藤ら2008, 嶋田ら2005, 下永田ら2010)。運動の知覚と運動の実行に関わる脳部位には共通の領域が多くあることが分かっている一方で、パフォーマンスレベルでは、両者の機能については関連付けられていない部分が多いものの(金子2007)、今後調査を継続する上で重要な視点となるものと考えられる。

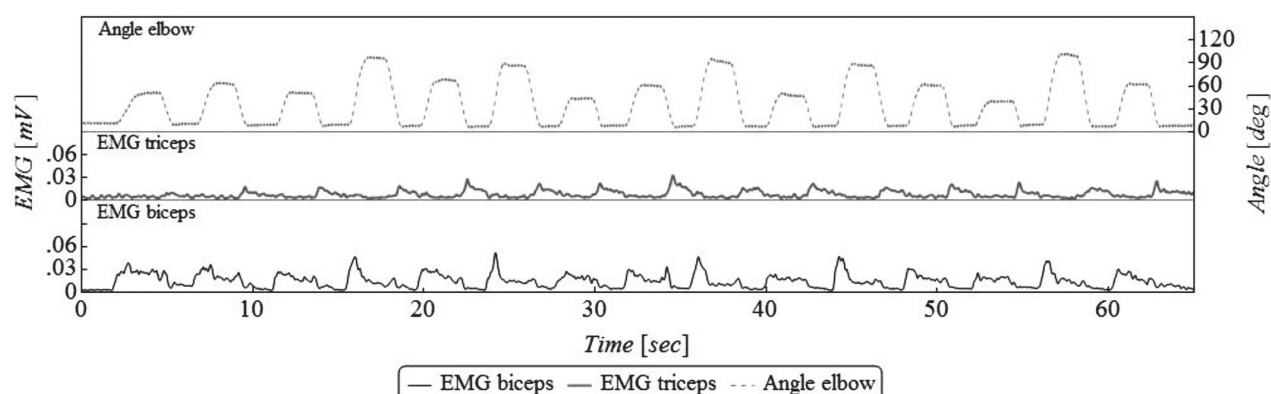


図3-7 卓球競技者による肘関節屈曲試技(初期角度0度から30度、60度、90度、計15試技)における関節角度変化(上段)と、包絡線で表した上腕三頭筋(中段)および上腕二頭筋(下段)の筋活動の様子

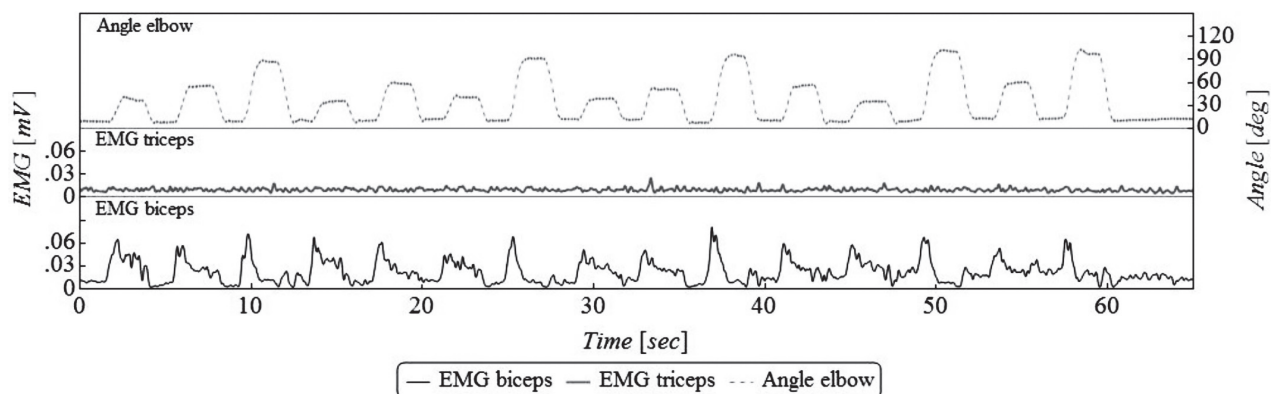


図3-6 非競技者による肘関節屈曲試技(初期角度0度から30度、60度、90度、計15試技)における関節角度変化(上段)と、包絡線で表した上腕三頭筋(中段)および上腕二頭筋(下段)の筋活動の様子

【まとめ】

本研究課題は、アスリートの優れた運動感覚を位置覚によって評価し、その優位性を明らかにすることを目的に行われた。卓球競技者を対象に行われた実験ではその優位性は確認されず、静的な位置覚による評価はアスリートの優れた運動感覚を表現するには不適であるものと考えられた。その様子は筋活動レベルでの観察でも同様であり、今後、動的な運動感覚評価や脳活動レベルの調査が必要になるものと考えられた。

【付記】

本報告は、第 67 回日本体力医学会（2012 年、岐阜）にて発表された「卓球競技者による上肢の位置覚とラケットによる特異性」の内容に、追加された実験結果を加えたものである。

【参考文献】

Euzet JP, Gahery Y (1998) Position sense in adolescents. Comparison with adults and sports-trained subjects. *Journal of Human Movement studies*. 35: 51-71.

Gandevia SC (1985) Illusory movements produced by electrical stimulation of low-threshold muscle afferents from the hand. *Brain*. 108: 965-81.

速水達也, 金子文成, 木塚朝博 (2009) 能動的知覚に応じて出力する運動課題実施成績の評価指標に関する研究 - 反復練習効果の検出から -. *理学療法学*. 36: 130.

金子文成 (2007) 運動感覚機能の向上は運動機能の向上に結びつくか. *バイオメカニズム学会誌*. 31 (4) : 196-200.

内藤幾愛, 大西秀明, 古沢アドリアネ明美 (2008) 単純動作と複雑動作時における脳活動の比較: 近赤外分光法 (NIRS) による検討. *理学療法学*. 35 (2) : 50-55.

Proske U, Gandevia SC (2009) The kinaesthetic senses. *J Physiol*. 587:4139-46.

嶋田総太郎, 開一夫 (2005) 自己身体認識における視覚と体性感覚の時間的整合性について: NIRS による脳活動計測. *電子情報通信学会技術研究報告 .NC, ニューロコンピューティング*. 105 (341) : 33-38.

下永田修二, 小泉佳右 (2010) ジャグリング運動中の前頭部における酸素動態の解析. *第 23 回日本トレーニング科学大会抄録集*: 57.