

〈2014年度大学院スポーツ健康科学研究科博士論文要約〉

Summaries of Doctor's Theses Completed in 2014

日本人サッカーレフェリーの有酸素能力と活動プロファイルの関係

Relationship between aerobic fitness and match activity profiles of Japanese soccer referees

石原 美彦

論文指導教員 内藤 久士 教授

サッカーレフェリーに関する先行研究では、有酸素能力と試合中の総移動距離に関連性があることが示されているが、有酸素能力とレフェリーの重要なパフォーマンスの指標とされている高強度ランニング (15 km/h 以上) やファウルからの距離との関連性は不明である。また、従来の測定法よりも精度の高い global positioning system (GPS) 法を用いた研究は極めて少なく、研究室における最大下のトレッドミルテスト、ビデオ分析および GPS 法を駆使してサッカーレフェリーを総合的に評価した研究はない。そこで本研究は、トレッドミルテスト、ビデオ分析および GPS 法を組み合わせ、サッカーレフェリーの有酸素能力と試合中の活動プロファイルとの関係を明らかにすることを目的とした。

【方法】

14人の日本人男性レフェリー (26±3 歳) は 乳酸閾値 (Lactate Threshold: LT, 血中乳酸濃度が 2 mmol/L), 血中乳酸蓄積開始地点 (onset of blood lactate accumulation; OBLA, 4 mmol/L) および推定最大酸素摂取量 (estimated maximal oxygen uptake; $VO_2\max$) を測定するために、最大下の漸増負荷トレッドミルテストを実施した。活動プロファイルのうち、移動距離と速度は 15 Hz の小型 GPS センサーを用いて計測した。ファウルからの距離はビデオカメラを用いて分析した。なお、高強度ランニングの定義は

Krustrup et al. (2001, 2009) に従い、15 km/h 以上とした。

【結果】

総移動距離は 11.3 ± 0.6 km であり、そのうちの 1.9 ± 0.4 km を高強度ランニング (≥ 15 km/h) で移動していた。ファウルからの距離の平均は 14.4 ± 1.0 m であった。OBLA 時の走速度は 14.5 ± 1.0 (12.6–16.3 km/h) であり、 $VO_2\max$ は 57.5 ± 5.5 ml/kg/min であった。OBLA 時の走速度と高強度ランニングでの移動距離 ($r=0.77$; $p<0.05$) およびファウルからの距離 ($r=-0.62$; $p<0.05$) との間に有意な関連性が見られた。しかしながら、 $VO_2\max$ はそれらの変数と統計的な関連性が見られなかった ($p>0.05$)。

【考察】

本研究のレフェリーの活動プロファイルは、先行研究で報告されている欧州トップリーグのエリートレフェリーと同様であった。本研究の結果から、OBLA 時の走速度が高いレフェリーは、より高強度で走ることができ、またファウルにより近づいて判定していることから、OBLA の評価はサッカーレフェリーの体力評価や、プレーの近くで判定する能力を予測できる有効な手段であることが示唆された。結論として、OBLA は、高強度での移動ができる、またファウルを近くで判定できるレフェリーの体力を評価する指標として適している。

青年期における Empathizing-Systemizing 認知スタイルと マインド・リーディングの関連

Relationship between Empathizing-Systemizing Cognitive Styles and Mind Reading among Japanese Adolescents

川田裕次郎

論文指導教員 広沢 正孝 教授

【問題と目的】

マインド・リーディングとは、他者の心理的状态を理解する能力である。自閉スペクトラム症のような発達障害をもつ者においてはマインド・リーディングが発達しにくいことが知られている。同様に、健常な者においてもマインド・リーディングには一定の個人差が存在し、この個人差が人間関係において誤解を生じさせる要因となっている。マインド・リーディングの発達については、これまで環境要因（親の養育態度など）と生得的な要因（性差など）の関与が報告されている。環境要因の関与については、心理学や教育学において研究が行われてきているものの、生得的な要因の関与についての研究は十分に行われていない。Empathizing and Systemizing 理論（E-S 理論）は、empathizing（他者の気持ちや心理状態に興味を示す認知スタイル）と systemizing（モノや構造に興味を示す認知スタイル）という生得的な影響を色濃く受けた2つの認知スタイルの相対的なバランスが種々の能力の発達に影響を及ぼすことを説明する理論である。これまでに、E-S 理論は、男女の心理的発達差の理解、学問の志向性（人文科学または自然科学）の理解、自閉スペクトラム症の理解などに役立てられてきた。しかしながら、E-S 理論がマインド・リーディングの個人差を理解するために応用できるか否かは未だ検討されていない。そこで、本研究は、日本人の青年を対象に E-S 理論がマインド・リーディングの個人差を説明するか否かを検証することを目的とした。

【方法】

調査対象者は、日本人大学生240人（平均年齢=20.58, 標準偏差=0.51）であった。日本語版 empathizing 指数（Empathizing Quotient）、日本語版 systemizing 指数（Systemizing Quotient）、日本語版 Reading the Mind in the Eyes Test を使用して調査を行った。分析は、empathizing 得点と systemizing 得点、マインド・リーディング得点のピアソンの積率相関係数を算出した。次に、empathizing と systemizing の相対的な差を示す D 得点と empathizing と systemizing のコンビネーションを示す C 得点とマインド・リーディング得点のピアソンの積率相関係数を算出した。統計的な有意水準は5%に設定した。

【結果と考察】

分析の結果、systemizing ではなく empathizing がマインド・リーディングと関連を示した ($r = .31, p < .001$)。また、empathizing と systemizing のコンビネーションではなく empathizing と systemizing の相対的な差がマインド・リーディングと関連することが確認された ($r = -.35, p < .001$)。

【結論】

本研究の結果から、empathizing と systemizing の相対的な差がマインド・リーディングと関連することが確認され、日本人青年において E-S 理論がマインド・リーディングの個人差を説明する可能性が示された。

筋線維組成が最大走運動中の筋酸素化に及ぼす影響

Influence of Muscle Fiber Composition on Muscle Oxygenation
During Maximal Running

北田 友治

論文指導教員 内藤 久士 教授

【背景】近赤外線分光法 (NIRS) は、微小循環系における酸素化 (Oxy) および脱酸素化 (Deoxy) ヘモグロビン・ミオグロビン (Hb/Mb) を非侵襲的に測定できる方法として知られており、局所組織内の酸素動態を評価するために用いられている。その中でも、Oxy-Hb/Mb の程度 (筋酸素化レベル) は、血流量の影響を受け、高強度運動時のような酸素供給が酸素消費に追いつかない状態となれば、減少する。

ところで、遅筋線維が速筋線維と比べて、酸素供給能に優れている特徴を持つことから、酸素供給がより増すことで、筋酸素化レベルの減少が抑えられるとすれば、筋酸素化レベルは筋線維組成の影響を受けていることが予想される。しかしながら、両者の関係は、未だほとんど明らかとなっていない。

もし、外側広筋における酸素化レベルと、それにおける筋線維組成との間に有意な関連が認められた場合、非侵襲的に競技種目適性を評価できる新たな方法の確立に繋がるであろう。

【目的】本研究の目的は、最大走運動中における筋酸素化レベルと筋線維組成との関係を明らかにすることであった。

【方法】8名の男性ランナー ($\dot{V}O_{2max}$: $60.9 \pm 4.6 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) は、トレッドミル上において、漸増走テストを実施した。外側広筋における酸素化レベルは、テスト中、携

帯型 NIRS を用いて測定され、その後、被験者間での比較が行えるよう、各被験者の皮下脂肪厚によって補正することで、定量化された。筋線維組成は、筋酸素化レベルを測定した部位と同一の部位から、別日に筋サンプルを採取することによって決定され、slow-oxidative (type I) 線維、fast-oxidative (type II a) 線維および fast-glycolytic (type II b) 線維に分類された。なお、type I および type II a 線維の合計は、oxidative muscle fibers と定義された。

【結果】筋酸素化レベルは、全ての被験者において、疲労困憊時に最少となった。Type I 線維 ($r=0.755$, $p<0.05$) または oxidative muscle fibers ($r=0.944$, $p<0.01$) の割合と、疲労困憊時の筋酸素化レベルとの間には、有意な正の相関関係が認められた。なお、最大走運動中における筋酸素化レベル (Y) から求められる type I 線維 (X_1) および oxidative muscle fibers (X_2) は、それぞれ、 $Y = 0.0074X_1 - 0.66$ ($R^2 = 0.57$) および $Y = 0.0131X_2 - 1.46$ ($R^2 = 0.89$) の式で表された。

【結論】我々は、酸素供給能に優れた筋線維の割合を多く有する者ほど、最大走運動中において、筋酸素化レベルを高く維持した結果から、最大走運動中における筋酸素化レベルから筋線維組成を推定できる可能性がある、と結論付ける。また、この知見は、非侵襲的に競技種目適性を評価できる新たな方法の確立に繋がったものと思われる。

非肥満者における運動耐容能と内臓脂肪面積蓄積との関連

Low level Exercise Tolerance Patients have an Increased Visceral Fat Area
in Non-Obese Japanese Males.

塩谷 みき

論文指導教員 河合 祥雄 教授

【目的】

欧米の糖尿病や心血管系イベントを発症する患者では肥満 (BMI 25 Kg/m² 以上) が多いのに対し, 日本人を含むアジア人の糖尿病患者や動脈硬化症患者の多くは BMI 23 kg/m² と正常レベルであること, 心血管系イベントによる死亡は非肥満患者が全体の約80%を占めている事が明らかにされている. 日本人などの東洋人の非肥満者における糖尿病や動脈硬化の病態生理には未だ不明な点が残されており, 非肥満者における運動耐容能とインスリン抵抗性や糖尿病, 動脈硬化との病態の関連を明らかにする必要がある.

【目的】

非肥満者を含む日本人成人男性において, 内臓脂肪面積を含むメタボリックシンドローム (MetS) 関連因子と運動耐容能との関連を検討した.

【方法】

2009年11月から2011年8月までに, 研究参加に同意の得られた35歳以上50歳未満の非糖尿病の成人男性90人を対象とした. 内訳は, 非肥満者74例, 肥満者 (BMI 25 Kg/m² 以上) 16例である. 一次スクリーニングにより, BMI 25 Kg/m² 未満の非肥満者74例より BMI 21.0~22.9 kg/m² かつメタボリックシンドロームの構成因子 (空腹時血糖値高値, 脂質代謝異常, 血圧値異常) を持たない例を I 群 (19例) として分け, 残り BMI 23.0~24.9 kg/m² の55例をメタボリックシンドロームの構成因子数により, BMI 23.0~24.9 kg/m² かつ構成因子を有さない19例を II 群, BMI 23.0~24.9 kg/m² かつ構成因子 1 個を有する23例を III 群, BMI 23.0~24.9 kg/m² かつ構成因子 2 個を有する13例を IV 群とした. 肥満 (BMI 25~27.5 kg/m²) のメタボリックシンドローム症例の16例は陽性対照の V 群とした. 身体計測, 早朝空腹時採血, 磁気共鳴画像による内臓脂肪面積

の定量, および心肺運動負荷試験を行い, 比較検討した.

【結果】

平均年齢は43.0±4.0歳で群間での有意差を認めなかった. BMI, 腹囲, 血圧, 空腹時血糖値, LDL コレステロール, 中性脂肪, 内臓脂肪面積, 最大負荷時血圧および運動耐容能は, 5群間において有意差を認めた. 非肥満者74名において, 内臓脂肪面積は, 運動耐容能と有意な負の相関を示し ($r = -0.37, p < 0.01$), ロジスティック回帰分析では運動耐容能の有意な規定因子であった ($p < 0.05$).

【考察】

メタボリックシンドロームの基準を満たさない非肥満者 III 群, IV 群においても運動耐容能が低いことが認められた. 運動耐容能は内臓脂肪面積と有意な負の相関があり, メタボリックシンドロームの基準である腹囲85 cm 以下でも, 内臓脂肪増加にともない運動耐容能は低下すると考えられる. 内臓脂肪からは, TNF- α や遊離脂肪酸 (FFA) の分泌が増加し, インスリン抵抗性が惹起されることにより, 動脈硬化の進展を引き起こすとされる血管内皮機能障害が進行する. TNF- α や IL-6 は, 骨格筋や肝臓におけるインスリン抵抗性をもたらし, 更にインスリン抵抗性を引き起こす異所性脂肪をも蓄積させる. 逆に最高酸素摂取量が高いことは, 内臓脂肪蓄積やメタボリックシンドローム進展に対して抑制的に作用する. このことから, メタボリックシンドロームを発症していない II 群, III 群でも積極的な介入が有効と考えられる.

【結論】

メタボリックシンドロームの基準を満たさない非肥満者においても, 運動耐容能低下と内臓脂肪面積蓄積との関連が示された.

主観的健康観が健康行動に及ぼす影響

A study on subjective definitions of health; How does it affect health behavior?

鈴木美奈子

論文指導教員 広沢 正孝 教授

【目的】

主観的健康観が、健康行動や様々な健康要因とどのように関連しているのかを検討すること。また、主観的健康観を把握すると共に、健康支援・健康教育の場で、評価指標として活用することの意義を見出すことを目的とした。

また、副目的として、①主観的健康観と HLC との関係について明らかにすること、②予防的健康行動（特定健診受診票）及び健康状態（健診結果）との関連について明らかにすること、の二つを掲げ、研究を行った。

【方法】

①調査対象は、スポーツ健康科学系 A 大学 1 年生であり、275 名（男性：212 名、女性 63 名）の調査票に対する有効回答（97.9%）をもとに、主観的健康観をカテゴリカル主成分分析し、さらに主観的健康観と HLC 得点との Spearman の順位相関係数を算出して分析した。また、同様に、HLC の 14 項目と主観的健康観の 14 項目との比較も行った。

②高齢者医療確保法に基づく特定健診を受診した千葉県 S 町の住民 1227 名からの自記式調査票に対する有効回答（22.8%）及び、その健診結果をもとに、主観的健康観をカテゴリカル主成分分析した。さらに主観的健康観と特定健診受診票及び健康診査結果について、二項ロジスティック回帰分析（尤度比による変数減少法）を実施し、分析・検討した。

【結果】

①主観的健康観は「心身とも健やかなこと」「心も身体も人間関係も健やかなこと」といった複合型のものが中心であり、大学生の特徴としては「幸福なこと」「前向きに生きること」があげられた。また、精神・社会的健康観を持

つ者ほど、総合的健康観が高くなる傾向が示された。

一方、HLC では内的統制傾向が強くみられた。主観的健康観の分類によって外的統制傾向と内的統制傾向の違いはみられなかったが、主観的健康観そのものが、内的統制と関連があることが明らかとなった。

②人々の主要な主観的健康観は「心身とも健やかなこと」であり、逆に「長生きできること」は少ないことが明らかになった。主成分分析では“健康観の幅が狭い”者は「身体的健康観」を持ち、“健康観の幅が広い”者は「精神的・社会的健康観」を持つことが示された。また、「身体が丈夫で元気がよく調子が良いこと」「快食・快眠・快便」といった“身体的健康観”の主要な変数を持つ者は「治療中の疾患」が少ないことが示された。さらに、「心身とも健やかなこと」「心も身体も人間関係も上手くいっていること」といった、重複型の主観的健康観を持っている者は、良い健康行動をとる傾向にあった。主観的健康観全般を通して、主観的幸福感との関連がみられた。

【考察】

主観的健康観は健康規範であり、健康行動に影響を与えるものであると示唆された。特に「精神・社会的健康観」のように、身体のみならず、健康を様々な視点から幅広く捉えるものの方が、健康行動や健康状態、主観的幸福感により影響を与えていた。そのため、健康教育や健康支援といったヘルスプロモーション活動の場において、主観的健康観の幅を広げるという方法も効果的であることが考えられた。

また、本研究により、主観的健康観を評価指標として活用することの意義が、ある程度見出せたと思われる。

全身持久力と糖尿病：日本人男子アスリートのコホート研究

Cardiorespiratory fitness and the incidence of type 2 diabetes:
a cohort study of Japanese male athletes

染谷 由希

論文指導教員 河合 祥雄 教授

現在までに、全身持久力を高めることは糖尿病の発症を予防し、日本人を対象とした調査でも、中高年期の全身持久力が低いことが糖尿病の発症要因であることが明らかにされている。また、アスリートを対象とした疫学研究において、長距離選手など持久系スポーツのアスリートは、その後の糖尿病発症が少なく、ウエイトリフティングなどパワー系スポーツの選手では糖尿病発症が多いと報告されている。しかし、これらアスリートを対象とした疫学研究は、スポーツ種目で比較したのみであり、実際に全身持久力を測定したものはない。また、対象者はヨーロッパ人や欧米人のみであり、アジア人アスリートでの報告はない。本研究では、一般的に糖尿病の発症要因のひとつである肥満者が少ないアジア人アスリートを対象とし、全身持久力と糖尿病発症リスクとの関連を明らかにすることを目的とした。

2007年から2009年に、順天堂大学体育学部を卒業した男子卒業生3,536名に郵送法によりアンケート調査を行った。調査は、医師に診断された糖尿病の有無と診断年齢を自己記入式でおこなった。対象者が在学中に測定した1,500 m 走の記録を全身持久力の指標とし、大学卒業年より糖尿病の発症または、アンケート調査までを観察期間とするコホート研究にて検討した。解析は、対象者を在学中

の全身持久力で3分位に分類し、Coxの比例ハザードモデルを用いておこなった。

1,356名の回答者のうち、1,500 m 走の記録が確認された570名を解析対象とした。観察期間は26年 (Interquartile Range: IQR : 23-29年)、調査時の年齢は49歳 (IQR : 45-52歳)であった。観察期間中に22名が糖尿病を発症していた。糖尿病の発症と全身持久力には負の相関がみられ、Low群で累積罹患率が最も増加していた。年齢調整ハザード比は、全身持久力が高まるにつれて漸次低下した (トレンド検定 $p = 0.01$)。年齢、卒業年、Body mass index、喫煙、部活動の有無を調整した多変量調整ハザード比でも、Low群 : 1.00, Medium : 0.40 (0.12-1.13), High群 : 0.26 (0.07-1.00) (トレンド検定 $p = 0.03$) であり、学生時代の全身持久力が高いと糖尿病の発症リスクが低下する結果を示した。

これらの結果は、中高年期を含めて、全身持久力が低いと糖尿病のリスクが高くなる先行研究と一致し、一般人よりも全身持久力が高いと考えられるアスリートにおいても、全身持久力をより高めておくことが糖尿病の発症を予防する可能性を示唆する。また、青年期より全身持久力をより高めておくことも糖尿病の発症を予防することを示唆することが明らかにされた。

電気刺激と血流制限の組み合わせが筋サイズと筋力に与える影響

Effects of electrostimulation with blood flow restriction on muscle size and strength

棗 寿喜

論文指導教員 内藤 久士 教授

【目的】

低強度の運動でも血流制限と組み合わせることによって筋肥大および筋力増加を引き起こすことが可能である。しかしながら、そのような筋肥大や筋力増加が、受動的な低強度の筋電気刺激と血流制限を組み合わせることにより生じるか否かは明らかでない。本研究では、低強度の筋電気刺激と血流制限の組み合わせが、筋肥大および筋力増加を導くか明らかにすることを目的とした。

【方法】

運動習慣のない若年男性8名(年齢 26.2 ± 0.7 歳, 身長 1.74 ± 0.02 m, 体重 71.4 ± 4.8 kg)を対象とした。一方の脚を筋電気刺激のみを実施する条件(NMES-CON), 他方の脚を筋電気刺激と血流制限を組み合わせる条件(NMES-BFR)に無作為に振り分けた。筋電気刺激装置を用いて、膝関節角度を75度に固定した状態で、脚伸展筋力が等尺性最大筋力の5-10%になるように大腿四頭筋を刺激した。この筋電気刺激によるトレーニングは、1セッションあたり23分間、1日2回、週5日の頻度で2週間実施し、その後2週間のディトレーニング期間を設けた。筋電気刺激に組み合わせた血流制限は105 mm幅のナイロン製のカフを大腿基部に装着し、1分の休息を挟み5分×4回実施した。大腿部の血流を制限するために加える圧は事前に測定した大腿部周径囲により決定した。大腿四頭筋の筋厚と等尺性および等速性最大筋力(90 deg/s, 180 deg/s)は、トレーニングとディトレーニング期間を通して毎週計

測した。また、トレーニング実施中の痛みと主観的運動強度を評価するために、毎回のトレーニングセッション終了後にcategory ratio 10 (CR10) とrating perceived exhaustion (RPE)を用いて確認した。

【結果】

NMES-BFR条件において、筋厚、等尺性および等速性最大筋力はいずれも2週間のトレーニング後に増加(筋厚: +3.9%, 等尺性最大筋力; +14.2%, 等速性最大筋力90 deg/s; +7.0%, 180 deg/s; +8.3%)した。2週間のディトレーニング後には、筋厚および等尺性最大筋力は低下(筋厚: -3.0%, 等尺性最大筋力-6.8%)したが、等速性最大筋力には大きな低下は認められなかった(90 deg/s; -1.9%, 180 deg/s; -0.6%)。一方、NMES-CON条件では、2週間のトレーニング後に等尺性最大筋力にわずかな増加(+3.5%)がみられたことを除き、実験期間を通じて大きな変化は認められなかった。

RPEとCR10の値は、NMES-BFR条件がNMES-CON条件より高値を示したが、それらの値は両条件ともにトレーニングを重ねるにつれて低下した。

【結論】

本研究では、低強度の筋電気刺激に血流制限を組み合わせることによって筋厚と等尺性および等速性筋力が増加することが確認された。運動習慣のない若年男性において、低強度の電気刺激と血流制限の組み合わせは筋肥大および筋力増加を引き起こす。

インスリン抵抗性を有するスポーツ選手における高炭水化物食摂取後の血液性状変化

Change of blood characteristics after intake of high carbohydrate meals
in sports athletes with insulin resistance

長谷川智美

論文指導教員 内藤 久士 教授

【目的】

定期的な運動は肥満などのインスリン抵抗性に対する予防に効果的であることが知られている。スポーツ選手は、同年代の一般人と比べてインスリン抵抗性になりにくいと考えられている。

一方で、体重が重いことがパフォーマンスに貢献する競技種目の選手の中にはインスリン抵抗性などに罹患する可能性が高いと報告がされている。

これまでにスポーツ選手に対して75 gブドウ糖負荷試験(OGTT)を実施した先行研究は見受けられるが、インスリン抵抗性を有するスポーツ選手の糖代謝を検討した研究はほとんどない。さらに、インスリン抵抗性を有するスポーツ選手を対象に高炭水化物食を摂取した時のエネルギー代謝や血液性状がどのような変化があるか調べた先行研究は見当たらない。

そこで、インスリン抵抗性を有する大学男子投擲のスポーツ選手を対象に、高炭水化物食を摂取した時の血液性状の変化を調べることを目的とした。

【方法】

被験者は、大学陸上部投擲ブロックに所属する男性選手10名を対象とした。インスリン抵抗性は、空腹時血中インスリンおよび血糖値からHOMA-Rを算出し、2.5を上回る群を高HOMA-R群とし、それ以下を低HOMA-R群と分類した。

糖代謝の状態を把握する為に75 gOGTTを実施した。測定スケジュールは前日の夕食からコントロールし、当日の朝に空腹状態で採血した後、75 gブドウ糖摂取後30分、60分、120分の計4回採血を実施した。

食事摂取後の変化を調べる測定では、75 gOGTTと同様に実施し、食事摂取前と摂取後30分、60分、120分、180

分の計5回採血を実施した。食事内容は、炭水化物の必要量として体重1 kg当たり5 g以上を満たした食事内容とした。

食事摂取後のエネルギー代謝は、呼気ガス分析器を用いて空腹時と摂取後150分の2回測定した。食後のエネルギー代謝と血液性状の関連性を検討するために、摂取後120分と180分の血液性状の値を平均し、その値を各被験者の食後のエネルギー代謝の代表値として用いた。

【結果】

被験者10名のうち、3名が高HOMA-R群、それ以外の7名が低HOMA-R群であった。

75 gOGTTでは、正常範囲内を変動し、2群間には有意な差はなかった。一方、食事では、時間経過に伴う血液性状の変化は2群間に有意な差は認められなかった。しかし、中性脂肪は高HOMA-R群において時間経過に伴い上昇する傾向が示された。

空腹時と食後150分における2群間の違いに関しては、血中グルコースは、食後150分到高HOMA-R群の方が有意に高値を示した($p < 0.05$)。血中インスリンは、空腹時および食後150分が高HOMA-R群の方が有意に高値を示した($p < 0.05$, $p < 0.001$)。呼吸商は、空腹時において高HOMA-R群が低HOMA-R群よりも有意に高値を示した($p < 0.05$)、食後150分経過していても高HOMA-R群では空腹時と同レベルの値であった。

【考察】

インスリン抵抗性を有するスポーツ選手では、食事摂取後に代償的な高インスリン状態となり、脂質代謝の利用が低下することが示唆された。各選手自身の糖代謝の状態を把握することも重要である。

トレーニング量（セット数）が若年男性の筋力及び筋肥大に及ぼす影響

Effects of Training Volume on Strength and Hypertrophy in Young Men

ヘイキ・ソーネステ

論文指導教員 形本 静夫 教授

【目的・背景】筋力トレーニングは筋出力を高め、健康の増進に役立つ。筋力トレーニングにより筋力増加や筋肥大を引き出すためには、トレーニングの強度や頻度ならびにトレーニング量（セット数）が適切にコントロールされる必要がある。DeLorme（1945）とDeLorme及びWatkins（1948）によって、初めて筋力トレーニングの要素として(i)強度、(ii)頻度および(iii)セット数が紹介されて以来、強度および頻度についてはこれまでに多くの研究がなされ、推奨値に関してほぼ一致した見解が得られている（Fleck and Kraemer, 1987; Pollock et al, 1993）。

一方、セット数については、Rheaら（2003）のメタ分析やKrieger（2009）のメタ回帰によって、セット数がそれぞれ4セットあるいは2~3セットのとき、筋力増加が最大になることが報告されている。しかし、その一方、非鍛錬者の場合、トレーニング初期（3ヶ月未満）における筋力増加には、1セットと複数セット数との間で差がなかったとする報告も多く（Wolfeら2004；Frohlichら2010；Garberら2011）、一致した見解は得られていない（Galvao and Taafee, 2004）。

また、もしより少ないセット数で、複数セット数によるトレーニングの場合と同様な筋力増加が得られれば、非鍛錬者における怪我やオーバートレーニングの可能性を軽減させることができると考えられる。

本研究の目的は、筋肥大・筋力増強に最適なセット数の検討を行うことであった。トレーニング効果の現れやすい若年男性を用いてセット数の比較研究を行い、シングルセットと複数セット（3セット）によるトレーニング効果の違いを検討した。

【方法】筋力トレーニング経験のない8名の健康な男性を被験者とした。各被験者は無作為に割り当てた左右の腕のいずれかで1セット（1セット肢）、他方で3セット（3セット肢）の筋力トレーニングを行った。トレーニング種目は、ダンベルプリーチャーカール（肘屈曲運動）であった。トレーニングは、1RMの80%の負荷を用いて、週2回、12週間行った。トレーニング前後に、最大挙上重量（1RM）、筋横断面積測定を行い、筋肥大ならびに筋力増

強効果を評価した。

【結果】トレーニングによる1セット肢および3セット肢の1RMの増加率は、3セット肢（ $31.7 \pm 22.0\%$ ）の方が1セット肢（ $20.4 \pm 21.6\%$ ）より高い傾向にあったが、その差は統計的には有意ではなかった（ $p = 0.076$ ）。一方、MRIで測定した筋横断面積の増加率は、3セット肢（ $13.3 \pm 3.6\%$ ）の方が1セット肢（ $8.0 \pm 3.7\%$ ）よりも有意に高かった（ $p < 0.05$ ）。

【考察】非鍛錬者（トレーニング歴3ヶ月未満）において筋力増加には、1セットを行っても、複数セットを行っても筋力増加に差はないという研究報告の背景には、トレーニングの周期性有無やトレーニング器具、使用した筋、トレーニングの完了率、トレーニング効果のワッシュアウト期間などの違いに加え、トレーニングにおけるセット間の休息時間や強度ならびに頻度が異なっていたことが考えられる。これが研究間の結果を直接比較することを困難にしているものと思われる。本研究にはクロスオーバーデザインを採用することで個人差（遺伝的な違い、体調、栄養状態、睡眠、トレーニング方法など）をコントロールできたという強みがある。トレーニング初期においては神経的適応による筋力増強が中心的な役割をなすため、ホルモンによる影響については本研究では調べていないが、試行セット数の違いが筋力増加に有意な影響を与えなかったことを示した本研究の知見は、先行研究の結果を支持するものであった。筋横断面積の増加すなわち筋肥大に関しては、3セット肢の方が有意に高い値を示したことから、筋の形態的变化に関してはトレーニング量（セット数）の要素が強く関与することが示唆された。

【結論】非鍛錬者の筋力トレーニングにおけるトレーニング量（セット数）の違いは、トレーニング初期における筋力増加には影響を与えないが、形態的变化（筋肥大）に強く関与する。

キーワード：トレーニング量（セット数）、筋力トレーニング、筋肥大

柔道専門家による柔道競技力についての評価の方法 —日本におけるトップレベルの大学柔道コーチの提案

The method of expert evaluation of specific abilities to practice judo
—proposition of Japanese top level university judo coaches

前川 直也

論文指導教員 廣瀬 伸良 先任准教授

【研究目的】

研究Ⅰ：柔道選手の競技力を評価する際に、柔道専門家が指標とする観点を調査し、選手の競技力を評価する項目を明らかにする。

研究Ⅱ：研究Ⅰで得られた評価する項目の合計得点と実際の試合結果との相関関係を検証する。

【研究方法】

研究Ⅰ：日本傳講道館柔道四段以上の日常的に大学柔道選手を指導している柔道家7名により、柔道競技力を評価する諸要素として20項目を挙げた。平成23年度全国体育系大学学生柔道体重別選手権大会に出場した大学の指導者48名を対象に、競技力の評価する場合、20項目の各々の評価項目で「どの程度重要視するか」についての質問紙調査をおこなった。各項目において「最も重要視する」を10点満点とし、「最も重要視しない」を1点として回答させた。

研究Ⅱ：評価項目の検証法として、事前にコーチに選考試合の予想順位を各階級で決定、1週間後、選考試合に出場する全選手(152名)において各項目を採点し(5件法)、合計点数を算出、その後各階級において点数の高い選手順に順位づけを行った。スピアマンの順位相関係数を用いて算出した。採点者は、平成24年度全日本学生体重別選手権大会の地区予選出場選手を選考するための校内大会を実施した3大学の指導者3名とした。

【結果】

研究Ⅰ：Good-Poor分析を行った結果すべての項目で有意差が認められた。またI-T分析での相関係数は0.43~0.79であり、全項目が0.3ないし0.4以上という基準を満たしている。

48名のコーチに調査した結果を受け、柔道専門家7名で再度合議した結果、9項目が挙げられた。それらは、体力の充実(筋力・持久力・スピード)、メンタルの強さ(気が強い、粘り強い)、技のキレ、技の粘り、試合のうまさ、組み手の厳しさ、組み手のスタイル、受けの強さ、寝技の強さであった。

研究Ⅱ：9項目の総合点による降順の順位と実際の試合結果順位との相関をスピアマンの順位相関係数を用いて算出した結果、 $r=0.705$ ($p<0.001$)の有意な相関がみられた。さらに、予想順位と試合結果順位の相関が $r=0.807$ ($p<0.001$)、予想順位と9項目総合点順位の相関が $r=0.821$ ($p<0.001$)といずれも有意な相関がみられた。

【考察】

選定された9項目は、競技内容そのものに関する項目といえる。体力の充実、メンタルの強さ、組手の厳しさ、組手のスタイルは、先行研究で競技力に大きく関与するものとして指摘されている。技のキレ、技の粘り、試合のうまさ、受けの強さ、寝技の強さについては、世界大会の戦評等で全日本コーチが述べている中の頻度の高い内容である。本研究で、専門家の経験知を具体的に表現することができたものと考えられる。

コーチの予想順位と実際の試合順位の相関係数が高いことは、現場で指導するコーチの視点の正確性が高いことが示唆され、選手を的確に評価しているといえる。すなわち、調査協力を得たコーチは高い観察眼を有しているといえよう。コーチにはより多くの知識が必要であることはいうまでもないが、多くの経験知より選手の競技力を予測する視点もあわせて重要であることが窺えた。予想順位と総合点順位との相関関係が高いことは、コーチの選手の評価の安定性が高いことが示唆された。また、協力を得たコーチは、感覚による競技力評価と得点による競技力評価が合致したといえよう。さらに、総合点順位と試合結果順位との相関が高いことから、本研究で作成された評価項目は、競技力を表現しているものといえよう。

【結論】

研究Ⅰ：柔道選手の競技力を評価する項目として9項目が選定された。

研究Ⅱ：9項目総合点順位と試合結果順位に高い相関がみられ、柔道競技力を表す評価項目としての有用性が示唆された。

卓球におけるワールドクラス選手のサービスの回転数

The rotation speed of the service ball delivered by world-class table tennis players

順天堂大学スポーツ科学部協力研究員 吉田 和人
論文指導教員 内藤 久士 教授

卓球では、ボールの回転が球威の重要な要素の1つと考えられているにもかかわらず、「世界トップレベルの選手が、実際の国際大会でどの程度の回転のボールを打ち出しているか」については、ほとんど明らかにされていない。

そこで、本研究の目的は、世界卓球選手権大会の男女シングルの試合のサービスを対象に、世界トップレベルの卓球選手が打ち出すボールの回転数を明らかにすることとした。これにより、サービスの回転数の男女差や、サービスエース（サービスのみによる得点）の発生する回転数などについても検討した。また現在、競技現場で広く定着している「中国選手のサービスは回転数が大きく、威力がある」との理解について定量的検証による事実確認は未だなされていないため、サービスの回転数を中国選手と中国以外の選手の間で比較した。

撮影は、2009年に開催された世界卓球選手権横浜大会会場で行われた。撮影には、高速度ビデオカメラ（1000 fps）と標準速度ビデオカメラ（30 fps）を用いた。高速度ビデオカメラには、望遠レンズを取り付けてボールのマークを観察できるようにし、カメラに向かって構える側の選手のサービスを記録対象とした。標準速度ビデオカメラには、サーバーの特定やサービスエースかどうかの判別のための映像を記録した。分析対象は、男女準々決勝の8試合（男女各8名）において、高速度ビデオカメラと標準速度ビデオカメラの両方の映像が得られた355本のサービスとした。これは、男女準々決勝における今回の撮影対象サービス387本の91.7%であった。サービスの回転数については、高速度ビデオカメラの映像において、サーバーの打球からサーバーコートでの第1バウンドまでの間に、ボールのマークが1回転する間のフレーム数を計測することにより算出した。計測されたサービスの回転数について、男女間、国籍間（中国 vs. その他）などにおける2群間の平均値を比較した。また、10 rps 以上20 rps 未満、20 rps 以上30 rps 未満、30 rps 以上40 rps 未満、40 rps 以上50 rps 未満、50 rps 以上60 rps 未満、60 rps 以上70 rps 未満の6群に振り分け、各回転数群のサービス数を特定した。さらに、ボールの回転によるサービスエースについて、選手ごとに

回転数の分布を明らかにした。

329本のサービス（全分析対象の92.7%）の回転数を測定し、その範囲は13.7-62.5 rps であった。サービスの回転数の平均値±SD については、男子選手が46.0±9.0 rps、女子選手が39.2±9.3 rps であり、男子選手の方が女子選手と比べ有意に大きかった（ $p < 0.001$ ）。中国選手と中国以外の選手との比較では、男子のみで有意となり（ $p < 0.001$ ）、中国以外の選手のサービスの平均回転数の方が大きかった。サービスの回転数の最頻値は、男子選手では50 rps 以上60 rps 未満、女子選手では40 rps 以上50 rps 未満であり、これらのサービスの出現頻度は、男子選手で40.0%、女子選手で43.8%であった。また、男子選手においては40 rps 以上50 rps 未満においてもサービス頻度が高かった（39.5%）。選手ごとのサービスの回転数については男女共に、中央値、75パーセンタイル値、25パーセンタイル値、回転の範囲（最大値-最小値）が選手間で大きく異なった。ボールの回転によるサービスエースの総数は男子19本、女子13本であった。それらの回転数は男子選手で37.0-58.8 rps、女子選手で27.8-62.5 rps であった。

世界トップレベルの卓球の試合では、男女それぞれにサービスの出現頻度の高い回転域があり、選手にとってはそれらの回転域への対応が重要であると考えられた。ボールの回転によるサービスエースの回転数は比較的広範囲にわたっていた。このことなどから、卓球トップレベルの試合においてボールの回転によるサービスエースを獲得するためには、単に回転数の大きいサービスを打ち出すのではなく、対戦者にとって回転の判別が難しい打ち方などが重要であると示唆された。中国選手と中国以外の選手の間におけるサービスの回転数の比較から、中国選手への対策としては、「サービスの回転数が絶対的に大きいわけではない」という前提で、サービスにおける回転調節時の動作などに着目することが有効であると考えられた。

本研究の結果は、ボールの回転が重要とされている卓球の競技特性の解明に寄与するとともに、選手や指導者らにとって、強化指針の作成や実際の練習などにおける有益な情報となるであろう。