

空手道の稽古が免疫機能に与える影響

Effects of karatedo practice on immune function

阿部 絢子¹⁾ 赤間 高雄²⁾

Ayako ABE and Takao AKAMA

Abstract

In this study, we measured secretory immunoglobulin A (SIgA) levels in order to investigate the effect of karatedo practice on immune function.

Subjects were 7 trained karatedo students, 8 untrained karatedo students, and 5 karatedo instructors. Saliva was collected before (9:00) and after (17:30) practice. SIgA concentrations in saliva were measured by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). In addition heart rates were monitored during a karate practice.

Saliva flow rate did not change after practice in the trained group, but it decreased significantly in the untrained group. SIgA concentration did not differ after practice in the trained group or in the untrained group. SIgA secretion rate was unchanged after practice in the trained group, but decreased significantly in the untrained group. None of these parameters changed in the instructor group.

Heart rate showed that the karatedo practice consisted of intermittent moderate- and high-intensity exercise. The instructors performed low-intensity exercise. These results showed that immune function might be suppressed after karatedo practice in an untrained person.

keywords : karatedo, secretory immunoglobulin A, immune function

I. 緒 言

空手道は突き・蹴りを主体とした打撃系の武道であり、「基本」「型」「組手」から構成される。基本で空手道の動きを学び、型と組手に応用させる。組手は相手の身体に直接攻撃し、型は実践を想定して演じる。組手は相手の身体に自分の身体で攻撃し合うため、ケガをしてしまう可能性があり、普段営業などの仕事をしている会社員、女性、および高齢者にとってはリスクが多い。しかし、型であれば、誰にでもリスクなしに行うことができる。最近では、インターネットの普及により、ホームページで道場の紹介をするようになった。その為、今まで空手道という名前だけで敷居が高く感じられ入会しづらかったものが、身近に感じられるようになり、多くの中高年者や女性が健康維持増進と体力向上を目的として参加するようになった。また、シニア大会も開催されるようになり、70歳以上の後期高齢者までも大会に参加できるようになった。種目も、夫婦型^{おと}といった夫婦2人で演じる種目がつくられ、この種目に出場するために、今まで空手を続けて

いた夫が妻を空手に誘うという例も見られるようになった。今後、空手道は生涯スポーツとしても発展していくと予想される。

生涯スポーツは、健康維持増進と体力の維持・向上を目的としておこなわれることが多い。この体力には筋力、持久力といった行動体力の向上ばかりでなく、防衛体力も含まれると思われる。防衛体力のうち、細菌やウイルスなどの生物学的ストレス（感染症）に対する抵抗力は免疫系が担っている。

急性および慢性のスポーツ活動により免疫機能が変化することが知られており²⁾³⁾、最も一般的な感染症である上気道感染症（カゼ）の罹患率を免疫機能の指標とした調査では、適度な運動は免疫機能を高めて上気道感染症の罹患率を下げることが報告されている¹⁾³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾。

上気道感染症は、病原体のウイルスが鼻腔や口腔に侵入することから感染がはじまる。鼻腔や口腔の粘膜表面の粘液や唾液は物理的にウイルスを洗い流し、さらに分泌型免疫グロブリン A (secretory Immunoglobulin A: SIgA) が結合してウイルスの侵入を防いでいる。これら粘膜免疫機構を突破したウイルスは粘

1) 日本女子体育大学 (教務補助員)

2) 日本女子体育大学 (助教授)

膜細胞内に侵入して増殖し、やがて細胞を破壊して別の細胞に感染することを繰り返して、上気道感染症が発症する。このように、上気道感染症の感染防御で重要な役割⁹⁾をはたしている SIgA は、運動によって変化することが報告されている。

秋本ら⁹⁾はフルマラソンを行なった直後と1日後に唾液中の SIgA 分泌量が減少すると報告している。MacKinnon ら¹⁴⁾は8人の自転車競技選手で2時間の70~75%VO₂maxでの自転車による負荷を行い唾液 SIgA 濃度の低下を報告している。これらの報告のように、長時間の激運動後は SIgA が減少し、一時的な免疫抑制状態（オープンウィンドウ）が到来する。このことは、一流運動選手に易感染性がみられる原因の一つと考えられる。逆に高齢者を対象として週2回の運動教室に1年間参加した45人のトレーニング前後の SIgA の比較では、12ヶ月後に有意に増加していると報告されている。実際にも日常生活で激しい運動後に体調を崩してカゼをひいてしまうことはよく経験するし、逆に継続的な運動をするようになってからカゼをひきにくくなったという話を聞くこともある。

空手道においては、強さの追求のための研究は従来行われてきている。そして強い肉体には強い精神力と自己管理能力が備わっているとされている。しかし、健康維持増進を目的とした研究報告は少なく、免疫についての報告は見当たらない。そこで本研究は、唾液中 SIgA を免疫指標として測定し、空手道の稽古が免疫機能に与える影響について検討する。

II. 方 法

1. 対 象

東京都府中市にある空手道場に入会している会員、男性11名、女性4名、男性指導員5名の計20名を対象とした。年齢層は、20代6名、30代5名、40代5名、50代4名であった。対象者のパラメーターを表1に示す。

対象者を週1回以上稽古に参加している者を鍛錬群として、週1回未満の参加者を非鍛錬群とした。さらに指導員を指導員群とした。鍛錬群と非鍛錬群のt検定による年齢の差は無かった。

なお、道場の稽古日は、土日祝日で、祝日のある週を除くと、週2回の稽古である。また、稽古時間は2時間である。対象者の8割は社会人、主婦であり、すべての対象者には事前に実験の主旨などを説明し、実験に関しての同意を得た。

2. 実験日

唾液の採取は2泊3日の合宿(平成15年7月26、27、28日)2日目の27日に行った。

合宿は長野県松本市で開かれ、稽古時間は、1日目15:00~18:00、2日目9:00~12:00,15:00~17:30、3日目9:00~12:00であった。

心拍数の測定は普段の稽古日(平成15年8月31日)に行った。この日の稽古時間は、10:00~12:00であった。

3. 唾液の採取

唾液の採取は午前の稽古が始まる前(9:00)と午

表1 対象者のパラメーター

group:S・・・指導員群, T・・・鍛錬群, H・・・非鍛錬群

Sub.j	age	sex	job	group	Sub.j	age	sex	job	group	Sub.j	age	sex	job	group
S-1	55	M	会社員	S	T-1	43	M	行員	T	H-1	58	M	会社員	H
S-2	53	M	会社員	S	T-2	35	F	主婦	T	H-2	46	M	会社員	H
S-3	50	M	会社員	S	T-3	30	M	会社員	T	H-3	40	F	主婦	H
S-4	48	M	会社員	S	T-4	30	M	会社員	T	H-4	35	M	議員	H
S-5	43	M	会社員	S	T-5	22	M	学生	T	H-5	31	M	会社員	H
					T-6	21	M	学生	T	H-6	28	F	会社員	H
					T-7	21	F	学生	T	H-7	28	M	教員	H
					T-8	22	F	会社員	T	H-8	28	M	会社員	H
Mean	49.8				Mean	28.0				Mean	36.8			
SE	2.1				SE	3.1				SE	3.3			

※T-8は心拍数の測定のみ

後の稽古が終わった後 (17:30) の2回採取した。唾液採取の方法は秋本ら³⁾の報告をもとに行った。まず、蒸留水約30mlで3回、口腔内を十分にゆすいだ。5分間の座位安静後、口腔内に貯留した唾液を嚥下し、その後無味の滅菌綿 (SALIVETTE: SARSTEDT 社製) を1秒間に1回のペースで1分間咀嚼することによって、新たに分泌された唾液を綿に吸い取らせ、採取した。

4. SIgA の定量

唾液中 SIgA の測定には抗 secretory component 抗体 (SC 抗体) と抗 IgA 抗体を用いて、SIgA を特異的に検出する enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) を用いた⁵⁾。また、1分間に得られた唾液量を唾液分泌速度 (ml/min) とし、唾液中 SIgA 濃度 ($\mu\text{g/ml}$) と唾液分泌速度の積から SIgA 分泌速度 ($\mu\text{g/min}$) を求めた。

5. 心拍数 (HR)

心拍数 (HR) の測定はポーラーエレクトロ社製ハートレートモニター H-2 (バンテージ XL) を用いて行った。胸部に導電ゴム電極の電極ベルトとトランスミッター (送信器) を装着し、上腕に装着した時計型小型レシーバー (受信器) に、無線により心拍情報を送らせた。この時、15秒毎に2時間の心拍数を記憶させた。

また、対象者の予測最大心拍数 (HRmax) を220-年齢から算出し、得られたすべての心拍数を% HRmax として求めて、低強度から高強度までそれぞれ6段階に振り分けた。全体のデータ数が2時間である為、全データ数に対する振り分けたデータ数の割合を求めて、そこから積算時間を算出した。心拍数の振り分けは稽古内容や休憩時間も関係なく、すべて振り分けた。

心拍数を測定した対象者は、鍛錬群の中から代表として、3名、指導員群から1名の4名とした。

6. 統計

測定値は平均値 (Mean) \pm 標準誤差 (SE) で示した。各測定項目における稽古前 (pre) と稽古後 (post) のデータの比較には対応のある t 検定 (Paired t-test) を用いた。統計処理の結果は危険率 (p) 5%未満を有意とした。

III. 結果

1. 唾液分泌速度

図1に稽古の前 (pre) と後 (post) の唾液分泌速度を示した。鍛錬群では、pre $1.64 \pm 0.21 \text{ ml/min}$, post $1.60 \pm 0.16 \text{ ml/min}$ で pre と post で有意な差は示さなかった。非鍛錬群では pre $1.88 \pm 0.25 \text{ ml/min}$ に対し、post $1.18 \pm 0.19 \text{ ml/min}$ で有意に減少した ($p < 0.01$)。指導員群については、pre $1.94 \pm 0.32 \text{ ml/min}$, post $1.80 \pm 0.8 \text{ ml/min}$ で統計的に有意な差は示さなかった。

2. SIgA 濃度

図2に稽古の前と後の唾液 SIgA 濃度を示した。鍛錬群では、pre $14.37 \pm 1.93 \mu\text{g/min}$, post $15.53 \pm 2.05 \mu\text{g/min}$, 非鍛錬群では、pre $13.26 \pm 2.69 \mu\text{g/min}$, post $16.38 \pm 3.57 \mu\text{g/min}$ の値をとり、ともに pre, post で統計的に有意な差は示さなかったものの、非鍛錬群に

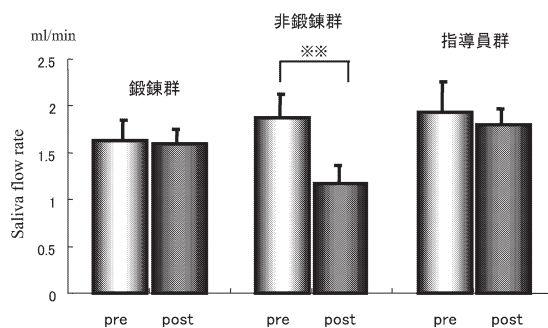


図1 稽古前後の唾液分泌速度の比較

鍛錬群、指導員群の唾液分泌速度は稽古の前 (pre) と後 (post) において有意差は認められなかったが、非鍛錬群においては有意に低下した。 ** $p < 0.01$

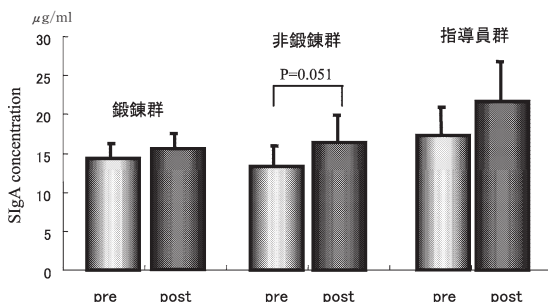


図2 稽古前後の SIgA 濃度の比較

鍛錬群、指導員群の SIgA 濃度は稽古の前 (pre) と後 (post) において有意差は認められなかった。非鍛錬群においては有意差は認められないものの、増加する傾向を示した。 $P = 0.051$

において、8人中6人が増加する傾向を示した ($p=0.051$)。

指導員群では pre $17.27 \pm 3.65 \mu\text{g}/\text{min}$, post $21.64 \pm 5.08 \mu\text{g}/\text{min}$ で有意な差は示さなかった。

3. SIgA 分泌速度

図3に1分間の唾液 SIgA 分泌速度を示した。鍛錬群では pre $22.66 \pm 3.18 \mu\text{g}/\text{min}$ に対し, post $25.60 \pm 4.68 \mu\text{g}/\text{min}$ であり, 有意な差は示さなかった。しかし, 非鍛錬群では pre $27.74 \pm 7.09 \mu\text{g}/\text{min}$ に対し, post $21.26 \pm 6.76 \mu\text{g}/\text{min}$ であり, 有意に減少した ($p < 0.05$)。指導員群については, pre $35.48 \pm 10.11 \mu\text{g}/\text{min}$, post $41.88 \pm 13.39 \mu\text{g}/\text{min}$ で有意な差は示さなかったものの, ほとんどの稽古に参加し, 指導している S-1, S-3 が伴に増加する傾向を示した。

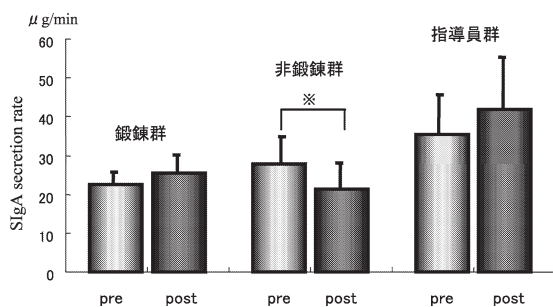


図3 稽古前後の SIgA 分泌速度の比較

鍛錬群, 指導員群の SIgA 分泌速度は稽古の前 (pre) と後 (post) において有意差は認められなかったが, 非鍛錬群においては有意に低下した。

4. 心拍数

図4に普段の稽古中の心拍数を示した。また, 図11に稽古中の心拍数の配分を%HRmax 別に時間で示し, その値を表2に示した。中強度と思われる60~69% HRmax, 70~79% HRmax の時間は20代ではそれぞれ34分と30分。30代ではそれぞれ49分と23分。40代ではそれぞれ6分と43分であった。高強度と思われる80~89% HRmax と90% HRmax 以上の時間は, 20代ではそれぞれ29分と6分。30代ではそれぞれ19分と2分。40代ではそれぞれ39分と27分であった。20代, 30代に比べ40代は高強度の時間が長かった。指導員については, 稽古中のほとんどが低中強度と思われる40~49% HRmax, 50~59% HRmax で占められ, 時間はそれぞれ52分であった。

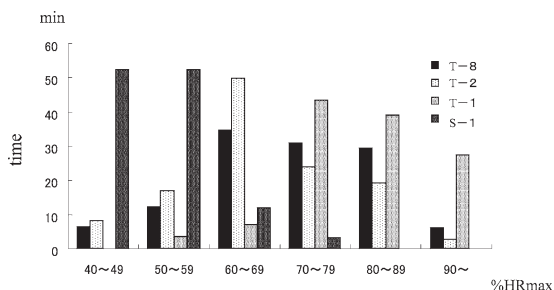


図4 普段の稽古2時間中の各%HRmax の積算時間

表2 普段の稽古2時間中の各%HRmax の積算時間

%HRmax	単位: min					
	40~49	50~59	60~69	70~79	80~89	90~
T-8	6.3	12.1	34.8	30.8	29.5	6.1
T-2	8.3	17.0	49.9	23.8	19.3	2.8
T-1	0.0	3.6	6.9	43.3	39.0	27.3
S-1	52.5	52.5	11.9	3.1	0.0	0.0

IV. 考 察

本研究では, 近年, 生涯スポーツとして参加する者が増えている空手道を対象にして, 健康維持増進に重要な防衛体力としての免疫機能に対する稽古の影響を, 唾液中の分泌型グロブリン A (SIgA) から検討した。SIgA は唾液や乳汁, 消化液, 涙などの分泌液に含まれ, ウイルスや細菌が侵入した際にそれらに結合し凝集させたり, ウイルスや細菌が細胞に吸着するのを阻害したりする。この時, これらの免疫機構を突破したウイルスは細胞内に侵入して増殖し, やがて細胞を破壊して別の細胞に感染することを繰り返して感染症が発症する。

唾液中の SIgA は口腔内局所免疫機能において主要な因子であり, 上気道感染症の感染防御においても重要な役割をはたしている。また, 唾液中の SIgA は激しい運動後には低下して, 激しい運動後の上気道感染症罹患率の上昇をうまく説明できるため, 運動による免疫機能の変化を反映する指標として測定されている。本研究でも唾液中の SIgA を測定し, 空手道の稽古が免疫機能に与える影響について検討した。

1分間あたりの唾液分泌量である唾液分泌速度は, 稽古の前後で, 稽古への参加回数が多い鍛錬群では変化は無く, 稽古の参加回数の少ない非鍛錬群においては有意に減少した。また, 唾液中 SIgA 濃度は鍛錬群では変化が無かったが, 非鍛錬群においては, 有意差は無いものの ($p=0.51$), 8人中6人が増加した。しかし, 1分間あたりの唾液 SIgA 分泌量である SIgA 分

泌速度は、非鍛錬群において有意に減少した。また、運動強度が低い指導員群では、いずれも有意な変化はみられなかった。

SIgA 分泌速度の変動メカニズムとしては、IgA を産生する形質細胞数の変化、その形質細胞の IgA 産生量の変化、上皮細胞による secretory component (SC) の産生量の変化、唾液腺の唾液分泌速度の変化が考えられる。今回の研究において非鍛錬群の SIgA 分泌速度が低下した原因は、唾液分泌速度の低下と考えられる。唾液分泌速度は交感神経刺激によって低下することが知られている¹⁰⁾。同じ稽古内容であっても、非鍛錬者は鍛錬者に比較して身体的ストレスがより大きく、より交感神経が刺激されて、唾液分泌速度が低下した可能性が考えられる。また、脱水が関与している可能性もあるが、今回は体重の変化は検討していない。

短時間の最大下運動として McDowell ら¹²⁾は運動強度が50から80%VO₂max で運動時間が15分から90分間のトレッドミル走において、唾液 SIgA 濃度は変化しないと報告している。そして最大運動としてオールアウトまでトレッドミル走を行った場合には SIgA 濃度が24%減少すると報告しているが、一定の見解にはなっていない。また、自転車エルゴメーターを使って健常者と視覚障害者に最大下運動負荷テストを行なった場合、健常者においては唾液中の SIgA は変化しなかったが、体力レベルの低い視覚障害者において唾液中 SIgA 濃度が上昇したとの報告⁴⁾があり、今回の研究で非鍛錬者が SIgA 濃度の上昇傾向を示したことから考え合わせると、体力レベルによって SIgA 濃度の変化が異なる可能性があり興味深い。

より長時間の運動として、フルマラソン前後では SIgA 濃度と SIgA 分泌速度が低下することが報告されている⁵⁾。今回の稽古は2時間以上の運動であり、運動時間は長いが SIgA 濃度の低下は観察されなかった。その原因としては、稽古とフルマラソンとの運動強度の違いが考えられる。マラソンは高強度運動を継続するのに対して、空手道の稽古では中強度運動と高強度運動を断続的に行っている。

今回の研究で、非鍛錬者においては SIgA 濃度は低下しなかったものの、SIgA 分泌速度は有意に低下した。これは、単位時間あたりの SIgA 分泌量が低下したことであり、口腔内局所免疫能としては低下したと考えられる。このことは、定期的には稽古に参加せずにたまたま稽古に参加すると免疫機能の低下がおり、稽古後に体調を崩す可能性を示唆している。実際に、普

段稽古に参加しなかった人がいきなり合宿に参加して体調を崩してしまった例がある。久しぶりに、または初めて空手の稽古をする場合、自分で強度が上がりすぎないようにコントロールする必要があると思われる。空手道は稽古を行う際に比較的容易に自分で運動強度を調節できるという特徴がある。今回の心拍数の測定からわかるように同じ稽古内容であっても個人の取り組み方によって運動強度に大きな差が生じている。空手道が個人の目的にあわせて運動強度を設定しやすいことは生涯スポーツとして適した特徴と考えることができる。

※ 本研究は平成13年度二階堂学園奨励研究費の補助を受けて実施した。

V. 謝 辞

本研究を遂行するにあたり、ご協力いただきました日本空手協会府中支部清水道場の清水修先生、佐伯次男先生を始め、会員の皆様に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 赤間高雄, 木村文律, 秋本崇之, 河野一郎 (2003) 高齢者の免疫機能に及ぼす運動の影響, 体力科学 52: 65-72.
- 2) 赤間高雄, 秋本崇之, 河野一郎 (1994) スポーツ活動が免疫に与える影響に関する研究の動向: 平成6年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, No. IX スポーツ活動が免疫に与える影響に関する研究-第1報-, 5-12.
- 3) 赤間高雄, 秋本崇之, 河野一郎 (1995) スポーツ活動が口腔内局所免疫能に与える影響-唾液採取法の検討-: 平成7年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, No. IX スポーツ活動が免疫に与える影響に関する研究-第2報-, 7-17.
- 4) 秋本崇之, 香田泰子, 赤間高雄, 他 (1998) 一過性運動負荷による唾液中分泌型 IgA の変動-視覚障害者における検討-, 体力科学 46: 523-528.
- 5) 秋本崇之, 赤間高雄, 杉浦弘一, 他 (1998) 持久性ランニングによる口腔内局所免疫能の変動, 体力科学 47: 53-62.
- 6) 秋本崇之, 赤間高雄, 香田泰子, 他 (1998) 高強度トレーニングによる安静時唾液中分泌型 IgA の変動, 体力科学 47: 245-252.
- 7) Akimoto T. et. al. (2003) Effects of 12 months of exercise training on salivary secretory IgA levels in elderly subjects, Br J Sports Med 37: 76-79.
- 8) 河野一郎 (1992) 運動と免疫, 体力科学 41: 139-146.
- 9) 名倉 宏 (1994) 粘膜上皮細胞と分泌型 IgA, 炎症と免

疫 2 : 64-73.

- 10) Mackinnon L.T., Jenkins D.G. (1993) Decreased salivary immunoglobulins after intense interval exercise before and after training, *Med Sci Sports Exerc* 25 : 678-683.
- 11) Mackinnon L.T. et. al. (1994) Mucosal (secretory) immune system responses to exercise of varying intensity and during over training, *J Sports Med* 15 : S179-183.
- 12) McDowell S.L. et. al. (1991) The effect of exercise intensity and duration on salivary immunoglobulin A, *Eur J Appl Physiol* 63 : 108-111.
- 13) McDowell S.L. et. al. (1992) The effect of exhaustive exercise on salivary immunoglobulin A, *J. Sports Med Phys Fitness* 32 : 412-415.
- 14) Nieman D.C., Johanssen L.M., Lee J.W., Arabatzis K. (1990) Infectious episodes in runners before and after the Los Angeles Marathon, *J Sports Med Phys Fitness* 30 : 316-328.
- 15) Nieman D.C. (1994) Exercise upper respiratory tract infection and the immune system, *Med Sci Sports Exerc* 26 : 128-139.
- 16) Peters E.M., Bateman E.D. (1983) Respiratory tract infection : an epidemiological survey, *S Afr Med J* 64 : 582-584.
- 17) Pedersen B.K., Rohde T., Ostrowski K. (1998) Recovery of the immune system after exercise, *Acta Physiol Scand* 162 : 325-332.

(平成15年9月24日受付)
(平成15年12月11日受理)