

高齢者における性ステロイドホルモン分泌増加法の開発 — 武道に着目した検討 —

防 衛 大 学 蒔 苗 裕 平
(共同研究者) 神 戸 大 学 佐 藤 幸 治
立 命 館 大 学 藤 田 聡

A New Method to Increase in Sex Steroids Hormone in Old Aged Men, Focusing on BUDO.

by

Yuhei Makanae

*Department of Physical Education,
National Defense Academy*

Koji Sato

*Graduate School of Human Development and Environment,
The University of Kobe*

Satoshi Fujita

*Faculty of Sport and Health Science,
Ritsumeikan University*

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the effects of Nihon Kendo kata on the secretion of sex steroid hormone in older and young kendo athletes.

The subjects performed the 10 sets of Uchitachi and Shitachi each in Nihon Kendo kata. Measurement of rated perceived exertion (RPE) and heart rate and collection of blood sample were undergone before, immediately, 15, 30 and 60 minutes after kata. Blood glucose, lactate, ACTH, DHEA and free testosterone levels were measured.

The Kata significantly increased ($p < 0.05$) RPE, heart rate and glucose. Furthermore, the kata increased the metabolism of ACTH and DHEA. There was no change in the concentration of free testosterone after kata. Aging did not affect the hormonal response to the kata. These results suggest that Nihon kendo kata could stimulate ACTH-DHEA systems.

要 旨

本研究では、日本剣道形の実施が性ステロイドホルモン分泌に及ぼす効果について、高齢および若齢健康成人男性（剣道有段者）を対象として検討を行った。

被験者は、剣道五段の験者を相手に、日本剣道形における打太刀 10 本、仕太刀 10 本の計 20 本の形を行った。日本剣道形実施前、実施直後、15 分後、30 分後、60 分後に採血、主観的運動強度および心拍数の測定を行った。得られた血液サンプルを用いて、血糖値、乳酸値、血中 ACTH 濃度、血中 DHEA 濃度、血中遊離テストステロン濃度の測定を行った。

主観的運動強度、心拍数および血糖値は、日本剣道形の実施によって有意に増加した ($p < 0.05$)。さらに、日本剣道形実施は ACTH および DHEA 代謝を亢進させた。血中遊離テストステロンには日本剣道形実施の影響は確認されなかった。また、形実施後の血中ホルモン応答には、加齢の影響は見られなかった。これらのことから、日本剣道形は、ACTH-DHEA 経路を刺激する可能性が示された。

緒 言

性ステロイドホルモンは、生殖機能の調節に関わるにとどまらず、糖質代謝の改善⁸⁾や抗酸化作用⁴⁾など、様々な生理機能を有している。テストステロンやエストロゲンといった性ステロイドホルモンは、その前駆体である

Dehydroepiandrosterone (DHEA) から代謝・合成される。したがって、DHEA は性ステロイドホルモン代謝において重要な役割を担う物質であるといえる。血中 DHEA 濃度は加齢に伴って減少し、このことは、メタボリックシンドロームの進行を引き起こすことがわかっている⁶⁾。よって、高齢者の健康維持・増進のためには、DHEA および性ステロイドホルモン分泌能の維持・改善が重要であると考えられる。

DHEA は主に副腎皮質において生成され、分泌される。このとき、副腎皮質における DHEA の産生・分泌量の増加に関わる物質が副腎皮質刺激ホルモン (ACTH) である。ACTH は、様々なストレス刺激によってその分泌量が増加することが知られている。身体に対して一過的にストレスを与える持久性運動やレジスタンス運動は、ACTH 分泌を増加させる^{3,5)}。したがって、運動によって ACTH - DHEA 経路を刺激することで、高齢者における性ステロイドホルモン分泌能を改善できる可能性が考えられる。しかしながら、先行研究における運動形態は、比較的高強度の運動が用いられており、高齢者が日頃実施するのは困難であるという問題点が存在する。そこで、高齢者が安全にかつ効果的に DHEA 分泌能を改善できる方法の開発が望まれる。

これまでに、柔道や空手の形の実施が、ACTH の標的ホルモンであるコルチゾールやエピネフリン、テストステロンの血中濃度を一過的に増加させることが報告されている^{1,7)}。このことは、武道の形が高齢者における性ステロイドホルモン分

泌の改善に寄与する可能性を示している。しかしながら、柔道の形は身体的接触がある、空手の形は比較的運動強度が高いという特性があり、高齢者が日常的に行うことは困難であると考えられる。日本剣道形は、身体的接触を伴わず、動作自体も空手の形に比較すると強度が低いという特徴がある。また、日本剣道形は二人一組で対峙して行われるため、高い緊張感がもたらされる。緊張感、ACTH分泌を高めることから、日本剣道形は、高い緊張感と剣道の動作の相乗効果によって、ACTH-DHEA経路を刺激するものと考えられる。

本研究では、日本剣道形が性ステロイドホルモン分泌に及ぼす効果について、若齢者および高齢者を対象に検討を行った。

1. 研究方法

1.1 被験者

若齢群においては、22～26歳までの健常成人男性6名、高齢群においては、65～74歳までの健常高齢男性6名を被験者とした。被験者は全員、剣道有段者（3段以上）であり、定期的に剣道の稽古を実施していた。慢性的な喫煙経験、慢性的な心疾患や脳疾患、糖尿病を発症していないことを質問紙にて確認した。被験者の身体的特性および剣道経験年数、段位それぞれの平均は表1の通りであった。

本研究の目的や潜在的な危険性に関しては、被験者に口頭および文書により説明し、研究同意書を得た。本研究は防衛大学校倫理委員会および立命館大学人を対象とする医学系研究倫理審査委員会の承認を得て行われた。

1.2 実験プロトコル

全ての被験者は、実験前日の夕食後から、水以外の摂取をしない状態で実験室に来室した。被験者は実験室に到着し、十分な安静をとった後に、身長および体重の計測を行い、心拍計（Polar社、ドイツ）の装着および主観的運動強度（Borg scale）の回答を行った。安静状態の採血を行う際、前腕部の静脈に留置針を穿刺し、以後の採血はその留置針を介して行われた。安静状態での採血が終了後、被験者は験者を相手に日本剣道形を行った（1.3 日本剣道形に詳細を記す）。日本剣道形実施直後、15分後、30分後、60分後に採血、心拍数の計測、および主観的運動強度の回答を行った。

1.3 日本剣道形

被験者は、日本剣道形を行った。日本剣道形は、先に技を仕掛ける「打太刀」と打太刀の技に応じて技を出す「仕太刀」により行われる。日本剣道形には、打太刀、仕太刀双方が大刀を用いて行う形が7本、打太刀が大刀を用い、仕太刀が小刀を用いて行う形が3本の計10本の形が定められている。被験者は、剣道五段（剣道歴25年）を相手に日本剣道形の打太刀10本、仕太刀10本の計20本の形を実施した。打太刀と仕太刀を行う順番は無作為に決定された。

1.4 血糖値および乳酸値の解析

血糖値は血糖値測定装置（メディセーフフィット、TERUMO社）を用いて測定された。乳酸値は、乳酸値測定装置（ラクテートプロ2、アークレイ社）を用いて測定された。

表1 被験者の特性（平均値 ± 標準誤差）

	身長 (cm)	体重 (kg)	年齢 (歳)	剣道歴 (年)	段位 (段)
若齢者	173.1 ± 2.0	72.2 ± 9.0	22.3 ± 0.8	12.8 ± 0.9	3.5 ± 0.3
高齢者	165.8 ± 1.2	69.2 ± 2.6	71.2 ± 0.8	35.2 ± 6.5	6.5 ± 0.3

1.5 ホルモンの解析

採血により得られた血液を4℃下で遠心分離し、血清および血漿サンプルを得た。それぞれのサンプルは、解析に供するまでの間、-20℃にて保存された。DHEA (Enzo Science, ドイツ)、遊離テストステロン (IBL international, 日本)、コルチゾール (Enzo Science) は、ELISA キットを用いて測定された。ACTH は ECLIA 法によって測定された。

1.6 統計

全ての結果は、平均値 ± 標準誤差で表された。得られたすべてのデータに対し、年齢 (若齢, 高齢), 時間 (安静時, 日本剣道形実施直後, 15分後, 30分後, 60分後) を要因とする繰り返しのある二元配置分散分析を行った。多重比較検定には、Bonferroni 法を用いた。統計学的有意水準は 5% ととした。

2. 結果

2.1 運動強度

2.1.1 主観的運動強度

主観的運動強度 (図 1) には、時間の主効果が認められ (P < 0.05), 多重比較検定の結果、運動直後において、安静時に比較して有意に高値を示

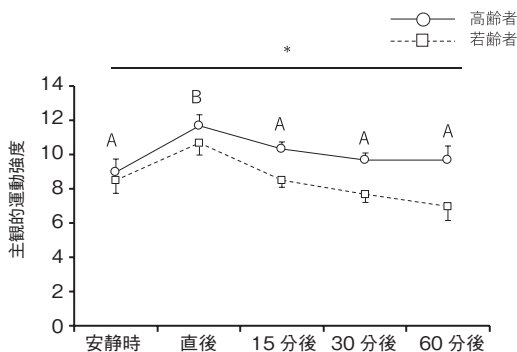


図 1 若齢者および高齢者における日本剣道形実施前後の主観的運動強度

データは平均値 ± 標準誤差で示した。異なるアルファベットは統計学的有意差を示す (P < 0.05)。* は年齢の有意差を示す (P < 0.05)

した (P < 0.05)。また、高齢者における主観的運動強度は、若齢者に比較して有意に高かった (P < 0.05)。しかしながら、交互作用は認められなかった。

2.1.2 心拍数

心拍数 (図 2) には、時間の主効果が認められ (P < 0.05), 多重比較検定の結果、運動直後において、安静時に比較して有意に高値を示した (P < 0.05)。しかしながら、年齢の主効果および交互作用は認められなかった。

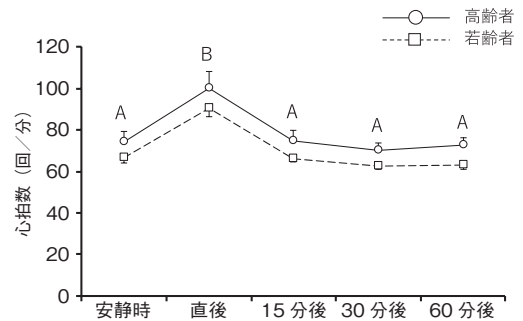


図 2 若齢者および高齢者における日本剣道形実施前後の心拍数

データは平均値 ± 標準誤差で示した。異なるアルファベットは統計学的有意差を示す (P < 0.05)

2.1.3 血糖値

血糖値 (図 3) には、時間の主効果が認められた (P < 0.05)。多重比較検定の結果、運動直後において、安静時に比較して有意に高値を示した (P < 0.05)。しかしながら、年齢の主効果および交互

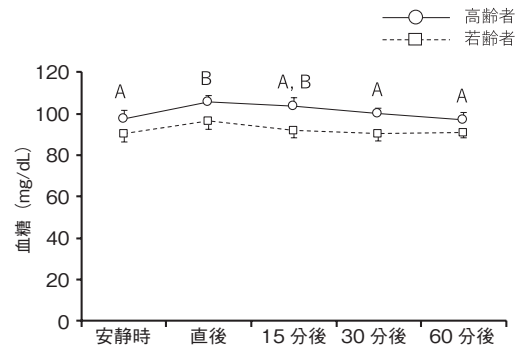


図 3 若齢者および高齢者における日本剣道形実施前後の血糖値

データは平均値 ± 標準誤差で示した。異なるアルファベットは統計学的有意差を示す (P < 0.05)

作用は認められなかった。

2.1.4 乳酸値

乳酸値 (図4) には、時間の主効果が認められたが ($P < 0.05$)、多重比較検定の結果、いずれの時点においても有意な差は認められなかった。年齢の主効果および交互作用は認められなかった。

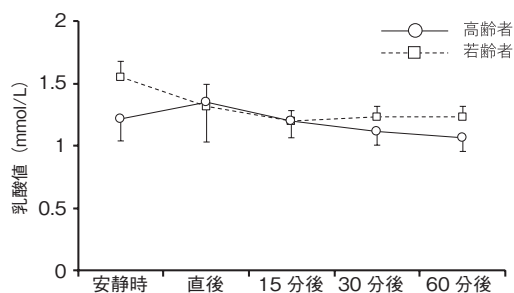


図4 若齢者および高齢者における日本剣道形実施前後の乳酸値
データは平均値±標準誤差で示した。

2.2 血中ホルモン濃度

2.2.1 血中 ACTH 濃度

血中 DHEA 濃度 (図5) には、時間の主効果が認められた ($P < 0.05$)。多重比較検定の結果、日本剣道形実施直後における血中 ACTH 濃度は、実施 15、30、60 分後における血中 ACTH 濃度に比較して有意に高かった ($P < 0.05$)。また、日本剣道形実施 60 分後の血中 ACTH 濃度は、安静時に比較して有意に低値を示した ($P < 0.05$)。年齢の主効果および交互作用は認められなかった。

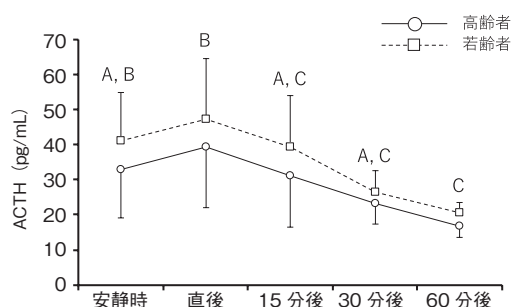


図5 若齢者および高齢者における日本剣道形実施前後の血中 ACTH 濃度
データは平均値±標準誤差で示した。異なるアルファベットは統計学的有意差を示す ($P < 0.05$)

2.2.2 血中 DHEA 濃度

血中 DHEA 濃度 (図6) は、時間の主効果が認められた ($P < 0.05$)。多重比較検定の結果、日本剣道形実施直後の DHEA 濃度は、実施 15、30 分後における濃度に比較して有意に高値を示した ($P < 0.05$)。年齢の効果および交互作用は確認されなかった。

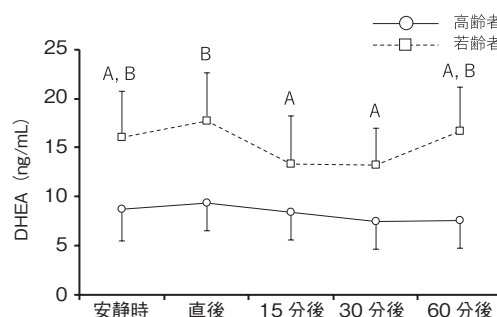


図6 若齢者および高齢者における日本剣道形実施前後の血中 DHEA 濃度
データは平均値±標準誤差で示した。異なるアルファベットは統計学的有意差を示す ($P < 0.05$)

2.2.3 血中遊離テストステロン濃度

血中遊離テストステロン濃度 (図7) は、時間の主効果が認められたが、多重比較の結果、いずれの時点においても有意な差は認められなかった。また、若齢者における血中遊離テストステロン濃度は高齢者に比較して有意に高値を示した ($P < 0.05$)。しかしながら、交互作用は確認されなかった。

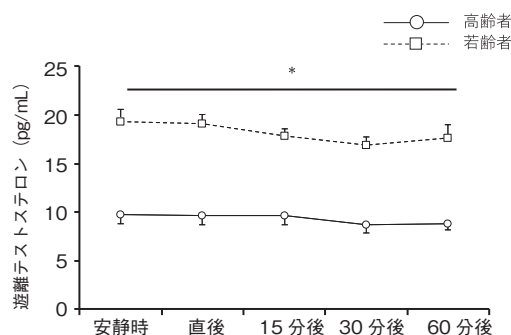


図7 若齢者および高齢者における日本剣道形実施前後の血中遊離テストステロン濃度
データは平均値±標準誤差で示した。*は年齢の有意差を示す ($P < 0.05$)

3. 考 察

本研究では、日本剣道形の実施が性ステロイドホルモン分泌に及ぼす効果について、高齢および若齢成人男性を対象として検討を行った。その結果、日本剣道形は、ACTH 分泌および DHEA 分泌を亢進する可能性が示された。

3.1 運動強度

これまで、日本剣道形の運動負荷強度について検討した研究はなく、その運動負荷強度は不明であった。本研究では、日本剣道形の実施により、心拍数、主観的運動強度が安静時に比較して運動直後に有意に増加した。それらすべての項目において、交互作用が確認されなかったことから、統計学的には日本剣道形の運動負荷強度は、加齢によって変化することはないと推察される。しかしながら、加齢によって最大心拍数や安静時心拍数が減少することを考慮する必要がある。本研究では、若齢者では心拍数の平均値が、安静時の 66.5 回/分から運動直後には 90.5 回/分まで増加し、高齢者では 74.5 回/分から 100 回/分まで増加した。これらの数値について、カルボネン法を用いて運動強度を推定すると、若齢者では約 18.3%、高齢者では約 34.3% の運動強度となる。したがって、高齢者における日本剣道形の運動強度は、若齢者における運動強度よりも高かったものと考察される。高齢者における主観的運動強度が若齢者に比較して有意に高かったことも、高齢者にとっては、若齢者よりも日本剣道形実施の身体的負荷が高かったことを示唆している。ただし、本研究では、カルボネン法による運動強度の算出は推定値の最大心拍数を用いて行っている。そのため、正確な日本剣道形の運動強度の算出には、今後最大酸素摂取量を評価する必要がある。この評価を行うことで、心拍数や主観的運動強度からは、加齢によって形実施の身体的負荷が増加した

と推察されたのに対し、血糖値や乳酸値には有意な交互作用が確認されず、身体的負荷に対する加齢の影響が見られなかった、という結果の差異について説明できる可能性がある。

3.2 ホルモン分泌

測定したすべての項目において、交互作用は確認されなかった。このことから、日本剣道形実施によるホルモン分泌亢進は、年齢の影響を受けないことが示唆された。

ACTH は様々なストレスに応答してその分泌量が増加する。また、ACTH は DHEA 分泌を増加させ、テストステロンなどの性ホルモン分泌を増加させる。本研究では、日本剣道形実施直後の ACTH 濃度は、安静時に比較して有意な増加が確認されなかったものの、実施 15 分後以降に比較して有意な増加が確認された。同様に、DHEA 濃度も安静時に比較すると有意な違いは認められなかったものの、日本剣道形直後の DHEA 濃度は、実施 15 分後および 30 分後に比較して有意に高値を示した。これらのことは、日本剣道形の実施により、ACTH-DHEA 経路が活性化されたことを示唆している。また、DHEA は精巣や卵巣でテストステロンやエストロゲンなどに代謝されるだけでなく、骨格筋や骨、脂肪、脳、肝臓、などの末梢組織に取り込まれて代謝され、作用することがわかっている。したがって、日本剣道形実施 15 分、30 分後における実施直後からの有意な DHEA 濃度低下は、DHEA が様々な組織にて代謝されたことが原因として考えられる。ただし、これらのホルモン分泌には日内変動があるため、非運動群を加えるなど日内変動について考慮した検討を今後行う必要がある。

空手の形を行った後の血中ホルモン応答を検討した研究¹⁾では、空手の形実施後には、ACTH の下流であるエピネフリンおよびノルエピネフリンの分泌が増加することが報告されている。エピ

ネフリンやノルエピネフリンは、血糖増加作用を持つが、先行研究では、血糖値が形実施によって安静時の 88.2 mg/dL から 111.6mg/dL に増加していた。この変動は、本研究における血糖値の変動（安静時 94 mg/dL, 運動直後 101.3 mg/dL）よりも大きいものであった。このことから、先行研究では、本研究よりも ACTH 分泌が亢進していたものと考えられる。ACTH は、運動強度の増加に伴い分泌が亢進する²⁾ことから、空手の形は日本剣道形よりも運動強度が高いものと推察される。本研究では、日本剣道形実施によって遊離テストステロン濃度は増加しなかったのに対して、先行研究では、総テストステロン濃度の増加が確認されているが、このテストステロン応答の差異は空手の形と日本剣道形の運動強度の違いに起因する可能性が考えられる。また、本研究では活性型である遊離テストステロンの濃度を測定しているのに対し、先行研究では総テストステロンの濃度を測定していることも研究間の結果の違いの原因の一つとなっている可能性がある。

4. 結 論

本研究により、日本剣道形の実施は、心拍数、血糖値を増加させ、ACTH-DHEA 経路を刺激する可能性が示された。

謝 辞

本研究に対し、助成賜りました公益財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団に深く感謝申し上げます。また、本研究の遂行にあたり、多大なるご協力を賜りました、田島東海男防衛大学校名誉教授、防衛大学校衛生課長太尾田正彦一佐、同衛生課岡崎牧子氏、立命館大学スポーツ健康科学研究科博士課程、吉居尚美氏、阿藤聡氏、木戸康平氏、貴船創一氏に深く感謝申し上げます。

文 献

- 1) Benedini S., Longo S., Caumo A., Luzi L., Invernizzi P.L., Metabolic and hormonal responses to a single session of kumite (free non-contact fight) and kata (highly ritualized fight) in karate athletes. *Sport sciences for health*, **8**, 81-85 (2012)
- 2) Hill E.E., Zack E., Battaglini C., Viru M., Viru A., Hackney A.C., Exercise and circulating cortisol levels: the intensity threshold effect. *Journal of endocrinological investigation*, **31**, 587-591 (2008)
- 3) Inder W.J., Hellemans J., Swanney M.P., Prickett T.C., Donald, R.A., Prolonged exercise increases peripheral plasma ACTH, CRH, and AVP in male athletes. *J. Appl. Physiol.*, **85**, 835-841 (1998)
- 4) Jacob M.H., da R.J.D., Jahn M.P., Kucharski L.C., Bello-Klein A., Ribeiro M.F., Age-related effects of DHEA on peripheral markers of oxidative stress. *Cell biochemistry and function*, **28**, 52-57 (2010)
- 5) Kraemer W.J., Hakkinen K., Newton R.U., Nindl B.C., Volek J.S., McCormick M., Gotshalk L.A., Gordon S.E., Fleck S.J., Campbell W.W., Putukian M., Evans, W.J., Effects of heavy-resistance training on hormonal response patterns in younger vs. older men. *J. Appl. Physiol.*, (1985) **87**, 982-992 (1999)
- 6) Muller M., Grobbee D.E., den Tonkelaar I., Lamberts S.W., van der Schouw Y.T., Endogenous sex hormones and metabolic syndrome in aging men. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, **90**, 2618-2623 (2005)
- 7) Parmigiani S., Bartolomucci A., Palanza P., Galli P., Rizzi N., Brain P.F., Volpi R., In judo, Randori (free fight) and Kata (highly ritualized fight) differentially change plasma cortisol, testosterone, and interleukin levels in male participants. *Aggressive behavior*, **32**, 481-489 (2006)
- 8) Sato K., Iemitsu M., Aizawa K., Ajisaka R., Testosterone and DHEA activate the glucose metabolism-related signaling pathway in skeletal muscle. *American journal of physiology. Endocrinology and metabolism*, **294**, E961-968 (2008)