

スポーツ選手の心理的キャパシティとしての
心理的ストレス耐性の検討
— 血漿抱合型カテコールアミン値の
指標としての有効性の検討 —

九州大学 齊藤 篤司
(共同研究者) 同 大柿 哲朗
同 橋本 公雄
同 金谷 庄藏

**Evaluation of Tolerance to Mental Stress in Athlete
Using Plasma Sulfoconjugated Catecholamines**

by

Atsushi Saito, Tetsuro Ogaki,
Kimio Hashimoto, Shozo Kanaya
Institute of Health Science, Kyushu University

ABSTRACT

Plasma free and sulfoconjugated catecholamines concentration were measured in 19 male athletes (11 sprinters, 2 jumpers and 6 alpen skiers) to quantify the tolerance to cronicmental stress in competition.

There was a negative correlation between the score of Trait Anxiety Inventory for sport (TAIS) and the basal leves of sulfoconjugated epinephrine (S-E, $r=-.274$), norepinephrine (S-NE, $r=-.329$) and dopamine (S-DA, $r=-.322$). In contrast, there were positive correlation between the score of Diagnostic Inventory of Psychological-Competitive Ability for Athletes (DIPCA) and the basal levels of S-E ($r=.286$), S-NE

($r = .317$) and S-DA ($r = .415$). These correlations were not significant, but this may indicate a tendency that high score on TAIS indicate negative correlation, while high score on the DIPCA indicate positive correlation with sulfoconjugated catecholamin (S-CA) concentrations.

Following a 5 minutes mental arithmetic stress test, heart rate was increased during the test and remained increased 30 seconds after the test ($p < .01$). Plasma free epinephrine concentration was increased following the test, but significantly increase was shown only 3 minutes during the test ($p < .05$). However, plasma S-DA concentration decreased significantly both during the test and just before the end of stress session ($p < .05$). Changes in the other plasma CA concentrations were not observed following the test.

These results may suggest that plasma S-CA could be an indicator of chronic activation of sympatho-adrenal system and therefore a possible measure of the tolerance to mental stress.

要 旨

スポーツ選手の心理的競技能力としての心理的ストレス耐性の定量化の指標としての血中抱合型カテコールアミン値の有効性について検討した。

血中抱合型カテコールアミン値は一般的な特性不安尺度得点に比し、競技不安尺度得点との間に高い負の相関関係を示し、さらに心理的競技能力得点との間には正の相関を示した。

また、暗算による心理的ストレス負荷の結果、これまで交感神経系の活性度の指標とされてきた血中遊離カテコールアミン値が負荷中一過性に増加した後低下するのに比し、血中抱合型カテコールアミン値は負荷終了直前においても有意な低値を示した。

以上の結果は血中抱合型カテコールアミン値は慢性的な交感神経系の活性を示し、心理的ストレス耐性の高い競技者では高値を示し、耐性の低い競技者では低値を示す可能性を示唆した。

緒 言

スポーツ選手の競技場面におけるピークパフォーマンス発揮要因の1つとして、特性不安のような心理的特性と心理的ストレスに対する耐性が考えられる。しかし、これらを定量的に測定する客観的指標がないことから、質問紙法による主観的指標に頼らざるを得ないのが現状である。

また、生理的、心理的ストレスに対する生理的応答は交感神経系により調節されていることから、交感神経系の活性度の指標として血中遊離型カテコールアミン濃度 (F-CA) を用い、ストレスに対する応答を測定する方法も用いられている^{10, 11, 15, 30)}。

しかし、F-CA は年齢や性などの個体因子^{3, 12)}や体位変化、身体的ストレスなどの環境因子^{23, 30, 32)}により容易に変動するうえ、半減期がきわめて短いため、競技場面での測定は困難であり、心理的特性やストレス耐性の指標として用いることは適さない。

血中F-CAは組織での急速な取り込みと硫酸

抱合による非活性化により、生理的刺激に対し分泌された総カテコールアミンの一部に過ぎず、交感神経系の活性を正確には反映しない可能性も示唆されている¹⁸⁾。

これに対し、血中硫酸抱合型カテコールアミン濃度 (S-CA) は血中 CA の貯蔵庫であると同時に F-CA の非活性化の経路であり、身体活動後、血中 F-CA が安静レベルに低下した後も長時間にわたって高値を示し続けることが報告されている^{7, 20, 23, 26)}。このことは交感神経系の活性は血中 F-CA では反映しきれないレベルでも生じている可能性を示唆していると推察される。

したがって、血中 S-CA は血中 F-CA の動態からは測定し得ない、交感神経系の活性を知る手掛かりとなり、慢性的な心理的、生理的ストレスの客観的指標として有効である可能性が考えられる。そこで、本研究ではこの血中 S-CA を用いて心理的特性の測定が可能かどうかを検討することを目的とする。

1. 研究方法

1.1 被検者

被検者は運動部に所属する男子大学生19名 (身長 173.1 ± 1.21 cm, 体重 64.7 ± 1.21 kg, 年齢 20.7 ± 0.46 歳) である。被検者は実験内容の説明を受け、九州大学健康科学センター倫理委員会により認められたインフォームドコンセントを承諾したものである。

被検者が行っている競技内容は競技の際、心理的不安が競技成績に与える影響が大きいと思われる比較的短時間で競技が終了する種目で、陸上競技 (短距離11名, 跳躍2名) および、スキー (アルペン6名) である。

1.2 測定項目および方法

1.2.1 血漿カテコールアミン値

血液は肘静脈から採取した後、ただちに7 ml を EDTA2K を含む冷却したチューブに移し、転

倒混和した後、冷却遠心分離し、血漿を遊離カテコールアミン値の測定 (HPLC 法) に供した。また、5 ml を EGTA を含むチューブに移し、転倒混和した後、ただちに冷却遠心分離した血漿を G. Strobel らの方法²⁷⁾ に従い処理したものを硫酸抱合型カテコールアミン値の測定 (HPLC 法, HLC-725 CA, Tosho Co. Japan) に供した。いずれの試料も分離後ただちに -60°C で凍結保存し、1週間以内に測定した。

1.2.2 心理的特性

スポーツ競技に関わる心理的特性の測定には、著者等が作成したスポーツ競技不安尺度 (Trait Anxiety Inventory for Sport; TAIS)¹⁴⁾ および、心理的競技能力診断検査 (Diagnostic Inventory of Psychological-Competitive Ability for Athletes; DIPCA)²⁸⁾ を用いた。

また、これらと比較する意味で、一般的な心理特性としての不安を Spielberger ら²⁹⁾ の特性不安尺度 (Trait Anxiety Inventory; TAI) を用いて測定した。さらに、心理的ストレス負荷前後の状態不安の変化には Spielberger ら²⁹⁾ の状態不安尺度 (State Anxiety Inventory; SAI) を用いて測定した。

1.3 実験手順

被検者は実験日前日から激しい運動を避けて生活し、実験当日は朝食をとらず、可能な限り歩行を避け、午前9時に実験室に来室した。30分間の座位安静後、質問紙による心理的特性の測定を行った後、肘静脈にプラスチック製のカニューレを挿入した。その後、さらに30分間の座位安静を保持した後、実験前の採血を行った。

次に、内田クレペリン検査用紙を用い、5分間の暗算による心理的ストレス負荷を行った。ストレス負荷中は心拍数をテレメータにより測定した。また、ストレス負荷直前および終了直後に状態不安の測定を行った。さらに、ストレス負荷中3分と5分に採血を行った。

1.4 統計処理

心理的ストレス負荷に伴う血漿カテコールアミン値の変化は繰り返しのある一要因分散分析 (ANOVA) を用い、時間に伴う変化は Sheffe F-test を用いて多重比較検定を行った。また、心理的ストレス負荷に伴う状態不安の変化は Wilcoxon signed rank test を用いて検定した。いずれの検定も危険率 5% 以下を有意とした。測定値はすべて平均値 ± 標準誤差で示した。

2. 研究結果

2.1 血漿カテコールアミン値と心理的特性との関係

座位安静時の血漿 CA は遊離型エピネフリン (F-E) が $42.3 \pm 5.44 \text{ pg/ml}$ 、遊離型ノルエピネフリン (F-NE) が $257.8 \pm 14.63 \text{ pg/ml}$ であった。遊離型ドーパミン (F-DA) は 19 名中 16 名が最小測定感度 (10 pg/ml) 未満であり、残る 3 名の F-DA はそれぞれ 12.0, 17.0, 18.0 (平均 15.7 ± 1.86) pg/ml であった。血漿 S-CA は抱合型エピネフリン (S-E) が $98.7 \pm 13.27 \text{ pg/ml}$ 、抱合型ノルエピネフリン (S-NE) が $596.9 \pm 42.96 \text{ pg/ml}$ 、抱合型ドーパミン (S-DA) が $2369.7 \pm 264.73 \text{ pg/ml}$ であった。

心理的特性は TAIS が 46.7 ± 2.09 、DIPCA が 167.7 ± 4.34 、TAI が 46.0 ± 1.41 であった。心理的競技能力 (DIPCA) が高い (187 以上) と評価されたものは 19 名中 3 名で、低い (164 以下) と評価されたものは 9 名であった。また、競技特性不安 (TAIS) が高い (53 以上) と評価されたものは 5 名、低い (39 以下) と評価されたものは 5 名であった。それ以外は普通と評価された。

このような心理的特性を持つ被検者の安静時の血漿 CA と TAIS 得点との関係を示した (図 1)。F-DA に関しては 3 名を除き測定感度以下であったため分析を省略した (以下同様)。遊離型、抱合型いずれの CA も TAIS との間に有意な相関関

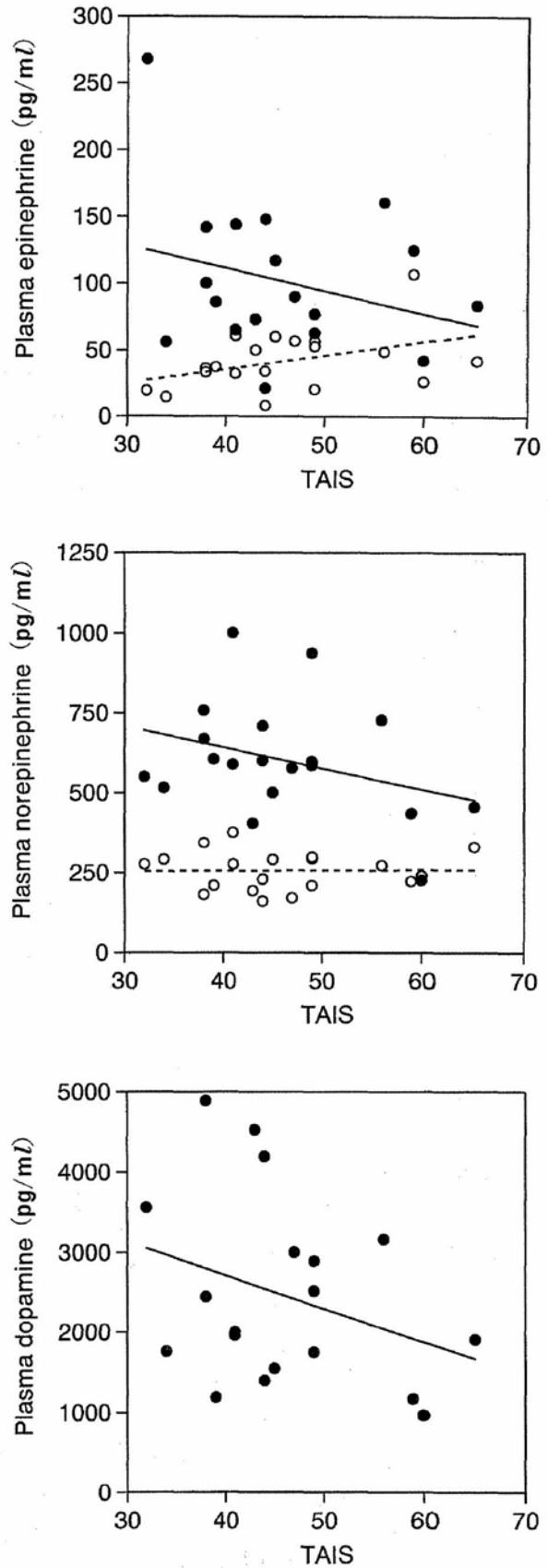


図 1 Relationship between TAIS scores and basal plasma free (○) and sulfoconjugated (●) catecholamins. (—) Linear regression for S-CA; (---) linear regression for F-CA

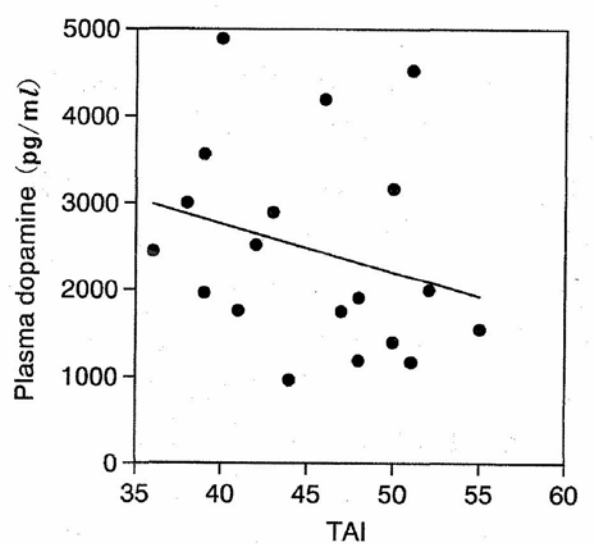
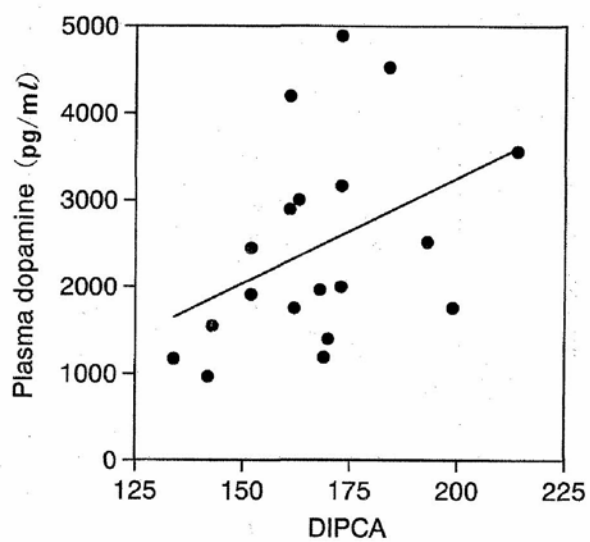
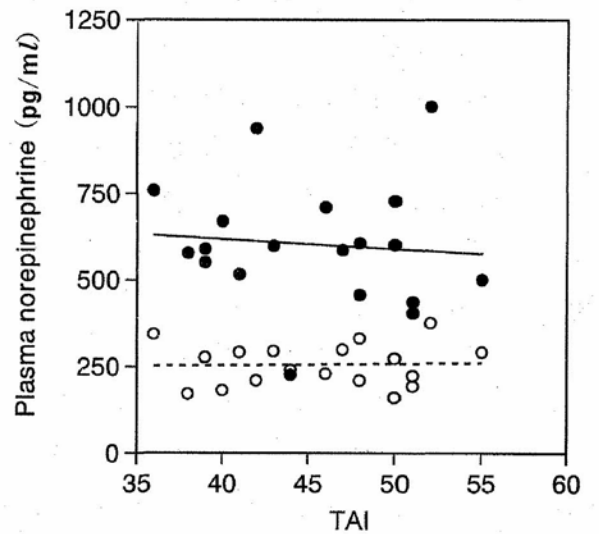
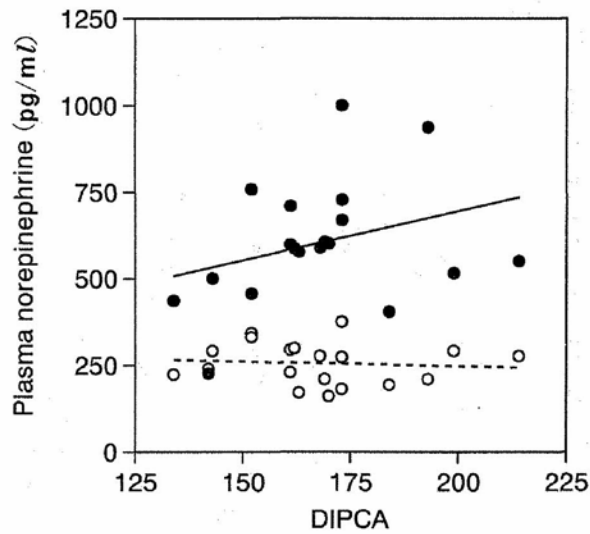
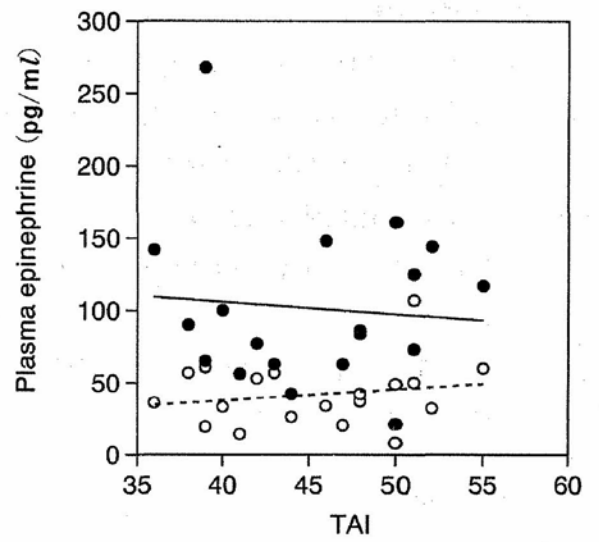
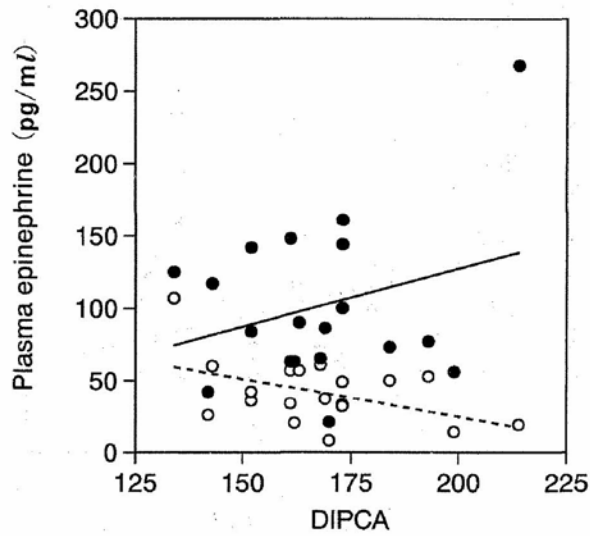


図2 Relationship between DIPCA scores and basal plasma free (○) and sulfoconjugated (●) catecholamins. (—) Linear regression for S-CA ; (---) linear regression for F-CA

図3 Relationship between TAI scores and basal plasma free (○) and sulfoconjugated (●) catecholamins. (—) Linear regression for S-CA ; (---) linear regression for F-CA

係は認められなかったが、F-Eでは正の相関係数 ($r=.422P=.07$) を示したのに対し、S-E ($r=-.274P=.26$), S-NE ($r=-.329P=.17$) および S-DA ($r=-.322P=.18$) では負の相関係数を示し、競技特性不安の高いものは安静時の S-CA が低い傾向が認められた。

血漿 CA と DIPCA 得点との関係を図 2 に示した。F-E と DIPCA 得点との間に有意な負の相関 ($r=-.470$) が認められた ($p<.05$)。これに対し、S-CA では S-E ($r=.286P=.24$), S-NE ($r=.317P=.19$) および S-DA ($r=.415P=.08$) との間には有意ではないが正の相関が認められ、心理的競技能力の高いものほど安静時の S-CA が高い傾向が認められた。

血漿 CA と TAI 得点との関係を図 3 に示した。F-CA, S-CA いずれも TAI との間に有意な相関関係は認められず、他の 2 つの競技特有の心理的特性との相関係数よりもさらに低いものであった。

2.2 心理的ストレス負荷に対する心拍数および血漿カテコールアミン値の応答

分散分析の結果、心拍数は心理的ストレス負荷

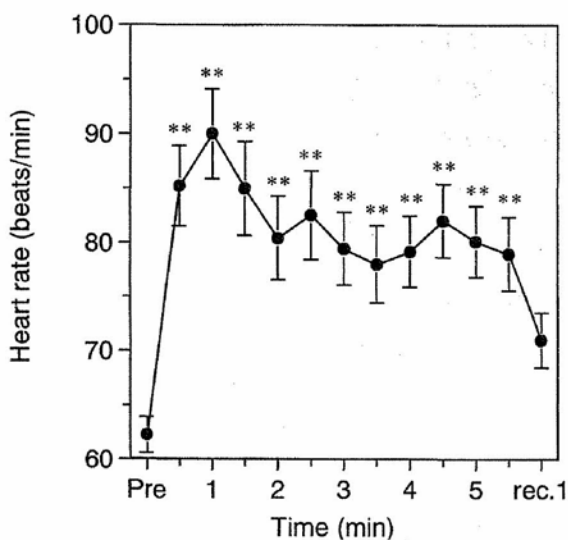


図 4 Heart rate following 5 min mental arithmetic stress test. Asterisk indicates a significant difference form basal value (pre). ** $p<.01$

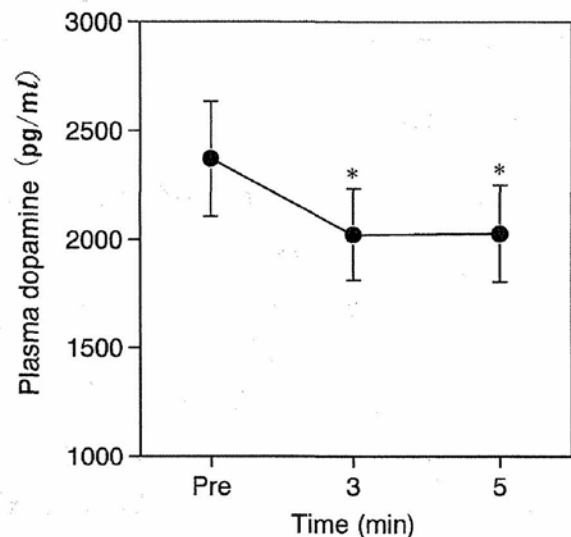
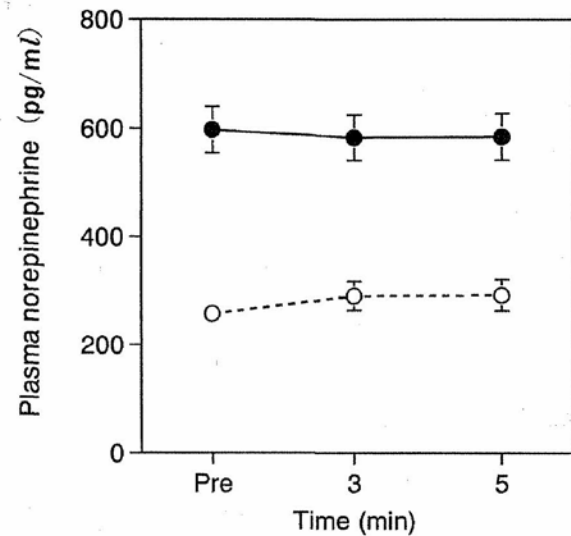
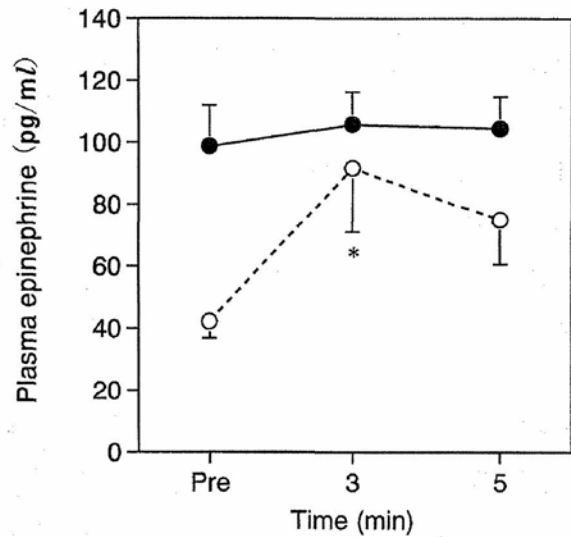


図 5 Plasma free (○) and sulfoconjugated (●) catecholamins. following 5 min mental arithmetic stress test. Asterisk indicates a significant difference forme basal value (pre). * $p<.05$

に伴い有意な ($p < .01$) 変化を示した (図 4)。時間経過に伴う心拍数の変化を多重比較検定した結果、心拍数は負荷前値 62.3 ± 1.67 拍/分から負荷中 30 秒には 85.2 ± 3.68 拍/分へと有意な増加を示した。その後、負荷中 1 分に 90.0 ± 4.17 拍/分のピーク値を示した後、漸減するが負荷終了後 30 秒まで負荷前値に対し、有意な ($p < .01$) 高値を維持した。

心理的ストレス負荷に伴う血漿 CA の変化を図 5 に示した。F-DA に関しては 1 名を除き測定感度以下であったため省略した。分散分析の結果、F-E ($p < .01$) および C-DA ($p < .01$) にのみ有意な変化が認められた。時間経過に伴う血漿 F-E および C-DA の変化を多重比較検定した結果、F-E は負荷前値 42.3 ± 5.44 pg/ml から負荷中 3 分目に 91.8 ± 20.55 pg/ml へと有意な ($p < .05$) 増加を示した後、負荷中 300 秒には 75.1 ± 14.31 pg/ml へと低下し、有意な差は認められなかった。これに対し、C-DA は負荷前値 2369.7 ± 264.73 pg/ml から負荷中 3 分目に 2022.2 ± 210.57 pg/ml、負荷中 5 分目に 2027.3 ± 222.66 pg/ml といずれも有意な ($p < .05$) 低下を示した。SAI 得点による状態不安の変化に関しては有意な変化を認めるには至らなかった。

3. 考 察

血漿総 CA の 80% 以上は硫酸抱合化されている^{4, 6, 17, 19}。血中に放出された F-CA は生物活性を有するが、phenolsulfotransferase (PST) により、抱合化され活性を失う^{1, 2, 5, 13}。したがって、抱合型 CA は CA の貯蔵型であり CA 需要が増大した際、脱抱合し、生理作用をもたらすとされている^{7, 16, 22}。本研究における S-CA は血漿総 CA の 91% をしめ、その内訳は S-E 2.9%, S-NE 17.7%, S-DA 70.4% と S-DA の割合が最も多かった。この割合は他の研究³⁰ とも一致している。

また、ほとんどの被検者の F-DA が測定感度

以下であったことから血漿総 DA に占める S-DA の割合は 99% 以上となる。このように S-DA が高い割合で存在するのは血中 PST が DA と高い親和性をもつためであり、生体内での重要性の大きさを意味しているとされている³⁰。

DA に関しては測定されていないが、血漿中の硫酸抱合の割合と F-E および F-NE 濃度との間に安静時と運動後では正負が逆の相関関係があり、抱合の程度が血漿遊離アミン濃度を決定する要因であることが報告されている⁸。さらに、本態性高血圧患者では S-CA が低下しているという報告¹⁶ もあることから、心理特性に伴う慢性的な心理的ストレスや不安の亢進は慢性的な交感神経副腎系の興奮をもたらす、S-CA の低下をもたらす可能性が考えられる。

本研究で示された心理的競技特性と S-CA、特に S-DA との関係はいわゆる精神力の内容を示す心理的競技能力 (DIPCA 得点) とは正の相関関係を示し、競技特性不安 (TAIS 得点) とは負の相関関係を示したことから、心理的競技能力を示す生理的特性の指標としての有効性の可能性を示しているものと思われる。さらに、一般的な不安特性の指標である TAI 得点との相関より競技特有の不安特性 (TAIS) との相関が高かったことは、これらの生化学的指標がスポーツ競技という特有の状況における不安特性の指標としての有効性を示唆している可能性が認められた。

しかし、本研究において、有意な相関が得られなかったことに関しては、競技不安特性の高い被検者や心理的競技能力の高い被検者を対象としたさらなる検討の必要性があるが、単相関による検討しかなされていないことから、他の要因の介在は否めない。

これまで心理的ストレスに対する交感神経副腎系の賦活の指標として F-CA を用いた研究は多いが、F-CA が体位変化や会話等で容易に変化する^{23, 32} ことや対象者の年齢により心理的ストレ

スに対するEの分泌が異なる³⁾という報告もあり、測定条件の設定によりその値は大きく変動する可能性がある。さらに、F-Eは心理的ストレスに敏感であるのに対し、F-NEの血中での閾値は高いと考えられており¹²⁾、本研究においても有意な変化は認められなかった。したがって、F-CAを心理的特性の指標として用いることは難しいと考えられる。

これに対し、S-CAは姿勢変化^{9, 17, 18)}や冷水テスト¹⁸⁾のような軽い交感神経刺激では変化せず、さらにはアイソメトリックなハンドグリップ中も変わらない¹⁸⁾ことが報告されている。このことはS-CAが急性の生理的変化やわずかな交感神経系の活性の上昇に影響されないことを示唆しているものと思われる。

しかし、これらの先行研究においても心理的ストレスとS-DAの応答について検討したものは見られない。本研究においても、5分間の心理的ストレス負荷に対し、S-EおよびS-NEは有意な変化を示さなかったことは先行研究と同様であるが、S-DAの有意な低下は新たな知見である。しかも、F-Eが心理ストレス負荷5分においてすでに負荷前値に対し、有意な高値を示していないにもかかわらず、S-DAは有意な低下を示したままである。心理ストレス負荷中の心拍数の増大はS-CAの脱抱合に伴うF-Eの増加とこれに伴う交感神経系の興奮によるものと思われるが、負荷中盤から終了にかけて、すでにF-Eは急速に抱合化され非活性されているものと思われる。しかし、血漿総CA中最も高い割合で存在し、貯蔵型のCAとして存在するS-DAはストレス負荷中は抱合化が進んでも回復せず、低値を示したままであった。

以上の結果から、心理的特性として高い競技不安傾向を示す者は慢性的な心理的ストレスや不安から、慢性的な交感神経副腎系の興奮をもたらし、その結果、特性不安との関係に示されたように、

血中S-DAが低値を示す可能性が示唆された。しかし、日常の慢性的な交感神経系の興奮と血中S-DA低下との関係を言及するためには、心理ストレス負荷終了後の回復期についても検討する必要がある、今後の課題となった。

4. ま と め

大学の陸上競技部(短距離、跳躍)およびスキー部(アルペン)に所属する男子学生19名を対象に、心理的ストレス耐性の定量化を目的とし、慢性的な心理的ストレスの指標として血中S-CAの有効性について検討した。結果を以下に要約する。

1. 血中S-CAとTAIS得点の間には有意ではないが負の相関関係は認められ、競技特性不安の高い者は血中S-CAが低値を示す傾向を示した。これに対し、血中S-CAとDIPCA得点の間には有意ではないが正の相関が認められ、心理的競技能力の高い者は血中S-CAが高値を示す傾向が認められた。

2. 心理的ストレス負荷の結果、心拍数は負荷終了後も安静時に対し有意な高値を示した。血中F-Eは負荷中3分目に有意な高値を示した後、低下したのに対し、血中S-DAは負荷中3分目および負荷終了直前(5分目)においても有意な低値を示した。

以上の結果、血中S-CAは心理的競技能力としてのストレス耐性の客観的指標として有効である可能性を示唆した。

文 献

- 1) Anderson, R.J., Weinshilboum, R.M.; Phenolsulfotransferase: enzyme activity and endogenous inhibitors in human erythrocyte, *J. Lab. Clin. Med.*, **94** (1), 158-171 (1979)
- 2) Baranczyk-Kuzma, A., Szymczyk, T.; Lung phenol sulfotransferases. Thermal stability of human and bovine enzymes, *Biochem. Pharmacol.*, **35** (6), 995-999 (1986)

- 3) Barnes, R.F., Raskind, M., Gumbrecht, G., Halter, J.B. ; The effect of age on the plasma catecholamine response to mental stress in man, *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, **54** (1), 64-69 (1982)
- 4) Biondi, M.L., Marasini, B., Locatelli, V., Stabilini, R., Agonstoni, A. ; Conjugation pattern and platelet/plasma distribution of endogenous catecholamines in humans, *Clin. Chem.*, **32** (12), 2206 (1986)
- 5) Bostrom, H., Wengle, B. ; Distribution on phenol and steroid sulphokinase in adult human tissues, *Acta. Endocrinol.*, **56** (4), 691-704 (1967)
- 6) Buu, N.T., Kuchel, O. ; A new method for the hydrolysis of conjugated catecholamines, *J. Lab. Clin. Med.*, **90** (4), 680-685 (1977)
- 7) Cleroux, J., Peronnet, F., de Champlain, J. ; Free and conjugated catecholamines in plasma and erythrocytes during exercise and following recovery, In : Dotson CO, Humphrey JH(eds): Exercise physiology: current select research, vol.1. AMS Press, New York pp.61-68 (1985)
- 8) Davidson, L., Vandongen, R., Beilin, L.J., Arkwright, P.D. ; Free and sulfate-conjugated catecholamines during exercise in man, *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, **58** (3), 415-418 (1984)
- 9) De Champlain, J., Bouvier, M., Cleroux, J., Farley, L. ; Free and conjugated catecholamines in plasma and red blood cells of normotensive and hypertensive patients, Clinical and Experimental Hypertension-Part A, *Theory and practice*, **6** (1-2), 523-537 (1984)
- 10) Dimsdale, J.E., Moss, J. ; Short-term catecholamine response to psychological stress, *Psychosom Med.*, **42** (5), 493-497 (1980)
- 11) Forsman, L., Lindblad, L.E. ; Effect of mental stress on baroreceptor-mediated changes in blood pressure and heart rate and on plasma catecholamines and subjective responses in healthy men and women, *Psychosom Med.*, **45** (5), 435-445 (1983)
- 12) Frankenhauser, M., Dunne, E., Lunberg, U. ; Sex differences in sympathetic-adrenal medullary reactions induced by different stressors, *Psychopharmacology*, **47** (1), 1-5 (1976)
- 13) Hart, R.F., Renskers, K.J., Nelson, E.B., Roth, J.A. ; Localization and characterization of phenol sulfotransferase in human platelets, *Life Sci.*, **24** (2), 125-130 (1979)
- 14) 橋本公雄, 徳永幹雄, 多々納秀雄, 金崎良三 ; スポーツにおける競技特性不安尺度 (TAIS) の信頼性と妥当性, *健康科学*, **15**, 39-49 (1993)
- 15) Hjemdahl, P., Freyschuss, U., Juhlin-Dannfelt, A., Linde, B. ; Differentiated sympathetic activation during mental stress evoked by the stroop test, *Acta. Pyhsiol. Scand.*, **527** (Suppl), 25-29 (1984)
- 16) Huq, A.H., Matsuoka, S., Kurahashi, Y., Kuroda, Y., Ma, S.J., Ohuchi, T., Oka, M. ; Dopamine 4-sulfate : effects on isolated perfused rat heart and role of atria, *Life Sci.*, **43** (20), 1599-1606 (1988)
- 17) Johnson, G.A., Baker, C.A., Smith, R.T. ; Radioenzymatic assay of sulfate conjugates of catecholamines and DOPA in plasma, *Life Sci.*, **26** (19), 1591-1598 (1980)
- 18) Joyce, D.A., Beilin, L.J., Vandongen, R., Davidson, L. ; Plasma free and sulfate conjugated catecholamine levels during acute physiological stimulation in man, *Life Sci.*, **30** (5), 447-454 (1982)
- 19) Kuchel, O., Buu, N.T., Racz, K., De Lean, A., Serri, O., Kyncl, J. ; Role of sulfate conjugation of catecholamines in blood pressure regulation, *Fed. Proc.*, **45** (8), 2254-2259 (1986)
- 20) Ogaki, T., Saito, A., Kanaya, S., Fujino, T. ; Plasma sulfo-conjugated catecholamine dynamics up to 8 hr after 60-min exercise at 50% and 70% maximal oxygen uptakes, *Eur. J. Appl. Physiol.* ; **72** (1), 6-11 (1995)
- 21) Ratge, D., Baumgardt, G., Knoll, E., Wisser, H. ; Plasma free and conjugated catecholamines in diagnosis and localisation of pheochromocytoma, *Clinica. Chimica. Acta.*, **132** (3), 229-243 (1983)
- 22) Ratge, D., Gehrke, A., Melzner, I., Wisser, H. ; Free and conjugated catecholamines in human plasma during physical exercise,

- Clin. Exp. Pharmacol Physiol.*, **13** (7), 543-553 (1986)
- 23) Sagnol. M., Claustre. J., Cottet-Emard, J.M., Pequignot, J.M., Fellmann, N., Coudert. J., Peyrin, L. ; Plasma free and sulphated catecholamines after ultra-long exercise and recovery, *Eur. J. Appl. Physiol.*, **60** (2), 91-97 (1990)
- 24) Sothmann, M.S., Gustafson, A.B., Chandler, M. ; Plasma free and sulfoconjugated catecholamine responses to varying exercise intensity, *J. Appl. Physiol.*, **63** (2), 654-658 (1987)
- 25) Spielberger, C.D. ; Theory and research on anxiety in Spielberger CD (Ed), *Anxiety and behavior*, Academic Press, New York, pp. 3-20 (1966)
- 26) Strobel, G., Hack, V., Kinscherf, R., Weicker, H. ; Sustained noradrenaline sulphate response in long-distance runners and untrained subjects up to 2h after exhausting exercise, *Eur. J. Appl. Physiol.*, **66** (5), 421-426 (1993)
- 27) Strobel, G., Friedmann, B., Jost, J., Bartsch, P. ; Plasma and platelet catecholamine and catecholamine sulfate response to various exercise test., *Am. J. Physiol.*, **267** (4 Pt 1), E537-E543 (1994)
- 28) 徳永幹雄, 橋本公雄, スポーツ選手の心理的競技能力のトレーニングに関する研究(4) - 診断テストの作成, *健康科学*, **10**, 73-84 (1988)
- 29) Ulrych, M. ; Changes of general haemodynamics during stressful mental arithmetic and non-stressing quiet conversation and modification of the latter by beta-adrenergic blockade, *Clin. Sci.*, **35** (3), 453-461 (1969)
- 30) Ward, M.M., Mefford, I.N., Parker, S.D., Chesney, M.A., Taylor, C.B., Keegan, D.L., Barchas, J.D. ; Epinephrine and norepinephrine responses in continuously collected human plasma to a series of stressors *Psychosom Med*, **45** (6), 471-486 (1983)
- 31) Yoshimura, M., Komori, T., Nakanishi, T., Takahashi, H. ; Estimation of sulphoconjugated catecholamine concentrations in plasma by high-performance liquid chromatography, *Annals of Clinical Biochemistry*, **30** (Pt 2), 135-141 (1993)
- 32) Young, J.B., Rowe, J.W., Pallotta, J.A., Sparrow, D., Landsberg, L. ; Enhanced plasma norepinephrine response to upright posture and oral glucose administration in elderly human subjects, *Metabolism*, **29** (6), 532-539 (1980)