

モータースポーツにおける特殊環境条件 の人体生理に及ぼす影響 (Ⅱ)

東京慈恵会医科大学 大 畠 襄
(共同研究者) 同 遠 藤 陽 一 白 旗 敏 克
同 河 野 照 茂 久 富 冲
同 小野寺 昇 佐 藤 美弥子

Physiological Changes of Racing Drivers on Motor Sports (Ⅱ)

by

Nozomu O'Hata, Yoichi Endo, Toshikatsu Shirahata,
Terushige Kohno, Noboru Hisatomi, Sho Onodera,
Miyako Satoh

Department of Sports Medicine

The Jikei University School of Medicine

ABSTRACT

The competitive characteristics of motor sports were clarified by determining physical strength in a variety, cardiac function during a race, loads (acceleration and noise) suffered by drivers during a race, etc., and these results were published in the previous reports (*Descente Sport Science*, 1990). In the present study, the loads suffered by drivers during a race were examined from a viewpoint of blood biochemistry. The subjects are 14 racing drivers in F-3, F-3000, Group C, etc. The test items of hematology are cortisol, the renin-angiotensin-aldosterone system, adrenaline, noradrenaline, other various hormones, enzymes, electrolytes, etc.

As a result, blood cortisol concentrations, which are ususally very

stable, showed very high values after a race. Particularly, in cases with a high speed and a long racing time, a tendency showing a high value was observed. On the other hand, ACTH values showed changes within normal ranges even after a race. The renin—angiotensin—aldosterone system showed a very high value in any case after a race. Also, evaluations in blood concentrations of lactic acid, FFA, myoglobin, etc. were observed. Other blood biochemical findings showed electrolytes, hepatic function, renal function, etc. all in normal ranges.

From the above results, the competitive characteristics of motor sports are raised as follows :

1. Physic stress seemed to belong to the maximum degree in view of the increase in heart rate and the elevations in blood concentrations of cortisol, the renin—angiotensin system, adrenaline, noradrenaline, etc.

2. Motor quantity seems to be moderate or slightly high.

3. The higher the class, the greater the load suffered by a live body. Also, it can be said that the faster the speed in a race or the longer the racing time, the greater the stress.

要 旨

モータースポーツの競技特性を各種の体力測定、レース中の心機能、レース中にドライバーが受ける負荷（加速度および騒音）等を測定し、その特性については前報（デサントスポーツ科学、1990¹⁾）において報告した。今回はレース中にドライバーが受ける負荷について、血液生化学的な面から検討した。対象は、F-3、F-3000、グループCなどのレーシングドライバー20名である。血液の検査項目は、コルチゾル、レニン—アンギオテンシン—アルドステロン系、アドレナリン、ノルアドレナリン、その他各種ホルモン、酵素、電解質などである。

その結果、通常では安定しているコルチゾルの血中濃度が、レース後非常に高い値を示した。特

にスピードが速く、レース時間が長い場合に高値を示す傾向があった。一方、ACTHの値は、レース後でも正常範囲内の変化であった。レニン—アンギオテンシン—アルドステロン系は、いずれもレース後に極めて高い値を示した。また、乳酸値、FFA、ミオグロビンなどに血中濃度の上昇が見られた。他の血液生化学的所見は電解質、肝機能、腎機能などいずれも正常範囲であった。

以上の結果から次のようなモータースポーツの競技特性があげられる。

1. 精神的なストレスは、心拍数の増加、コルチゾル、レニン—アンギオテンシン—アルドステロン系、アドレナリン、ノルアドレナリンなどの血中濃度の上昇からみて、最も高度な部類に属すると考えられた。

2. 運動量としては、中等度ないしやや高度で

あろう。

3. 上位のクラスでは、下位のクラスより生体が受ける負担は大きい。レース中のスピードが速いほど、またレース時間が長いほどそのストレスが大きいといえる。レースのストレスは、サーカディアンリズムに影響を与えるほど大きい。

1. 緒言

モータースポーツの競技特性を、形態、運動要素、呼吸循環機能、筋力、関節運動スピード等から明らかにし、レースが生体に及ぼす影響については、レース中の心電図、ドライバーが受ける加速度、騒音などから検討し前報において報告した。

競技特性を身体的プロフィールから見ると、全身反応時間が優れている点以外は特殊性を見出し得なかった。各種筋力は、部分的には標準値を上回るものもあったが、大部分は平均的なスポーツマンを下回っており、全身持久力も優れていなかった。しかし、レース中の心電図所見をみると、心電図における波形の異常、不整脈などは見られなかったが、心拍数はレース開始と同時に180～190拍/分と非常な高値となり、それがレース終了まで持続することが判明した。

すべての被験者において同様な傾向が観察され、心機能は非常に大きな負荷を受けていると考えられた。そのときの血中乳酸値はトレッドミル走運動等でのオールアウト時の1/2以下であった。最高心拍数に近い領域で運動を継続すると血中乳酸値が高値になるが、モータースポーツでの乳酸濃度があまり高くなっていないことから、高心拍数がいわゆる運動とは異なる機序でもたらされたものであることが示唆された。

そこで今回は、いわゆる精神的なストレスも含めたレース中のドライバーにかかる負荷について、ホルモン、酵素系を中心とした血液生化学的検査を行ない、レースが生体にどのような影響を

表1 モータースポーツの競技カテゴリー

- | |
|--|
| 1) グループN (一般の市販車に近いもの) |
| 2) グループA (改造したツーリングカー) |
| 3) グループB (少量生産されたレース用のスポーツカー) |
| 4) グループC (スポーツプロトタイプカー) |
| 5) グループD (国際フォーミュラレーシングカー, F-1, F-3000, F-3) |
| 6) グループE (フォーミュラリブレ) |

与えているかについて明らかにすることとした。

2. 対象および方法

1) 対象

対象は、日本自動車連盟に所属するレーシングドライバーである。競技カテゴリー²⁾(表1)で分類すると、F-3: 6名, F-3000: 2名, グループC: 2名, グループN: 10名の計20名である。平均年齢は25.6 ± 5.3歳である。

2) レース中の心電図の記録

レース中の心機能の変化を知る目的で、レース中の心電図をホルター心電計(日本光電・H-100, フクダ電子・F-150)により記録した。心電図は、レース開始1時間前からレース終了1ないし2時間後まで記録した。表2に実験を実施した競技カテゴリー、被験者数、実施場所を示す。

3) 血液生化学的検査

血液の検査項目は、表3に示す。採血はレース終了後速やかに行ない、遠心分離器により血清あるいは血漿に分離した後ドライアイスにて凍結保存した。冷却遠心が必要な一部項目については、冷却遠心が現場に用意できないため、検体を事前に氷水にて4℃に冷却して、短めに遠心して対処した。コントロールは、前後にレースのない時にレース後の採血時刻とほぼ同じ時刻に採血して同様の項目について検査した。これは、コルチゾル等の日内変動のある項目が含まれているためである。

表2 レース後の血液検査を実施した競技カテゴリー、被験者数、実施施設および実施日

競技カテゴリー	被験者数	実施施設	実施日
F3	3	筑波サーキット	89. 7. 2
F3	4	管生サーキット	89. 7. 30
グループN	5	筑波サーキット	89. 8. 5
F3000	1	富士スピードウェイ	89. 12. 1
グループC	1	鈴鹿サーキット	89. 12. 3
F3	5	筑波サーキット	90. 6. 10
F3	5	管生サーキット	90. 7. 29
F3000	1	管生サーキット	90. 7. 29

また、2名についてはいわゆる運動時の変化との比較のためにトレッドミルによるオールアウト後の採血を加えて実施した。

4) レース後の睡眠内容の変化

レース中の心拍数や、レース後の血液生化学的検査結果から、レーシングドライバーは重大なストレスを受けていることは明らかである。大きなストレスが生体にかかる時、いわゆる体内時計であるサーカディアンリズムが乱れると言われている。コルチゾルなどもサーカディアンリズムが乱れるとその血中濃度が変化するが、睡眠内容も影響を受けるとされている。

そこで、レースのストレスによって、ドライバーのサーカディアンリズムが変化するかどうかについて、2例で睡眠脳波を測定し、睡眠内容がレース後と通常の時との比較を試みた。脳波計はMEDILOG 9000を用い、レース当日の夜と、コントロールとして前後にレースの無い時を選んで就寝前から翌日の覚せいまでの睡眠中の脳波を記録した。

3. 結果と考察

1) レース中の心機能

レース中の心拍数は、どの例においても非常に高い値を示している。図1にグループCとグループNのレース中の心拍数の変化を示す。ほとんどの被験者において同様のパターンが記録された。そのレースにおける最大心拍数に極めて近い値がレース中を通して持続するのが特徴である¹⁾。これらの被験者で、トレッドミルによるオールアウト時の心拍数が180程度であったことから推測すると、単純な運動負荷においてはこのような心拍数の高値を持続することが不可能なのは明らかである。

また、レースのカテゴリーによって、レーシングカーの性能によるスピードやレース時間の差がある。このことが、心拍数の違いを生じさせることがある。図1は、同じドライバーの異なるレース中の心拍数の変化である。

上位のクラスのドライバーが、明らかにスピードの遅い下位のクラスでレースをすると、上位のクラスより心拍数の値が低くなる傾向があった。しかし下位のクラスでも、そのクラスより上位のクラスのレースの経験の無いものでは、心拍数の値は高い。また、雨の時のコースが濡れて滑りやすい状況では、心拍数はいくぶん低い傾向があった。この場合はドライの時よりスピードが低いいため、このような違いがでるものと考えられる。

このような心機能の変化は、これらの被験者でトレッドミルによるオールアウト時の心拍数が

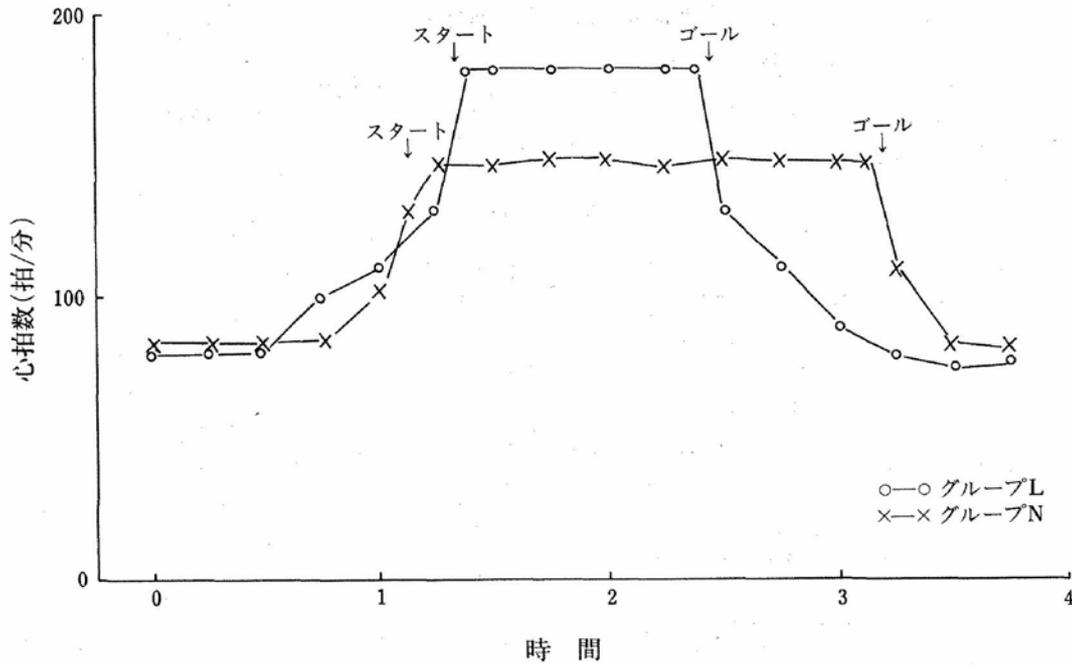


図1 レース前, レース中, レース後の心拍数の変化
同一被験者による競技カテゴリー別の変化を示す。

180程度であったことから推測すると, 単純な運動負荷においてはこのような心拍数の高値を持続することは不可能であるのは明らかであるから, 運動以外の要因, つまり精神的負荷の大きさなども考慮しなければならない。精神的負荷については, 血液生化学的検査の項で考察する。

2) 血液生化学的検査

ドライバーがレースによって受ける物理的な負荷については前報で述べたが, かなり大きなものである。また, 速度が速いことによって危険性が非常に大きいことから, 精神的なストレスも相当なレベルであることが考えられる。レース後の血液生化学的検査を表3に示す。コルチゾル, レニン-アンジオテンシン-アルドステロン系, アドレナリン, ノルアドレナリン, 乳酸などの血中濃度の上昇が見られるが, 電解質, 肝機能, 腎機能などの変化はほとんど見られない。

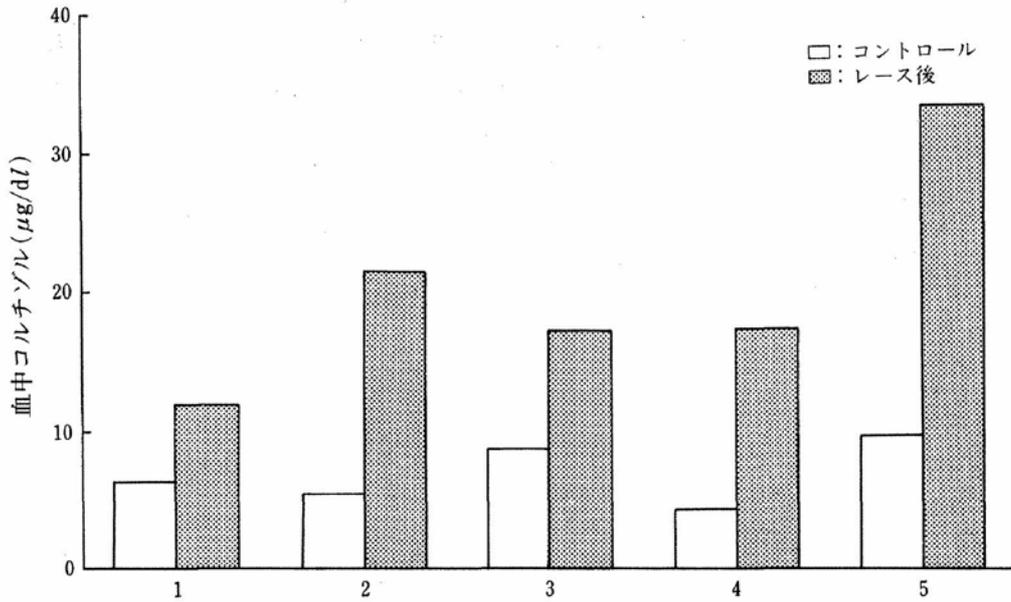
コルチゾルの値は非常に高かった。図2で明らかのように, コントロールと比較してかなり高い数値であり, 単なる運動負荷によって変化する量

表3 血液検査項目

コルチゾル, レニン, アンジオテンシン1, アンジオテンシン2, アルドステロン, ACTH, G-H, β -エンドルフィン
乳酸
GOT, GPT, LDH, ALP, γ -GPT, ChE, ミオグロビン, ビルビン酸, 総脂質, β リポタンパク, トリグリセライド, FFA, 総コレステロール, BUN, クレアチニン, UA, CPK, Na, K, Cr, Ca

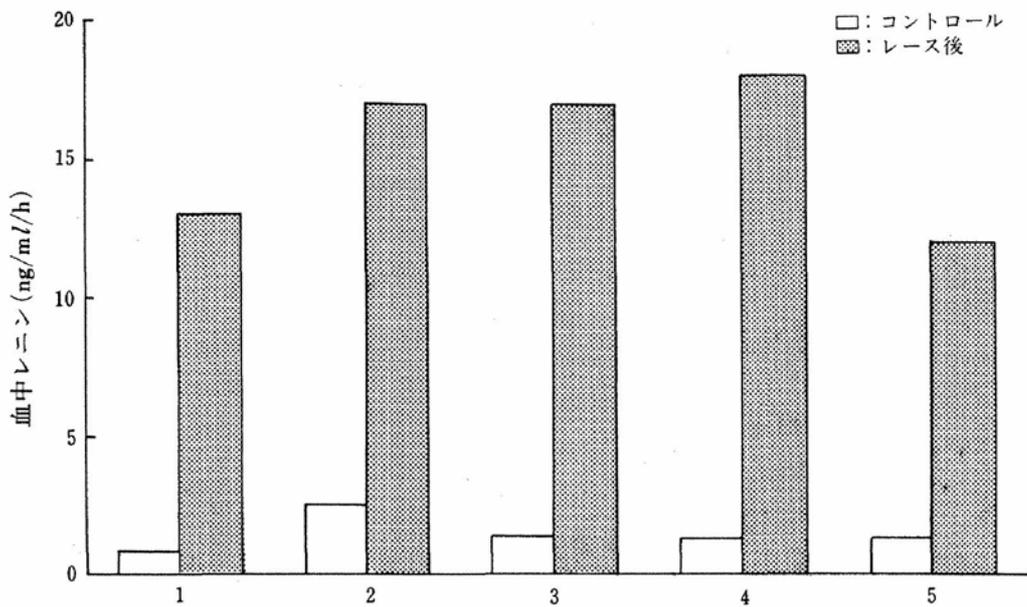
よりは多い^{3,4)}。トレッドミルによるオールアウト後の結果との比較でも, レース後の方が相当に高い値であることから, コルチゾルは運動負荷だけではなくその他の要因, つまり精神的ストレスによって高値を示すと考えられる。

ACTHは特に高値を示さず, コントロールとの有意な差はなかった。ACTHは副腎皮質を刺激し, コルチゾルの分泌を調節しているが, 運動強度により上昇し, 特に100% $\dot{V}O_{2max}$ 時では有意な上昇を示す⁵⁾。また, 運動負荷時間が30分以上になると, 60% $\dot{V}O_{2max}$ でも上昇を示す⁶⁾。レース



1~4 : F3 5 : F3000

図2 レース後の血中コルチゾルの変化



1~4 : F3 5 : F3000

図3 レース後の血中レニンの変化

中の心拍数は、60分以上の長時間にわたって180拍/分を示すが、レース後のACTHは有意な上昇を示さず、コルチゾルだけが高い値となった。これがレースに特有の変化なのかどうかについては、さらに検討を加える必要があると考えられる。

レニン-アンジオテンシン-アルドステロン系も非常に高い値を示している。(図3, 4, 5) レース中は、運転操作による筋活動および精神的ストレスによって血圧が上昇すると考えられ、また高温のため多量の発汗があるため、腎血流量の減少によってこれらの値が高くなるものと考えら

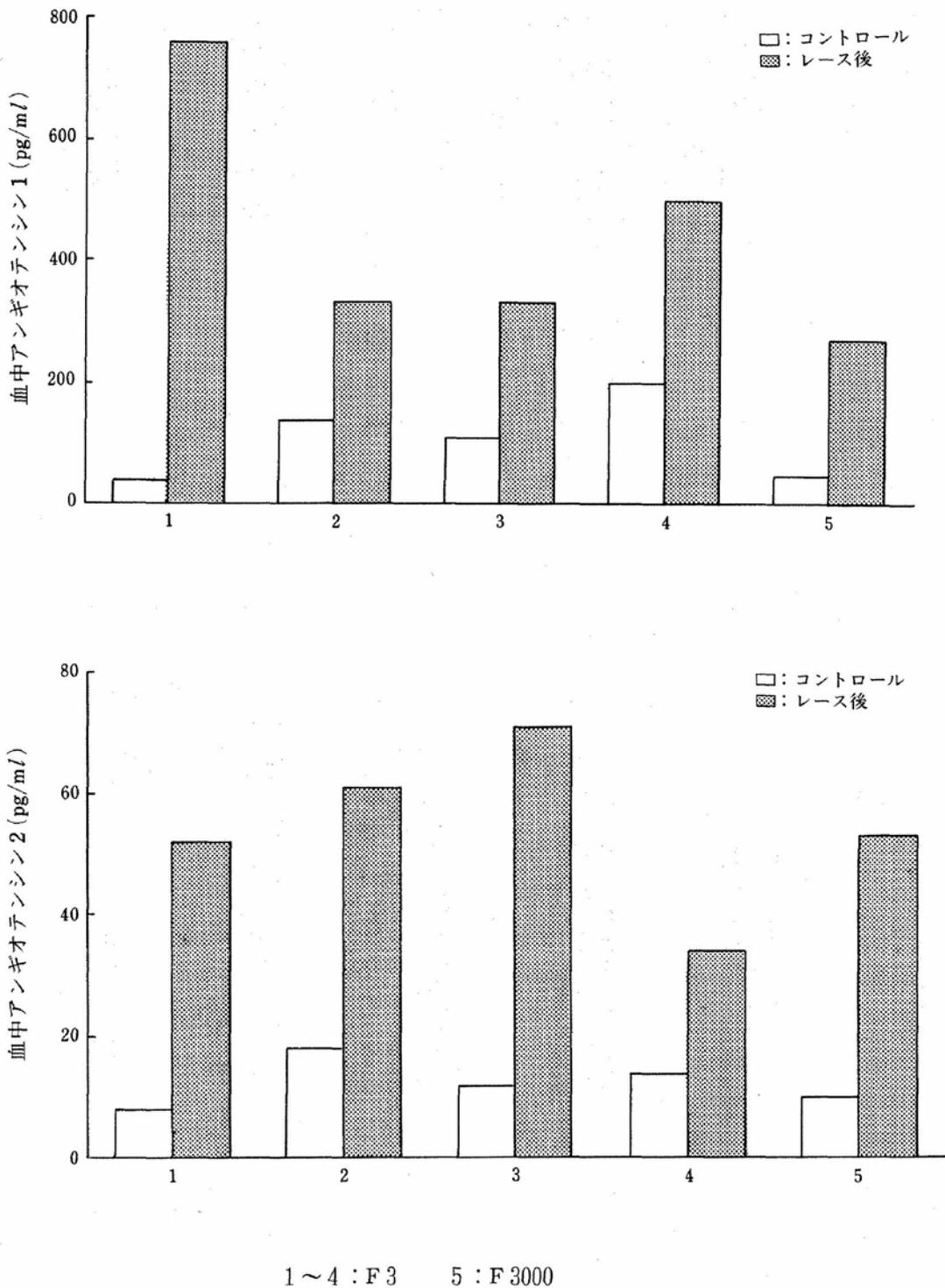


図4 レース後の血中アンジオテンシン1, 2の変化

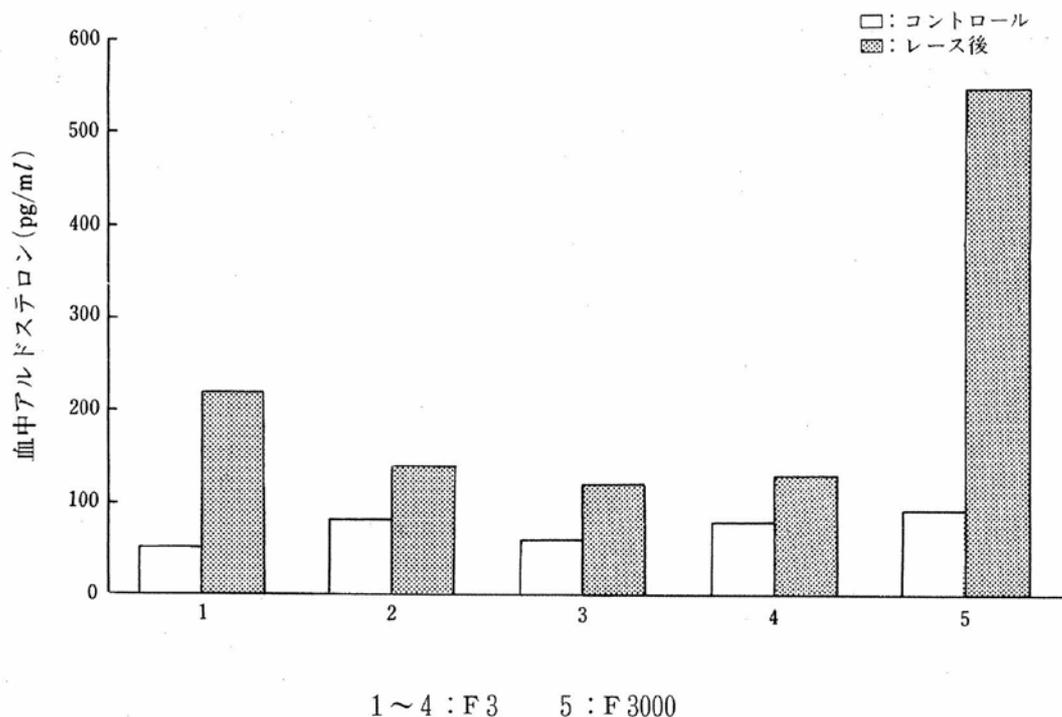


図5 レース後の血中アルドステロンの変化

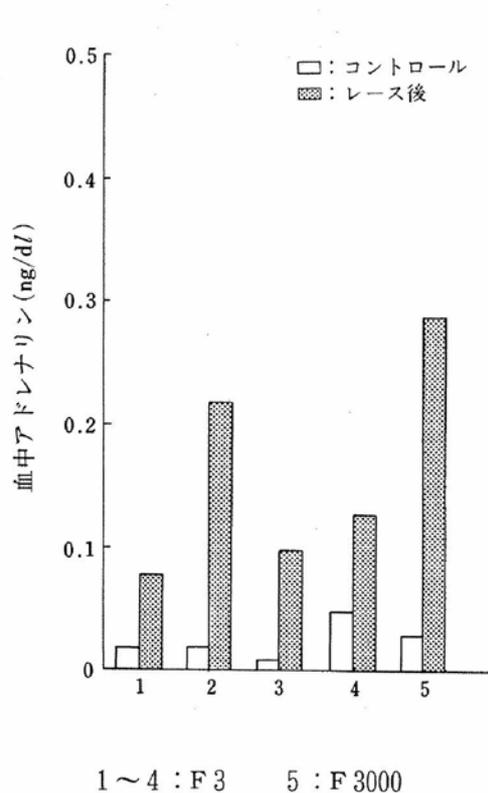


図6 レース後の血中アドレナリンの変化

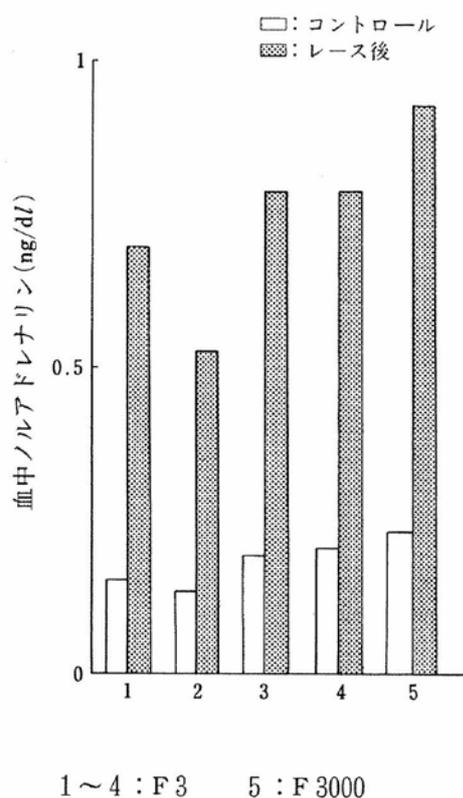


図7 レース後の血中ノルアドレナリンの変化

れる。

レース後の血中アドレナリン、ノルアドレナリンも高い値を示した。(図6, 7) コントロールと

比較して著しく高いが、これも精神的ストレスによって上昇している部分が多くを占めると考えられる。運動負荷でこのような上昇を示すのはかな

りの運動強度の場合である。

乳酸の値も高くなる(図8)。しかし、トレッドミルでのオールアウト後の値はより高い値である(図9)。このことは、レース中の心拍数が180拍/分と非常に高値であるにもかかわらず、レースによる運動負荷が全身持久的運動としてはそれほ

ど高度ではないことを示している。

β -エンドルフィンおよびG-Hは、レース後とコントロールの間で有意な変化は見られなかった。その他、肝機能、腎機能等も異常な所見は見られなかった。

運動強度がどの程度かについて以上の様な結果

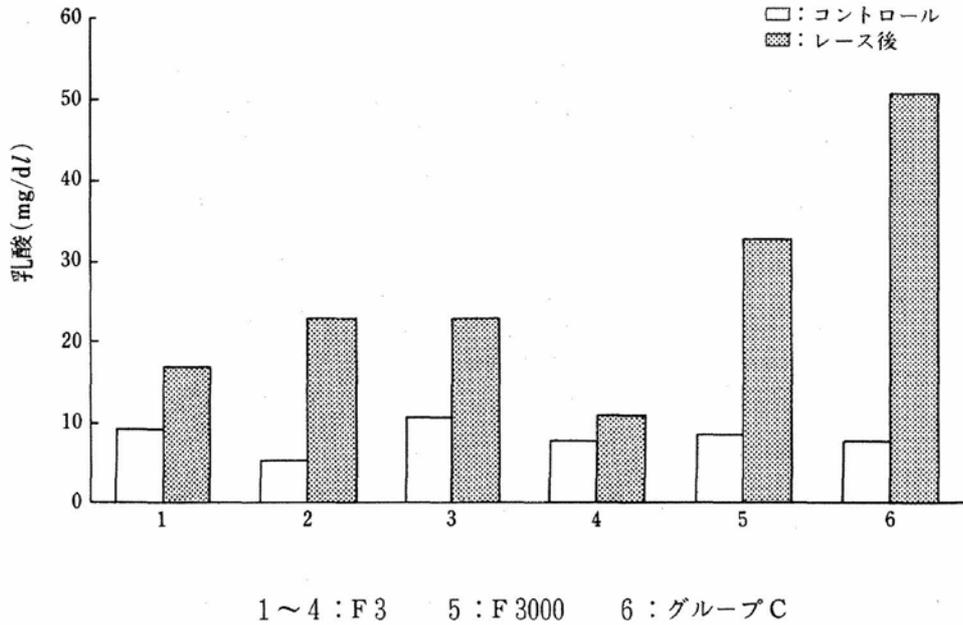


図8 レース後における血中乳酸値の変化

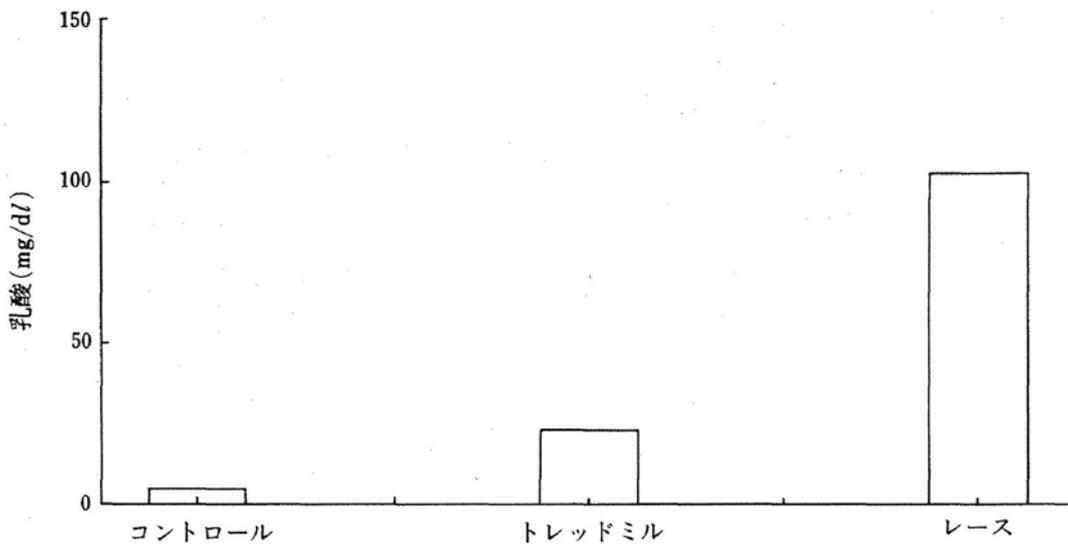


図9 トレッドミルでのオールアウト後とレース後での乳酸値の比較

表4 レースによる睡眠脳波の変化

	STAGE					
	WAKE	REM	1	2	3 + 4	MOVE
CONTROL	18.31	2.91	59.75	8.44	10.05	7.05
RACE	16.01	2.60 ↓	61.81	11.63	12.18 ↑	4.45 % N=2

コントロールは、レースの影響がないと考えられる日を選んで実施した。

SLEEP TIME CONT. 525.0 MIN

RACE 486.5 MIN

から推測すると、ランニングなどの運動と比較した場合、体力に対する負荷は中等度、精神的な負荷は非常に高度、そしてその負荷は相当長い間、持続的にかかるということになる。

3) 睡眠脳波の変化

レース後と通常の時の睡眠脳波の変化を表4に示す。2例のみと症例数が少ないが、レース後は、REM睡眠が減少し、STAGE 3, 4が増加する傾向が見られた。コルチゾルがレース後に大きく変動するので、サーカディアンリズムに影響がでているためと推測できる。通常の運動では、睡眠内容については、ほとんど変化が見られないとされており、このような変化はレースがサーカディアンリズムに影響を与えるほどの大きなストレスになっているためと考えることができる。今後症例を増やして検討する必要があると考えられる。

4. まとめ

モータースポーツという特殊環境における生体の生理的变化を検討してきた。

前報では、身体的プロフィールと競技環境の物理的な特殊性を中心に報告したが、今回は血液生化学的検査を主体に競技特性を検討した。以下にその結果に基づく競技特性を示す。

1) 精神的なストレスは、心拍数、血中コルチゾルの著名な増加からみて、最も高度な部類に属する。長時間に渡ってこのような大きなストレスがかかるスポーツはほとんど類例を見ない。

2) 運動強度としては、中等度である。これは、レースのカテゴリーにより大きく異なるが、最も上位のクラスでは高度である。

前報と今回の研究によって、モータースポーツの競技特性について種々の特殊性が明らかになったが、その多くが他に類例を見ない大きな精神的ストレスによる変化であることは興味深い。今後、モータースポーツに関する研究領域においては、精神的ストレスの面からのアプローチも重要であると考えられる。

文 献

- 1) 大島 襄, 他; モータースポーツにおける特殊環境条件の人体生理に及ぼす影響, デサントスポーツ科学, 11, 2-12 (1990)
- 2) 日本自動車連盟編; モータースポーツイヤーズブック, 日本自動車連盟, 東京, 51-55 (1988)
- 3) Schwaberg G.; Heart rate, metabolic and hormonal responses to maximal psychoemotional and physical stress in motor car racing driver, *Int. Arch. Occup. Environ. health*, 30 (2), 201-217 (1987)
- 4) 鈴木政登; 運動と内分泌, 黒田善雄, 他編; 最新スポーツ医学, 文光堂, 東京 96-121 (1990)
- 5) Farrell, P. A. et al.; Plasma adrenocorticotropin and cortisol responses to submaximal and exhaustive exercise, *J. Appl. Physiol.*, 55 (5), 1441-1444 (1983)
- 6) 跡見順子, 他; 血糖, 運動トレーニングとの関係でみた運動時のホルモン分泌動態, ホルモンと臨床, 32 (6), 521-526 (1984)