

## 6週間のピーキングプログラム中におけるボブスレー選手の血清ホルモン・パフォーマンス・トレーニング量との関係

鈴木 省 三

### I. はじめに

ボブスレー選手の年間トレーニングプログラムは、筋力・パワーの向上を狙いとして作成される。海外の一流選手と比較して、スプリント能力・パワーなどの体力要素が劣る日本選手にとっては、これらの増強が競技力向上の鍵を握る<sup>21) 22) 25) 28)</sup>。

ボブスレーの競技成績は、スタート時に約200~300 kgのソリを押し出す筋力、押し出したソリに加速をつける選手のスプリント能力、高速走行中にソリを操縦するパイロットの正確な操作技術、そしてソリの性能等によって決定されるが、競技中における選手の心理的・生理的負担は極めて大きい<sup>10) 24) 26) 27)</sup>。

ボブスレー選手のオフシーズンのトレーニングは、初速を向上させるためのスプリント・ジャンプ・ウエイトトレーニングが主となり、ローラーボブスレー（実際のソリのランナー部に車輪を取り付けたプッシュ用のボブスレー）、そしてドライバーの正確な操作技術を補うために、スーパースライダーを使用した滑走トレーニング<sup>23)</sup>を導入しながら実施しているのが現状である。

これまで、9ヶ月の長期間にわたる夏期トレーニングは、起床時心拍数や体重の変動さらに運動中の心拍数から求めたトレーニング強度を指標として計画された。しかし近年、国際大会で優秀な成績を収めるためには、選手個々の長期間におよぶトレーニング状況をより一層反

映する適切な生理的パラメーターが必要となってきた。

長期間の身体活動中における血清ホルモンの変動については、一般的適応メカニズム<sup>1) 2) 18)</sup>や身体トレーニング<sup>3) 4) 5) 8)</sup>と密接な関係があることが数多く報告されている。

Häkkinen, k. ら<sup>11) 12)</sup>は、長期トレーニング中のトレーニング強度・量・頻度の設定において、血清テストステロン、SHBG (Sex holmon biding globlin), コーチゾル濃度を継続的に測定することによって、適切に実行できることを示唆した。さらに Urhaosen, A. ら<sup>31)</sup>は、フリーテストステロンやT/C比（血中テストステロン/コーチゾル）の減少が長期トレーニングにおけるオーバートレーニングの警告となることを示唆するなど、血清ホルモンの動向が長期間のトレーニングプログラムの作成に極めて重要であることを明らかにした。

一方、骨格筋の損傷の程度を示す指標となる血清CPK活性値もまたオーバートレーニングの徴候を知る上での検査項目として用いられている<sup>6) 14) 15) 16)</sup>。

本研究の目的は、トレーニング期分けの準備期Ⅲにおいて、6週間のピーキングプログラムを導入し、総トレーニング量（トレーニング強度・量・頻度）の変動からボブスレー選手のトレーニング過程を反映するであろう血中テストステロン、コーチゾル、血清CPK活性値などの血液性状とパフォーマンスとの関係について検討することにより、トレーニングデザインす

なわち年間スケジュールを作成するための基礎的資料を得ることにある。

## II. 方 法

被験者は仙台大学に在籍するボブスレー部員4名と、運動部に所属していない学生2名の合計6名である。

被験者の年齢および形態・体力などの身体特性を Table 1 に示した。

### 1. トレーニング

ボブスレー部員は、著者によりデザインされたピーキングプログラムにしたがって各種トレーニングを実施した。すなわち、このトレーニングが1991年8月12日から9月22日までの6週間プログラムである。

プログラム開始前の10日間は、前プログラムの疲労を取り去る目的で積極的休息を配列した。そして、最初の2週間を“強度期”，中間の2週間を“中度期”，最後の2週間を“軽度期”として総トレーニング量を設定し、コンディション調査表による生理的パラメーター（起床時心拍数・体重・主観的運動強度・筋痛等）や、毎日の挙上重量・走行距離の結果から、選手個々のトレーニング強度・量を調整し、その結果をトレーニングデザインにフィードバックさせながらトレーニングを管理した。

### 2. パフォーマンステスト

ボブスレーコントロールテストは、20m, 60m, 300m, 立ち五段跳, ベンチプレス, スク

ワットの6種目から構成されている。

このテストは、各選手の無氣的スプリント能力, 脚パワー出力, 上肢・下肢の最大筋力を測定し、各種目毎の記録を得点化した合計得点によりボブスレー選手としてのパフォーマンスを評価する基準として活用されている。

コントロールテストは、ピーキングプログラム開始日（8月12日），2週間後（8月26日），4週間後（9月9日），6週間後（日本代表選手最終選考会に当たる9月21日）の4回実施された。

測定時の天候は、1回目が小雨であったが、2, 3, 4回目は晴天であり平均外気温・相対湿度はそれぞれ $21.8 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ ,  $82.5 \pm 10.9\%$ であった。

### 3. 生理的パラメーター

Fig. 1 に、この研究の実験デザインを示した。

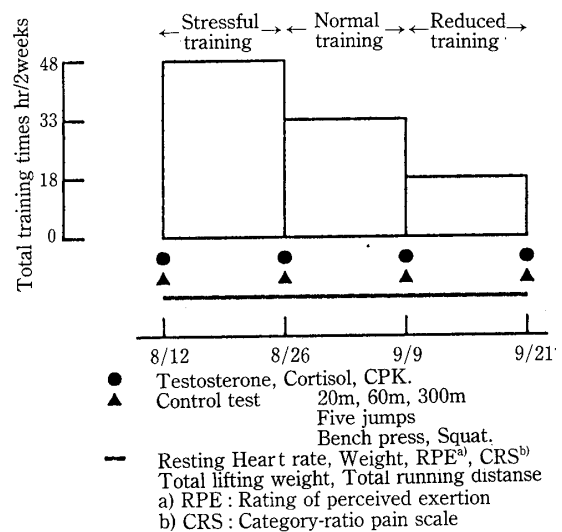


Fig. 1. Experimental design of study.

Table 1. Physical characteristics of the subjects.

	N	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	Vertical jump (cm)	Back strength (kg)
Subject	4	20.8±1.0	173.9±9.0	68.5±6.5	72.5±1.0	192.9±19.4
Control	2	21.5±0.7	165.4±6.5	60.8±6.1	56.0±10.0	160.0±14.1

起床時心拍数・体重・主観的運動強度 (RPE)・主観的筋痛レベル (CRS)・疲労レベルのチェックは、選手に毎日記入してもらったコンディション調査表によった。

前腕静脈からの血液サンプルの採取は、4回のコントロールテスト実施日と同じ日に、前日の午後9:00以降の飲食物の摂取を禁じる条件下で、測定日の朝8:00に行なわれた。

血漿テストステロン・コーチゾルは、RIA固相法、血清 SHBG は時間分解蛍光免疫法、血清 CPK 活性値は UV(NAC) 法を用いて分析された。

すべてのホルモンは、2重に分析された。

各トレーニング期前後間の各値の有意差検定は、Student's t test によった。

### III. 結 果

#### 1) 総トレーニング量

Table 2 には、6週間のピーキングプログラム実施中における総トレーニング量の変動について示した。“強度期”における重量物挙上のトレーニング強度は、最大挙上重量の平均 $82 \pm 8\%$  RM で実施し、2週間の平均総挙上重量が $41.5 \pm 5.2$ トンで、1日当たり平均2.8トンのトレーニング量を消化した。トレーニング頻度については、2週間に19回のトレーニングセッションを設定し、トレーニング対休息比を3対1として実行した。1トレーニングセッションの

所要時間は平均150分であった。

“中度期”におけるトレーニング強度は、最大挙上重量の平均 $80 \pm 5\%$  RM で実施しており、2週間の平均総挙上重量が $22.3 \pm 9.0$ トンで、1日当たり平均1.6トンのトレーニング量を消化した。トレーニング頻度は、2週間に11回とし、3対1比プログラムにより実行した。1トレーニングセッションの所要時間は平均180分であった。

“軽度期”におけるトレーニング強度は、最大挙上重量の平均 $80 \pm 7\%$  RM で実施しており、2週間の平均総挙上重量が $6.3 \pm 3.0$ トンで、1日当たり平均0.5トンのトレーニング量を消化した。トレーニング頻度は、“中度期”と同様であり、1トレーニングセッションの所要時間は平均100分であった。

#### 2) 血液性状とパフォーマンス

Table 3 にピーキングプログラム実施中における被験者群とコントロール群の血中テストステロン、フリーテストステロン、SHBG、コーチゾル、CPK、コントロールテスト総得点（以下総得点とす）の各変動を示した。

被験者群における血中テストステロンの分泌動態には、“強度期”“中度期”“軽度期”ともに大きな変化はみられないものの、コントロール群に比較していずれも低い値を示した。

フリーテストステロンの分泌動態については、“軽度期”後に $33.7 \pm 7.9$  pg/ml と最高値

Table 2. Training intensity, volume, frequency and average training time of session in the subjects during 6-weeks of training.

	Intensity %R.M.	Volume ton	Frequency times	Average training time of session min
Stressful training	$82 \pm 8$	$41.5 \pm 5.2$	19	150
Normal training	$80 \pm 5$	$22.3 \pm 9.0$	11	180
Reduced training	$80 \pm 7$	$6.3 \pm 3.0$	11	100

Table 3. Plasma testosterone, cortisol, serum free testosterone, SHBG, CPK and total point of control test in the subjects before and after 2.4 and 6 weeks of training.

		Stressful ← training →		Normal ← training →		Reduced ← training →	
		1	2	3	4		
Testosterone	Ⓢ	789±139	797±150	786±59	882±288		
ng/dl	ⓐ	863±110	1175±95	1125±15	1130±110		
Free testosterone	Ⓢ	26.3±3.7	29.7±6.1	28.1±3.0	33.7±7.9		
pg/ml	ⓐ	23.6±6.0	44.3±3.0	45.9±9.1	46.0±6.0		
SHBG	Ⓢ	32.5±2.9**	47.5±5.7*	38.5±4.6	35.5±4.3		
nmol/l	ⓐ	37.8±5.8	39.5±1.5	34.0±10.0	42.3±5.8		
Cortisol	Ⓢ	11.5±3.2	12.8±1.4	12.4±4.3	14.8±3.6		
μg/dl	ⓐ	16.4±1.5	20.2±0.4	17.2±2.6	15.6±1.5		
CPK	Ⓢ	131.5±8.5**	378.5±133.4	161.8±28.6	138.3±21.7		
IU/l/37°C	ⓐ	122.5±7.5	85.0±12.0	90.5±3.5	94.0±8.0		
Total point of control test score	Ⓢ	340±53**	318±34	405±20**	428±16		

Ⓢ : Subject ⓐ : Control

(\*:p<0.05, \*\*: p<0.01)

を示したものの、有意差は認められなかった。さらに、コントロール群と比較して2, 3, 4回目の測定で低い値を示した。

SHBGの分泌動態は、“強度期”後に47.5±5.7 nmol/lと極めて高い値(p<0.01)を示し、総トレーニング量の減少に同期しながら“軽度期”後には初期の水準まで回復した。しかし、コントロール群には4回の測定で有意な変動は認められなかった。

コーチゾルの分泌動態は、フリーテストステロンと同様な変動パターンであった。

血清CPK活性値は、“強度期”後にトレーニング前値よりも有意に増加(p<0.05)したものの、4回目には初期水準まで回復した。コントロール群は、測定期間中において被験者群よりも低い値を示した。

パフォーマンスの指標としている総得点の変動をみると、1回目が340±53点、“強度期”後に318±34点と最も低い値(p<0.01)を示した。“中度期”後には405±20点と1回目の得点水準に回復し、4回目の最終選考会においては、被験者全員が428±16点と自己最高得点を獲得

することができた。

その結果、被験者3名が世界Jr選手権大会の日本代表選手に選抜され、国際大会に出場することができた。

#### IV. 考 察

スポーツ選手のトレーニングの最終目的は、重要な試合場面で最高の力を発揮できるように準備することであり、試合は選手の準備したレベルをみる最終的なテストともいえる。しかし、試合のための準備は、多くの変数が複合され相互作用をもたらすことから、トレーニングデザインを作成する際に、スポーツ種目が極めて重要となる<sup>20)</sup>。

Thayer. R.<sup>29)</sup>は、刺激・過負荷・適応そしてトレーニング効果の過程が超回復サイクルに関連していることから、このサイクルの最大利得を得る目的で、運動と休息を交互に置くプログラムの作成が肝要であり、この点が年間トレーニング計画を立案する上で極めて重要なポイントになることを指摘している。

Smith D. J.によると、トレーニング期分けの目的は、めざす競技会において選手のパフォーマンスをピークにもって行けるように、トレーニングスケジュールの構成を配分することであると述べており、仙台大学ボブスレー・リュージュ部の年間トレーニング計画もこの理論にもとづいて作成された (Fig. 2)。すなわちその期分けで配分される各サイクルを、マクロサイクル、メゾサイクル、マイクロサイクルに分けた。

マクロサイクルとは、準備期または試合期を形作るメゾサイクルからなる期間である。メゾサイクルとは、特別なトレーニング目的またはパフォーマンスの構成要素を強化することに集中する2～5週間のトレーニング期間である。マイクロサイクルとは、単一のメゾサイクルのなかで2～4回繰り返される最大7日間までの期間である。

1991年度におけるボブスレー部のトレーニングデザインは、3つの準備期、2つの試合期そして休息期からなるマクロサイクル、さらにそれを13に細分化したメゾサイクルで構成され、選手個々の目的に応じたトレーニングスケジュールをマイクロサイクルに組み込みながら実施した。

4月1日から、各メゾ周期の目的であるスタミナ・スピード・筋力・パワー等の増強に応じ、トレーニング強度・量・頻度を設定し、特に高筋系・低エネルギー系トレーニングを主としてプログラムを作成した。

6月には海外派遣選手を決定する第1次選考会に出場し、9月に開催される最終選考会に向けて準備を継続する。この最終選考会の成績に応じて海外派遣選手が決定され、日本代表選手に選抜されれば10月末から海外遠征に参加する。そして、海外遠征期間の成績によって、世

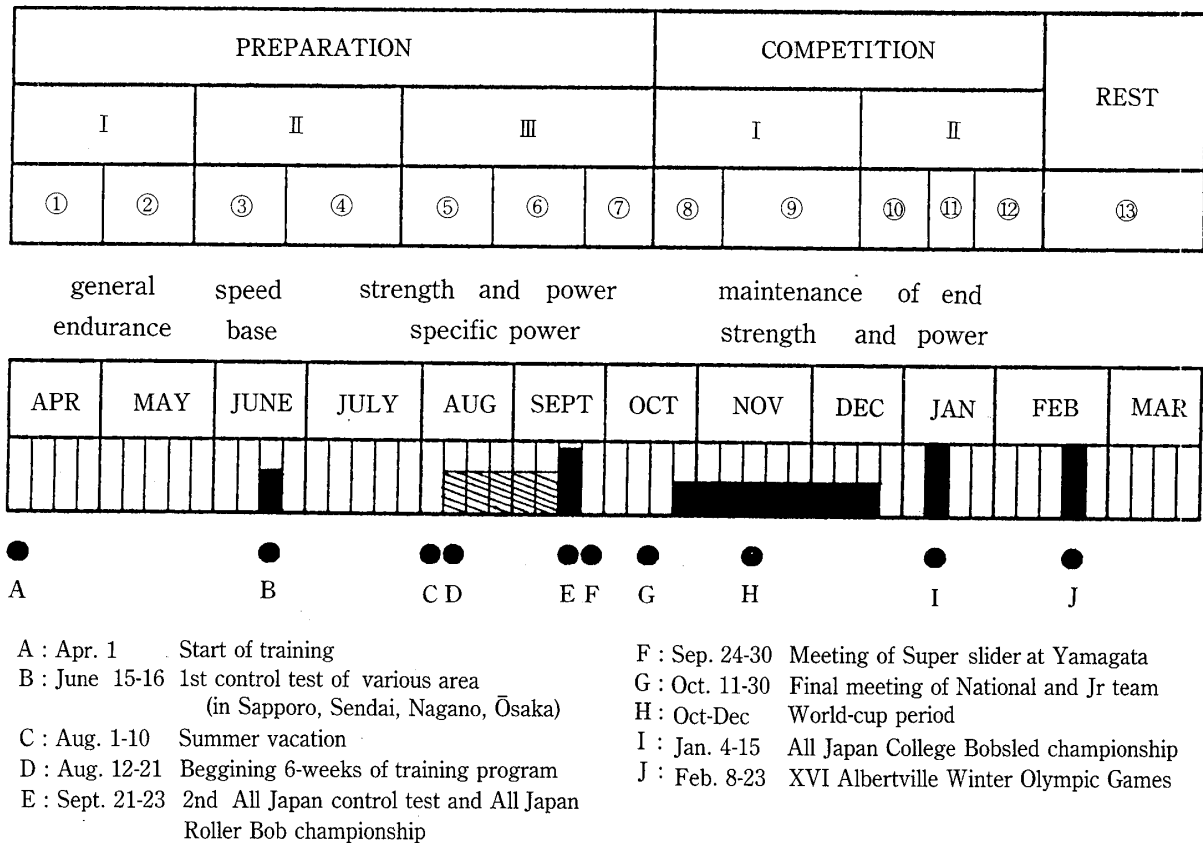


Fig. 2. Training design of Sendai Collegige Bobsleigh team in 1991/92.

界 Jr 選手権, ワールドカップ, オリンピック 冬季大会などの出場選手が最終決定され, さらに本大会に向けて準備を進める。

一方, 選抜されない選手は, 10月前半から再度パワー向上のための陸上トレーニングを重ね, 1月に開催される全日本学生選手権大会にピーキングの照準を絞る。

極めて重要である9月の最終選考会前に実施した6週間のピーキングプログラムにおいて, Fig. 3に示すように平均挙上重量・主観的筋痛レベル, さらに血清CPK活性値が変動した。

平均挙上重量の内容はベンチプレスとスクワット種目であるが, 被験者 N. K. の“中度期”における挙上重量が他の3選手より減少しているものの, “強度期”が1日当たり平均2.8トン, “中度期”が1.6トン, そして“軽度期”が0.5トン, とトレーニング量は減少した (Fig. 3A)。

主観的筋痛レベル<sup>13)</sup>の変化をみると, 個人差があるものの, 平均値で“強度期”が強い,

“中度期”がやや強い, “軽度期”がやや弱いというように筋痛レベルも低下した (Fig. 3B)。さらに N. K. の6週間プログラム中における筋痛レベルの変動をみると, プログラム開始2日目には極めて高い水準に上昇したものの, その後上下動を繰り返しながら最終選考会に向けて徐々に減少傾向を示し, 大会当日には筋痛がない状態で臨んでいた。(Fig. 3C)

血清CPK活性値の変動は, “強度期”後に前値の2.9倍と急激に上昇した。しかし, “中度期”後には急激に減少し, “軽度期”後には138 IU/l/37°Cと前値の水準まで回復した (Fig. 3D)。

野坂ら<sup>14) 15)</sup>は, ドロップジャンプのような激しい運動の繰り返しば筋痛の程度は高いが, 血清CPK値はほとんど上昇しないことを報告している。また Fellmann, N. ら<sup>6)</sup>は, 10時間のトライアスロンよりも24時間耐久ランニングの方にCPK値の上昇が大きいことを明らかにしている。さらに新畑ら<sup>16)</sup>は, ランナー

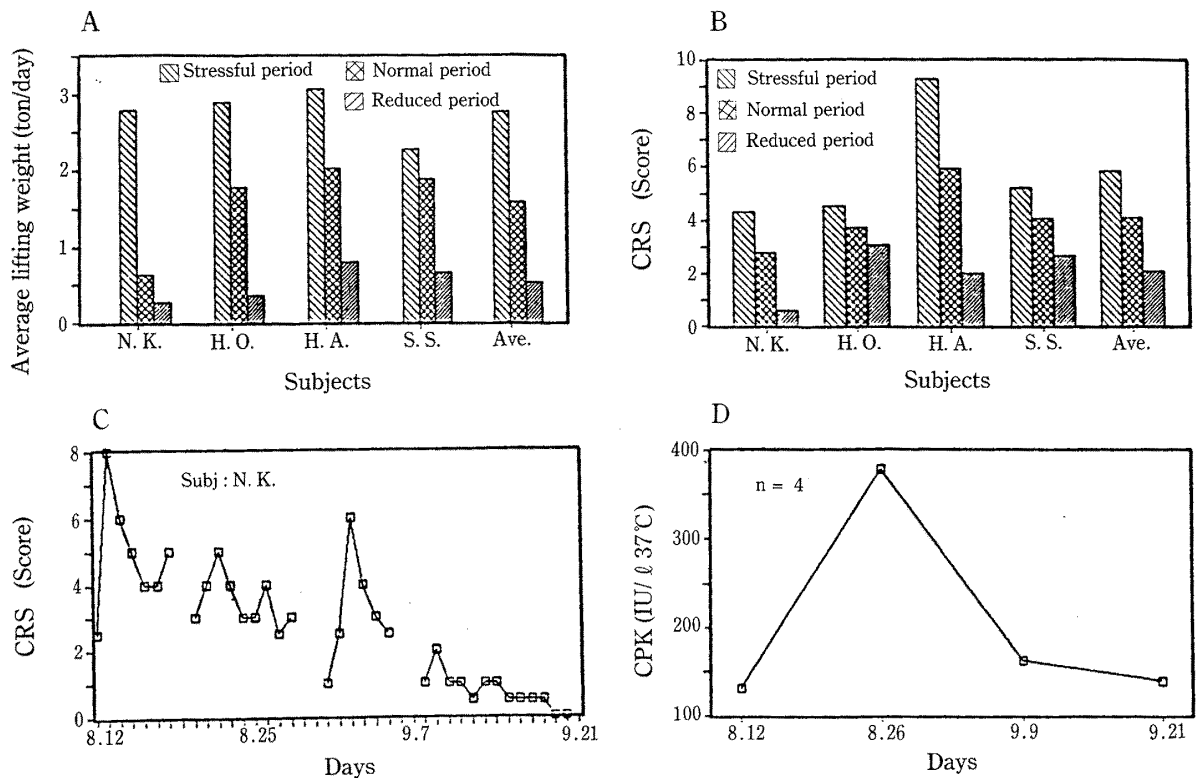


Fig. 3. Average lifting weight, CRS, and CPK variation during 6-weeks of training.

の合宿期間中のトレーニングにおいて、2日目には2倍に上昇し、以後も前日に比較し有意な上昇が続いたことから、CPK値とトレーニング量との間に密接な関係があることを報告した。

本研究結果からも、トレーニング強度は“強度期”“中度期”“軽度期”ともに80% RM水準で継続していたことから、CPK値はトレーニング強度というよりはむしろトレーニング量を反映して上昇することが示唆された。

これらのことから、6週間のピーキングプログラムにおける総トレーニング量の設定は、適切にデザインできたと思われる。

6週間プログラム実施中の血中テストステロン、フリーテストステロン、SHBG、コーチゾルについて、被験者群とコントロール群の平均値の変動をFig. 4に示した。

血中テストステロン濃度は、一過性の運動に対して他のホルモン同様増加するものの、激しい長時間におよぶマラソンなどの運動後には、その濃度が低下すると報告されている<sup>9) 17)</sup>。また長距離ランナー<sup>7)</sup>や試合期のレスラー<sup>19)</sup>では、安静時の濃度が低いことも報告されている。

そこで、6週間プログラム実施中における、血中テストステロン、フリーテストステロンの分泌動態をみると、10日間の積極的休息後の値が被験者群とコントロール群で同レベルなのに対し、“強度期”“中度期”“軽度期”後において、いずれもボブスレー選手がコントロール群に比較し低値を示した。しかし、コーチゾルは、“強度期”“中度期”後においてボブスレー選手が低値を示したものの、“軽度期”後には両群とも同様な値を示した (Fig. 6)。

これらのことから、6週間プログラム前における10日間の積極的休息により、前プログラムのストレス下の反応が消去されていることを内分泌の変動からも再確認できた。さらに、本プログラム実施中の被験者群は、コントロール群に比べ強いストレスが生じていたことも同時に示唆された。

テストステロンの分泌動態は、視床下部—下垂体—性腺系に、コーチゾルは、視床下部—下垂体—副腎皮質系に依存することから、両者は極めて関連が深い。すなわち、コーチゾルの分泌亢進が、視床下部—下垂体—性腺系のいずれの機能をも抑制することから、テストステロンの低値が、視床下部—下垂体—副腎皮質系の亢進による可能性が高いことが示唆されている<sup>30)</sup>。同様にラットの研究からも、アンドロゲンの低濃度は、コーチゾルレセプターの数を増加させ、筋組織内でのコーチゾルの取り込みを

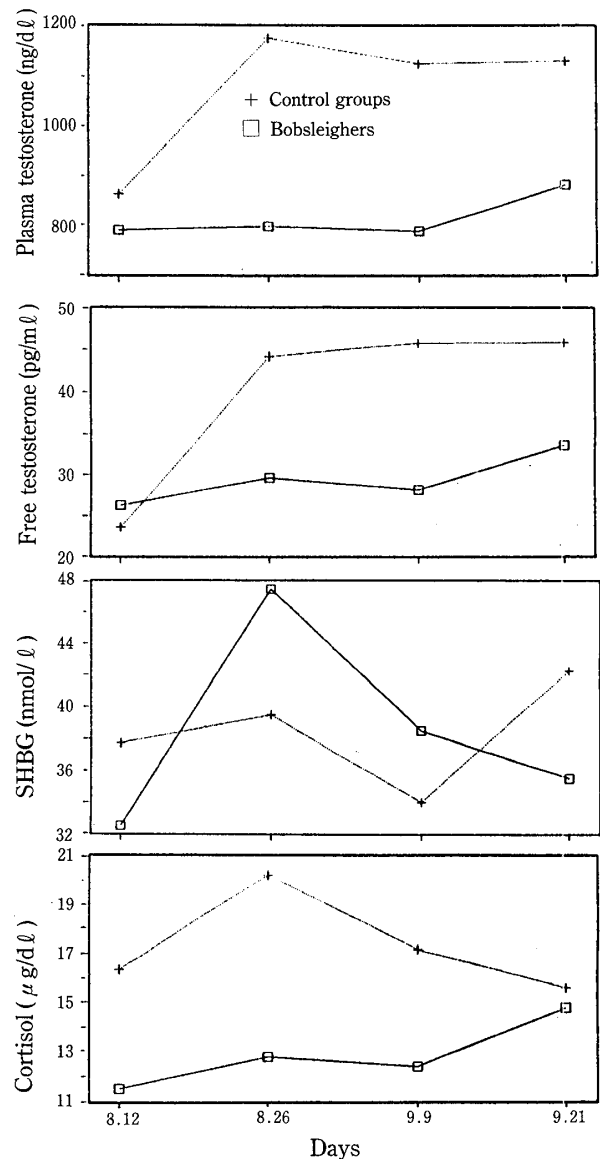


Fig. 4. Variation of physiological parameter during 6-weeks of training.

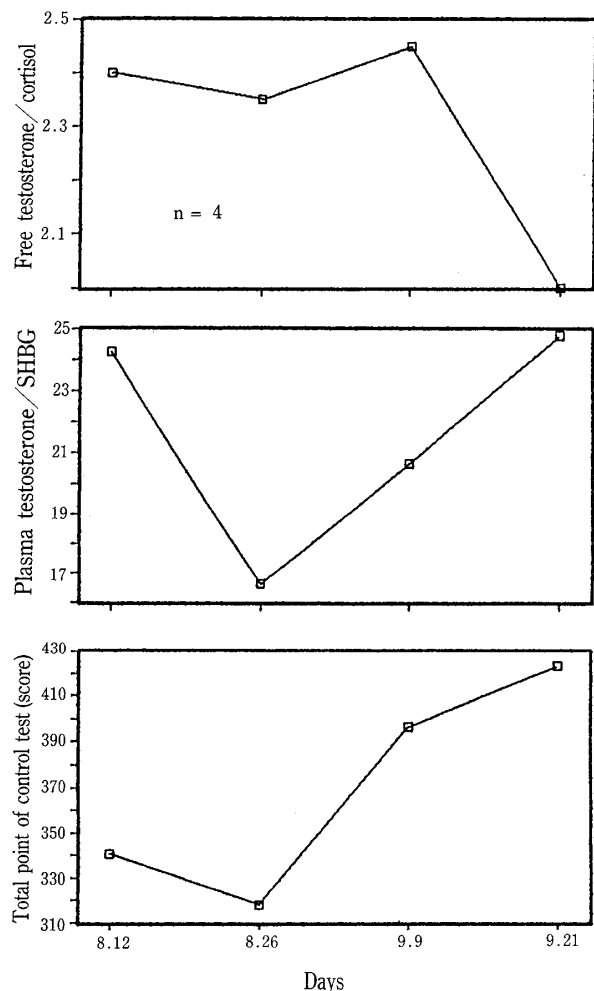


Fig. 5. Variation of T/C, T/SHBG and total point of control test during 6-weeks of training.

促進させる。長期間にわたり疲労困憊に至るトレーニングによって上昇するコーチゾルの高濃度は、同化作用に変わり、細胞内で蛋白の異化作用を促進することも報告されている<sup>3)</sup>。

また血中テストステロンは、約80%が性ステロイドホルモン結合グロブリン (SHBG) と、19%はアルブミンとそれぞれ結合し、1%程度が真のアンドロゲン活性を有するフリーテストステロンであるといわれる。したがって、SHBG に結合するテストステロンは生理的に非活性であることから、コーチゾル同様、SHBG の上昇は骨格筋の増強を抑制することになる。

以上の観点でみると、4回目の最終選考会当日は、生理的活性を持つフリーテストステロンの上昇、SHBG の低下で、選手のコンディションが上向いたと考えられたものの、コーチゾルも同様に急激に上昇していることから、個々の測定項目だけでは、コンディション評価の指標としては適切でないことが示唆された。

すなわち、テストステロンは同化作用、コーチゾルは異化作用を持つホルモンであることから、筋力・パワーの向上を目的としてトレーニングを行うボブスレー選手にとって、前者の低値・後者の高値は骨格筋の発達にマイナスに作用する。

そこでT/C比、総テストステロン/SHBG比 (以下総T/S比とす) と、パフォーマンスの指標として用いた総得点との関係を比較したのが Fig. 5である。

T/C比は、オーバートレーニングや筋力の増減、もしくはコンディションの指標となると報告されている<sup>3) 4) 30) 31)</sup>。

ボブスレー選手の6週間プログラムにおけるT/C比の変動は、“強度期”“中度期”において先行研究と同様な分泌傾向を示したものの、“軽度期”後ではコーチゾルの分泌がフリーテストステロンを上回ったことからT/C比は減少した。

しかし、総得点は“強度期”“中度期”に同期しながら変動したものの、“軽度期”後に被験者全員が自己新記録の最高得点をマークした。

したがって、ボブスレー選手のパフォーマンスとT/C比の間には相関関係が認められず、先行研究<sup>3) 4) 11) 12) 31)</sup>のコンディションに対する指標としての有効性は今回の6週間プログラムの実験デザインにおいてはみられなかった。

このことはパフォーマンステストの質的条件に関係すると考えられる。なぜならば、1・2・3回目のテストは、いずれもコンディションのチェック・評価・処方を目的に実施している。しかし、4回目のテストは、海外派遣選手を決定する最終選考会と位置づけられており、



選手のテストに対するモチベーションが極めて高い状況下にある。すなわち、これらの心理的要因が、視床下部—下垂体—副腎髄質系をも刺激し、カテコールアミンの分泌を促進することによって血中テストステロンの分泌が、一層抑制されたものと推察される。

したがって、T/C比とパフォーマンスとの関連をなお一層注意深く観察するためには、質的条件の整備や測定日時をコントロールすることが今後の課題となるであろう。

総T/S比は、2回目に減少、4回目に1回目の値を上回った点ではコントロールテスト総得点と一致した。

そこで、総T/S比と、総得点、テストを構成しているスプリント種目、立ち五段跳、筋力を個別に比較するため、1回目のそれぞれの値を0%で示し、2、3、4回目の変動値をΔ%で表示したのがFig.6である。

各シンボルマークは、それぞれ4名の被験者を示している。

被験者S. S. (Δで示した)の総T/S比と総得点との関係を見ると、“強度期”のトレーニング後において総T/S比が33%減少し、その結果パフォーマンスも同様に5%下がった。その後“中度期”のトレーニングによって、“強度期”よりも総T/S比が16%回復し、パフォーマンスも17%上昇した (Fig.6 D)。

“軽度期”のトレーニングによって、“強度期”よりも総T/S比が70%に回復 (1回目の値よりも37%の増加) し、パフォーマンスも21%増加したが、この傾向は被験者S. S.に限らず、4名の被験者全員にみられた。

総T/S比と2・3・4回目の総得点のΔ%を統計処理すると、N. K.は (r=0.95, P<0.01), H. O.は (r=1.0, P<0.01), H.A.は (r=0.96, P<0.01), そしてS.S.も

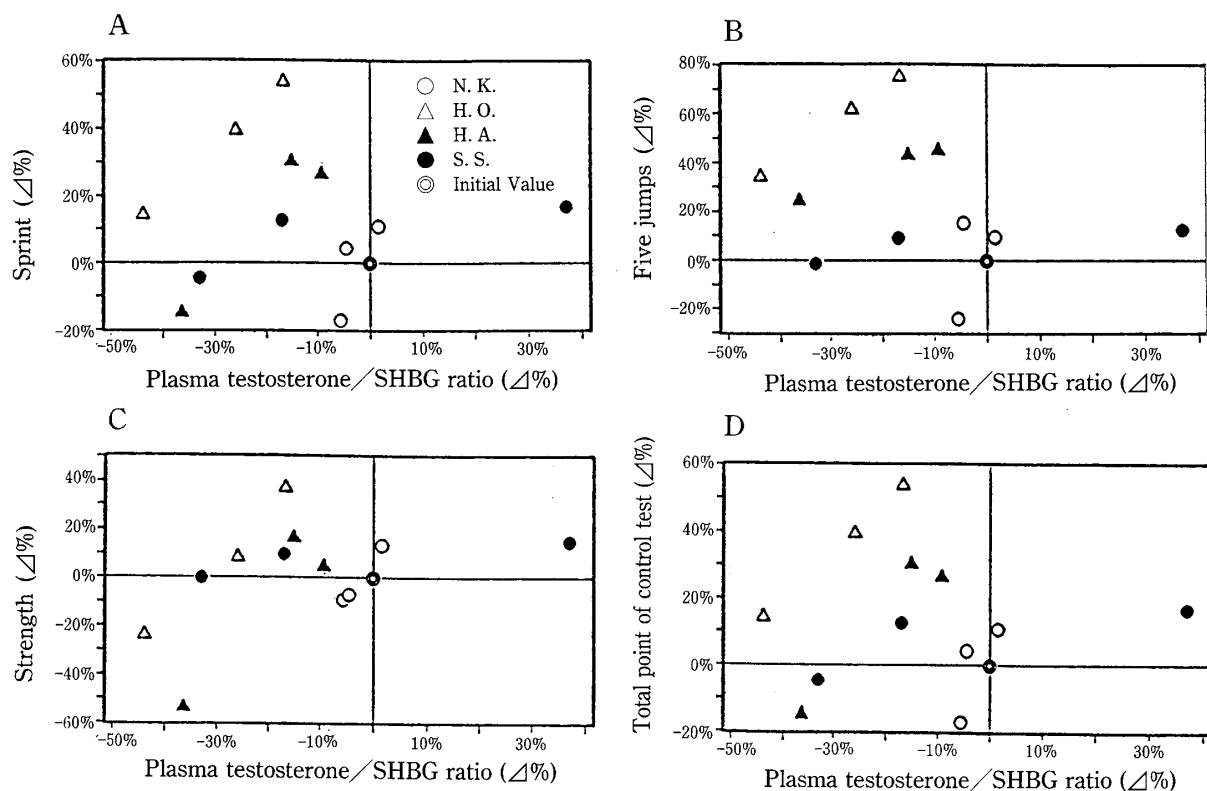


Fig. 6. Δ% of T/SHBG vs Δ% of control test parameter in the subjects before the experiment and after 2.4 and 6-weeks of training.

( $r = 0.80$ ,  $P < 0.01$ ) と極めて高い相関関係が示された。

これら被験者4名の、総T/S比と、コントロールテストを構成しているスプリント種目 (Fig. 6 A), 立ち五段跳 (Fig. 6 B), 筋力 (Fig. 6 C) をそれぞれ比較すると、各種目においても総得点と同様な高い相関関係が示された。

これらのことから、選手個々の総T/S比とパフォーマンスに極めて高い相関関係が認められたので、年間および数年間のトレーニングデザインを作成する上で総テストステロン / SHBG 比はトレーニング強度・量・頻度を設定する指標となり得ることが示唆された。

しかし、同一のトレーニングプログラムを提供しても、ストレスに対する主観的強度・筋痛さらに内分泌応答は、本実験で得られたように個人差が大きい。特に選手の年齢、身体の成熟度、心理的状态、生理的状态、そして過去のトレーニング状況などで変化する発達段階を見極めながら、適切なプログラムを提供することが必要となるであろう。

## V. 要約および結論

仙台大学に在籍するボブスレー部員4名と運動部に所属していない学生2名の合計6名を対象として、6週間のピーキングプログラムを実施し、総トレーニング量の変動がもたらすパフォーマンスと血液性状との関連性について検討した結果、以下のようなトレーニングデザイン作成のための基礎的資料が得られた。

1. 主観的筋痛はトレーニング強度・量・頻度を設定する上での指標となった。
2. 血清 CPK 活性値はトレーニング強度というよりはむしろトレーニング量を反映して変動した。
3. 血中テストステロン、フリーテストステロン、コーチゾルの分泌動態は、生理的・心理的ストレス下の反応を反映しながら変動し

た。

4. 総テストステロン / SHBG 比は、各選手におけるパフォーマンスの変動と極めて高い相関関係があることから、年間および数年におよぶトレーニングデザインを作成する上で、総トレーニング量を設定する指標となり得ることが示唆された。
5. 同一プログラムの提供においても、ストレスにおける主観的強度・筋痛さらに内分泌応答は個人差が大きい。特に、選手個々の発達段階を見極めながら、適切なプログラムを提供することが極めて必要であることが示唆された。

## 謝 辞

本稿を終えるに当たり、トレーニングデザインの作成方法について御指導をいただいたカルガリー大学の Dr. D. J. Smith 教授、貴重な御助言をいただいた本学の佐藤 佑教授、採血に協力していただいた本学健康管理センターの吉野貞子氏、ホルモン分析に特別の便宜を図ってくださった (株) エスアールエルの五十嵐 浩氏、さらに測定に御協力をいただいた被験者の諸氏に深く感謝の意を表します。

## 引用文献

- 1) Aakvaag A., Bentdal., Quistad K., Walstad D., Rnningen H., Fonnum F. : Testosterone and testosterone binding globulin (TeBG) in young men during prolonged stress. *Int. J. Andol* 1 : 22-31. 1978 a.
- 2) Aakvaag A., Sand T., Opstad P. K., Fonnum F. : Hormonal changes in serum in young men during prolonged physical strain. *Eur. J. Appl. Physiol* 39 : 283-291. 1978 b.
- 3) Adlercreutz H., Härkönen M., Kuoppasalmi K., Näreri H., Huttaniemi I., Tikkanen H., Remes K., Dessyprie A., and Karronen J. : Effect of training on plasma anabolic and catabolic steroid hormones and their response dur-

- ing physical exercise. *Int. J. Sports Med.* 7 : 27-28. supplement. 1986.
- 4) Alén M., Pakarinen A., Käkkinen K., and Komi P. V. : Responses of serum androgenic-anabolic and catabolic hormones to prolonged strength training. *Int. J. Sports Med.* 9 : 229-233. 1988.
  - 5) Barron J. L., Noakes T. D., Levy W., Smith C., Millar R. P. : Hypothalamic dysfunction in overtrained athletes. *J. Clin. Endocrinol. metabo.* 60 : 803-806. 1985.
  - 6) Fellman N., Sagnol M., Bedu M., Falgairette G., Praagh V. E., Caillard G., Jouanel P., Coudert j. : Enzymatic and hormonal response following a 24h endurance run and a 10h triathlon race. *Eur. J. Appl. Physiol* 57 : 545-553. 1987.
  - 7) Garry D. W., Stephen R. W., Angelo N. B., David C. C. : Reduced serum testosterone and prolactin levels in male distance runners. *J. Am. Med. Assoc.* 252 : 514-516. 1984.
  - 8) Guezennec C. Y., Leger L., Lhoste F., Aymonod M., Pesquies P. C. : Hormone and metabolite response to weight-lifting training sessions. *Int. J. Sports Med.* 7 : 100-105. 1986.
  - 9) Guglielmini C., Paolini A. R., Conconi F. : Variations of serum testosterone concentrations after physical exercises of different duration. *Int. J. Sports Med.* 5 : 246-249. 1984.
  - 10) Hunger G., Kindermann W., Keul J., Wiegand M., Henrichs H., Petersen G. K. : Der einfluß des Bobfahrens auf die herzfrequenz und den stoffwechsel. *Med. u. Sports.* 12. 378-384. 1985.
  - 11) Häkkinen K., Pokarinen A., Alén M., Kauhainen H., Komi P. V. : Relationships between training volume, physical performance capacity and serum hormone concentrations during prolonged training in elite weight lifters. *Int. J. Sports Med (suppl)* 8 : 61-65. 1987.
  - 12) Häkkinen K., Pokarinen A., Alén M., Komi P. V. : Serum hormones during prolonged training of neuromuscular performance. *Eur. J. Appl. Physiol* 53 : 287-293. 1985.
  - 13) Inga A. : Rehabilitation of athletes knee. *Medicine sport sci.*, 26. 238-246. 1987.
  - 14) 野坂和則, 松村 茂, 小川義雄, 田島東海男, 大高敏広, 副留彰教, 新井重信, 木村正彦, 木島 晃ら : 筋痛と血清 CPK 活性値の関係について. *体力科学.* 34 : 408. 1985.
  - 15) 野坂和則, 里吉政子 : 血清 CPK 活性値と筋の損傷との関係. *体力科学.* 36 : 399. 1987.
  - 16) 新畑茂充, 志村尚巳, 宮広重夫, 上田一博 : ランナーの合宿練習における主観的疲労度と血漿クレアチン磷酸キナーゼ (CPK) 活性値について. *臨床医学.* 8 : 4. 393-397. 1991.
  - 17) Opstad P. K., Aakvaag A. : Decreased serum levels of oestradiol, testosterone and prolactin during prolonged physical strain and sleep deprivation, and the influence of a high calory diet. *Eur. J. Appl. Physiol.* 49 : 343-348. 1982.
  - 18) Purvis K., Brenner P. F., Landgreen B. M., Cekan Z., Diczfalusy E. : Indices of gonad function in the human male. *Clin Endocrinol* 4 : 237-246. 1975.
  - 19) Strauss R. H., Richard R. L., William B. M. : Weight loss in amateur wrestlers and Its effect on serum testosterone levels. *J. Am. Med. Assoc.* 254 : 3337-3338. 1985.
  - 20) Smith D. J. : Training design, Principles for optimal preparation. Calgary University. 1986.
  - 21) 佐藤 佑, 鈴木省三 : ボブスレー選手の体力的特性. *J. J. Sports Sci.*, 6 : 720-724. 1987.
  - 22) 佐藤 佑, 鈴木省三, 谷口庄太郎, 佐藤力夫, 藤井邦夫, 中屋敷 真, 佐藤 明, 安井慎太郎, 八田伸宏, 北村 仁, 玉川明朗, 加藤 満, 岡野五郎, 佐藤 健, 加藤英俊, 鈴木敏明 : カルガリーオリンピックボブスレー競技選手の体格と競技成績. 昭和63年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告. 第12報. 204-207. 1989.
  - 23) 鈴木省三 : ボブスレー選手のトレーニングとしてのスーパースライダー滑走の生理学的意義. 仙台大学紀要. 20. 37-44. 1988.
  - 24) 鈴木省三, 佐藤佑 : ボブスレー競技滑走中および滑走前後における心拍数, 血漿カテコールアミン, 白血球の変動. 仙台大学紀要. 18. 39-48. 1986.
  - 25) 鈴木省三 : ボブスレー・リュージュのトレーニングデザイン. *J. Sports Sci. Exerc, Train.* 4. 127-133. 1992.
  - 26) Suzuki, S., and Sato T., : Physiological stress

- factors based on heart rate measurements established during Bobsleigh and Luge training run at Canada Olympic Park. *Can. J. Sports. Sci.*, 12 : 23. 1987.
- 27) Suzuki, S., Sato T., Smith D. J. : Heart rate, blood lactate concentration responses during Bobsled runs. *Can. J. Sports. Sci.*, 15 : 48. 1990.
- 28) 鈴木省三, 佐藤 佑 : 心拍数を指標としたボブスレー競技のカルガリー対策. *J. Sports Sci. Exerc. Train.* 1 : 31-34. 1989.
- 29) Thayer R. : A systematic approach to training an athlete. *Coaching review.* 17. : 29-33. 1980.
- 30) 田中宏暁 : オーバートレーニングと内分泌機能. *臨床スポーツ医学* 7 : 5. 549-555. 1990.
- 31) Urhausen U., Kullmer T., Kindermann W. : A 7-week follow-up study of the behaviour of testosterone and cortisol during the competition period in rowers. *Eur. J. Appl. Physiol.* 56 : 528-533. 1987.

### Influence of Carefully Defined Increase and Decrease of Total Training Volume on Performance and Serum Hormone Concentrations in Experienced Bobsleighters.

Shozo SUZUKI

To investigate the influence of carefully defined increase in total training volume on performance, CPK and plasma hormone concentrations in experienced Bobsleighters during 6-weeks of training.

Six subjects (four Bobsleighters and two control groups) participated in this study. During 6-weeks of training, Bobsleighters plasma testosterone, cortisol, serum SHBG, CPK and control test were monitored and results obtained in each case.

The following results were obtained to design training program for Bobsleighters.

- 1) CRS was good index for control of training intensity, volume and frequency.
- 2) Serum CPK was changed to react to training volume rather than training intensity.
- 3) Secretion of plasma testosterone, cortisol and serum free testosterone varied with amount of physiological and/or psychological stress.
- 4) Practical experience with the plasma testosterone/SHBG ratio revealed that the tests are very useful not only to monitor training program but also to monitor the volume of training.
- 5) During the Reduced training periods, repeated and selected plasma hormone analyses seem to be needed to evaluate more thoroughly the actual trainability status of an individual athlete. The practical results obtained with these tests suggest that training monitored in this way can lead to better training program and results.