

## クロスカン트리ースキー競技選手の体力変動から見たトレーニング評価

光貞 賢志 佐藤 佑

キーワード：クロスカン트리ースキー，体力変動，トレーニング評価

### Training assessment of cross-country skiers from the fluctuation of their fitness

Kenshi Mitsusada Tasuku Sato

#### Abstract

It is important for the athletes to observe fluctuations in their conditioning throughout seasons in order for them to improve their performances. This study aimed at assessing in-season training in terms of monotony and strain indices based on fluctuations in their fitness and athletic performances. Subjects were four healthy college cross-country skiers (age ranged 20~22 years old, 3 males and a female) who were daily participating training. Fitness test was made as pre-season one in November 2002, as mid-season in January, and as post-season in March and April, 2003. Items measured were 8 on stature and 11 on fitness. Surface electromyography was taken by bipolar leads from 6 locations. Conditioning was assessed with Foster and Lehmann's method (1996) based on each individual diary records. Results were following:

1. Body weight and body fat decreased for all subjects during season.
2. Grip strength and strength of back extension and elbow extension also decreased for all subjects during season.
3. The total strength was decreased in mid-season and post-season for all subjects.
4. Fluctuation of monotony was followed by that of strain in all subjects, which was also found to relate to scores in competitions. In three subjects, indices of monotony and strain indicated high values in the first half and low values in the second half.

Key words : cross-country ski, training assessment, monotony and strain, fitness fluctuation

#### 1. 研究目的

クロスカン트리ースキー競技は、雪の野山や森に設定されたコースをスキー板を用いて、いかに短時間で滑り切るかを競うスポーツである。そのコースは、短い距離から長い距離まであり、その所要時間は長時間に及ぶ場

合もある。大別してクラシカル走法、フリー走法の二つの走法があり、専用のスキーシューズ、スキー板、ポールを使用する。コースは登り、下り、平地が3分の1ずつに設定される。

クロスカン트리ースキー選手の最大酸素摂取量は非常

に高い値を示し、世界レベルの選手においては 80ml/kg/min を超える値を記録することも珍しくない(石井ほか, 1995)。またオリンピック大会のレース中に酸素摂取量が 112ml/kg/min と推定される選手も報告される程である(Norman ほか, 1989)。最大酸素摂取量と 5000m, 10000m 走競技, あるいはマラソンパフォーマンスの相関係数は 0.80 から 0.90 と極めて高い。クロスカン트리スキー競技パフォーマンスとの相関関係はマラソンの場合と比べるとわずかながらさらに高くなる。このことは、最大酸素摂取量がクロスカン트리スキー競技のパフォーマンスを決定する重要な体力因子であることを意味する(八木, 2000)。また、強度について安部、坂見(1996)は、クラシカル走法、フリー走法での競技中の心拍数は、それぞれ  $178.9 \pm 3.1$  beats/min,  $175.2 \pm 6.1$  beats/min と報告していることから、非常に高い強度であることが分かる。

現在、大学生が行うクロスカン트리スキー競技は、男子は 7.5 km から 30 km, 女子は 5 km から 15 km と前述のように長距離を走破する。また、それにかかる所要時間も 15 分から 2 時間と長時間に及ぶ。学生のみが参加する大会(学生選手権大会、学生チャンピオン大会等)では、一般選手が参加する大会よりも走破距離は長く設定されている。そのため、クロスカン트리スキー競技は学生にとって距離が長く所要時間もかかることから非常に過酷であると思われる。

クロスカン트리スキー選手の体力の特徴は、全身持久性に優れていることである。すなわち、脚部によるキック、腕による押し動作、体幹部による姿勢維持や押し動作、滑走中のバランスの保持動作など、あらゆる筋肉を用いる全身運動である。必要となる体力要素は、筋力、筋持久力、全身持久力、巧緻性、平衡性、柔軟性と多岐にわたる(佐藤, 1989)。さらにトレーニングにおいても競技においても非常に過酷であるという点で、精神面の強さも求められる。

あらゆる競技スポーツにおいて、競技成績の向上を第 1 に考えてトレーニングに専念する。この競技力を向上させるためには各体力要素がシーズン時、どのように変動するのか、またシーズンを通してコンディションがどのように変動するかを明らかにすることは、競技成績を向上させるために重要なことである。

本研究は、仙台大学クロスカン트리スキー選手のシーズン中における体力と競技成績がいかなる変動をするかを各競技選手毎に明らかにして、Monotony や Strain を指標にして、競技シーズン中のトレーニングを評価することを目的とした。

## II. 研究方法

### 1. 被験者

被験者は、年齢 20~22 歳の健康で日常トレーニングを行っている仙台大学競技スキー部のクロスカントリースキー選手、男子学生 3 名と女子学生 1 名の計 4 名とし、各被験者の身体的特性および競技歴を表 1 に示した。身長、体重、体脂肪率は実験前に測定したものを使用した。筋電図測定の被験者は、元国民体育大会出場の年齢 24 歳でクロスカントリースキー経験者の男子学生 1 名とした。

表 1 被験者の身体特性・競技歴

※ 筋電図被験者

被験者	性別 (age)	年齢 (age)	身長 (cm)	体重 (kg)	体脂肪率 (%)	競技歴 (年)
Y.N.	Male	20	165.8	51.4	5.3	11
T.N.	Male	22	168.0	60.3	8.3	10
T.A.	Male	20	172.5	66.6	9.5	7
Y.N.	Female	20	165.7	58.9	19.3	14
*K.M.	Male	24	172.3	57.6	6.8	14

### 2. 期間

研究期間は、2002 年 11 月から 2003 年 3 月であるが、各被験者毎にシーズンの終了時やシーズン期間が異なっている。

### 3. 実験計画

#### 1) 実験手順

体力測定は、シーズン前、中、後に行い、各被験者の体力測定実施日は表 2 に示した。以下、全被験者において 2002/11/8 をシーズン前とし、Y.N.(M), T.N.(M), Y.N.(F)においては 2003/01/30 をシーズン中、また、T.A.においてはシーズン後とした。T.N.においては 2003/03/25 を、Y.N.(M), Y.N.(F)においては 2003/04/09 をシーズン後とした。K.M.においては体力測定は実施せず、2003/12/08 に筋電図の計測のみ行った。

また、K.M.を除く被験者はシーズン中、トレーニング日誌を毎日記入した。

表 2 各被験者体力測定実施日

被験者	シーズン前	シーズン中	シーズン後
Y.N. (M)	2002/11/8	2003/01/30	2003/04/09
T.N. (M)	2002/11/8	2003/01/30	2003/03/25
T.A. (M)	2002/11/8	-	2003/01/30
Y.N. (F)	2002/11/8	2003/01/30	2003/04/09

#### 2) 測定項目

##### ① 体力測定

体力測定は、形態と体力とに分け形態を 8 項目、体力を 11 項目測定した。形態は、身長、体重、体脂肪率、胸囲、前腕囲、上腕囲、大腿囲、下腿囲である。体力は、握力、背筋力、肘関節伸展力、肘関節屈曲力、膝関節伸

展力、膝関節屈曲力、最大酸素摂取量、血中ヘモグロビン濃度であった。

形態の計測には、タニタ社製体内脂肪計<自動身長計付>TBF-202、マルチン式人体計測器のメジャーを用いて測定した。

握力、背筋力、肘関節伸展力、肘関節屈曲力、膝関節伸展力、膝関節屈曲力は、竹井機器工業社製デジタル握力計、多用途筋力測定器を用いて測定した。握力と背筋力は、それぞれ新体力テスト、青少年の体格・体力評価基準値の測定方法を基に実施した。肘関節、膝関節の伸展力、屈曲力は、測定装置に座り上体をベルトで固定した状態で肘、膝ともに関節を90度にして測定した。いずれも2回計測し記録の良い方を測定値とした。最大酸素摂取量は、ミナト医科学社製のAE-300s（呼吸ガス分析器）を用いて測定し、データ分析ソフトATWindowより分析した。被験者はトレッドミル上において疲労困憊まで走運動を行った。血中ヘモグロビン濃度はロシュ・ダイアグノスティックス社製レフプロトン（血液分析器）と専用試験紙（ヘモグロビンII）を用いて測定した。血中ヘモグロビン濃度は運動前の安静時に測定した。

握力、背筋力、肘関節伸展力、肘関節屈曲力、膝関節伸展力、膝関節屈曲力を合計したものを総合筋力として表した。

## ②コンディション

本研究においてコンディションはLoad（総トレーニング量）、Monotony（トレーニングの単調さ）およびStrain（生体負担度）から求めた。このLoad、Monotony、Strainは、オーバートレーニングの防止やトレーニング量のメリハリ度を評価する指標として有効であると Foster と Lehmann（1996）により報告されている。Load、Monotony、Strain の算出方法は表3に示した。Load、Monotony、Strain を算出させるため、被験者には毎日トレーニング日誌を記入させた。

トレーニング日誌には、起床時の体重（kg）、体脂肪率（%）、起床時脈拍数（beats/min）、主観的筋痛（CPS）、睡眠時間（H:M）、トレーニング終了時の1日総トレーニング時間（min）、1日の走行距離（km）、主観的運動強度（0-10scale）、就寝前に就寝時脈拍数（beats/min）、主観的筋痛（CPS）を記入した。

体重、体脂肪率はタニタ社製の体脂肪率計を使用した。起床時脈拍数は仰臥位で30秒の脈拍数を測定し2倍した。主観的運動強度（RPE）は0-10scaleを用いて、トレーニングの30分後に記入した。

表3 Load, Monotony, Strainの算出方法

Load（総トレーニング量）
= Duration(min) × Rating of Perceived Exertion
Monotony（単調さ）
= Daily mean/daily standard deviation
Strain（生体負担度）
= Total load × Monotony

## ③競技成績

本研究において、競技成績を『競技スコア』として評価した。競技スコアは、各レースでの優勝タイムを100点とし、その算出方法は、{(優勝タイム-被験者タイム) ÷ 被験者タイム} × 100により求め、100%を100点として示した。

## ④筋電図の計測

筋電図は被験者の皮膚表面から市販の銀板電極で双極誘導により測定した。銀板電極には電極糊を介し、対象の骨格筋の表面皮膚上に筋線維の走方向に約3cm隔てて二枚貼り、それぞれ絆創膏等を用いて固定した。皮膚と電極間の抵抗を小さくするため、皮膚をアルコール綿で拭いた。筋電図は、上腕二頭筋、上腕三頭筋、大胸筋、腹直筋、僧帽筋から求めた。

被験者は、ダイアゴナル滑走のストックワークを想定しゴムチューブを引く動作で測定を行った。ゴムチューブを引く強度は、被験者が主観的に雪上における実際のストックワークと同様になるよう調節した。測定時間は、試合時間を想定し、ダイアゴナル滑走を30分、推進滑走を10分とした。動作は立位姿勢で行い、ダイアゴナル滑走では脚を交互に動かした。

筋電図の記録はテレメーターで行い送受信機はマルチテレメーターシステムWEB-5000、記録器はThermal Array Recorder（日本光電工業社製）を使用した。校正電圧は1mVとし、記録紙の記録スピードは25mm/secとした。

## III. 研究結果

### 1. 体力測定

#### 1) 形態

シーズン前とシーズン中（T.A.(M)はシーズン後）を比較すると、被験者全員の体重と体脂肪率は低下した。また、Y.N.(M)、T.N.、Y.N.(F)はシーズン中に比べシーズン後で上昇した。Y.N.(M)、T.N.、T.A.の胸囲はシーズン前に比べシーズン後でそれぞれ3.8cm、2.8cm、3.6cm増加した。前腕囲、上腕囲、大腿囲、下腿囲にはシーズン前、中、後で大きな変化は見られなかった。

2) 体力

①筋力

各被験者の筋力の変動を表4に示した。また、肘関節屈曲力、膝関節屈曲力、総合筋力の変動をそれぞれ図1~3に示した。

被験者全員の握力、背筋力、肘関節伸展力がシーズン前に比べシーズン中(T.A.はシーズン後)で低下した。それぞれ比較すると、握力はY.N.(M)が5.1kg(-13.9%), T.N.が9.4kg(-18.9%), T.A.が7.5kg(-16.8%), Y.N.(F)が4.7kg(-14.2%)の低下であった。背筋力はY.N.(M)が51.0kg(-31.0%), T.N.が48.0kg(-26.6%), T.A.が41.0kg(-30.1%), Y.N.(F)が28.0kg(-26.6%)と大幅な低下がみられた。肘関節伸展力はY.N.(M)が4.0kg(-19.0%), T.N.が1.3kg(-6.4%), T.A.が1.5kg(-8.8%), Y.N.(F)が2.0kg(-13.3%)低下した。また、膝関節伸展力において、Y.N.(M)は6.0kg(-9.4%), T.N.は12.0kg(-17.3%)低下したが、T.A.とY.N.(F)に、それぞれ1.0kg(102.4%), 4.5kg(112.8%)の上昇がみられた。肘関節屈曲力はY.N.(M), T.N., T.A.で、それぞれ4.0kg(120%), 2.5kg(110.6%), 1.0kg(104.6%)上昇し、膝関節屈曲力ではY.N.(M), T.A., Y.N.(F)に、それぞれ5.5kg(126.1%), 4.0kg(116.6%), 4.5kg(132.1%)の上昇がみられた。

シーズン中からシーズン後にかけては、Y.N.(M), T.N., Y.N.(F)で握力、背筋力、肘関節屈曲力、膝関節屈曲力が上昇した。肘関節屈曲力、膝関節屈曲力はシーズン前に比べて高値を示していた。Y.N.(F)においては、握力も同様にシーズン前よりも高値を示した。シーズン前からシーズン後にかけての肘関節屈曲力の上昇を各被験者毎にみると、Y.N.(M)は10.0kg(150%), T.N.は9.0kg(138.3%), Y.N.(F)は3.5kg(125%)であった。また、膝関節屈曲力では、Y.N.(M)は0.5kg(102.4%), T.N.は3.5kg(113.5%), Y.N.(F)は1.5kg(110.7%)上昇した。

総合筋力は、全被験者にシーズン前に比べ、シーズン中・後で低下した。シーズン前に比べシーズン中で、Y.N.(M)は64.2kg(12.7%), T.N.は89.4kg(16.1%), Y.N.(F)は30.5kg(9.3%)低下を示した。また、シーズン前とシーズン後では、Y.N.(M)は58.5kg(11.6%), T.N.は61.1kg(10.9%), T.A.は47kg(10.8%), Y.N.(F)は9.0kg(2.8%)低下を示した。

表4 筋力の変動

測定日	被験者	握力(kg)	背筋力(kg)	肘関節伸展力(kg)	肘関節屈曲力(kg)	膝関節伸展力(kg)	膝関節屈曲力(kg)
11/8	Y.N.(M)	43.8	164	21.0	20.0	63.5	21.0
	T.N.(M)	49.5	180	20.3	23.5	69.0	26.0
	T.A.(M)	44.5	136	17.0	21.5	41.0	24.0
	Y.N.(F)	33.0	105	15.0	14.0	35.0	14.0
1/30	Y.N.(M)	37.7	113	17.0	24.0	57.5	26.5
	T.N.(M)	40.1	132	19.0	26.0	57.0	25.5
	T.A.(M)	37.0	95	15.5	22.5	42.0	28.0
	Y.N.(F)	28.3	77	13.0	10.5	39.5	18.5
3/25	T.N.(M)	42.2	151	17.0	32.5	51.0	29.5
	Y.N.(M)	42.5	123	20.0	30.0	46.5	21.5
4/9	Y.N.(M)	35.0	89	13.0	17.5	33.5	15.5

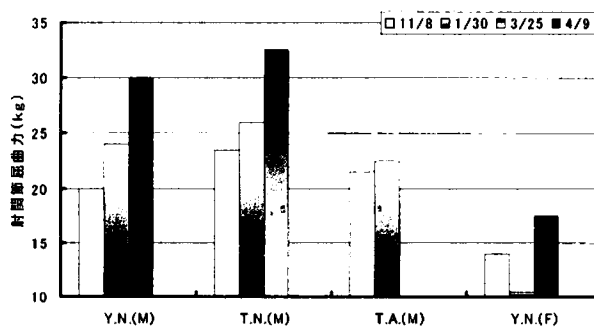


図1 肘関節屈曲力の変動

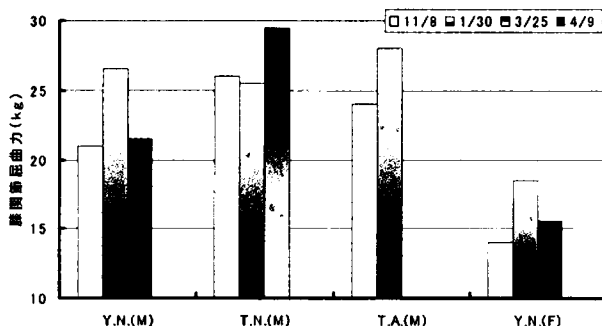


図2 膝関節屈曲力の変動

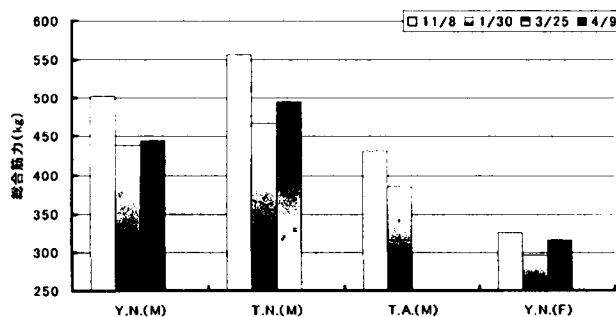


図3 総合筋力の変動

②酸素運搬能力

酸素運搬能力の変動を表5に示した。最大酸素摂取量は、T.N.(M), Y.N.(F)にシーズン中で上昇が見られた。シーズン後ではシーズン前に比べT.N., T.A.が上昇した。

Y.N.(M), Y.N.(F)の血中ヘモグロビン濃度を測定した結果、Y.N.(M)はシーズン前に比べシーズン中に0.8g/dl(106%)上昇したが、シーズン中からシーズン後にかけては1.4g/dl(91%)低下し、シーズン前と比べても0.6g/dl(96%)低下した。Y.N.(F)はシーズン前に比べシーズン中で0.6g/dl(105%)上昇し、シーズン中からシーズン後には1.9g/dl(86%)低下し、シーズン前に比べ1.3g/dl(90%)低下した。

表5 酸素運搬能力変動

測定日	被験者	最大酸素摂取量 (ml/kg/min)	血中ヘモグロビン濃度 (g/dl)
11/8	Y.N.(M)	68.6	14.3
	T.N.(M)	63.4	-
	T.A.(M)	63.9	-
1/30	Y.N.(F)	58.8	12.8
	Y.N.(M)	65.1	15.1
	T.N.(M)	82.9	-
3/25	T.A.(M)	72.3	-
	Y.N.(F)	59.3	13.4
	T.N.(M)	76.7	-
4/9	Y.N.(M)	65	13.7
	Y.N.(F)	57.4	11.5

2. コンディション

1) Load, Monotony, Strain

Y.N.(M)のLoad, Monotony, Strain および起床時脈拍数の変動を図4~6に示した。また、各被験者にインタビューしたシーズン時の内訳(シーズン前半・中盤・後半)を表6に示した。以下、表6に基いて各被験者にシーズン時の内訳を当てはめた。グラフ中の下方の矢印は、各被験者が最も重要と位置付けた試合を示した。起床時脈拍数は週間の平均を表記した。

T.N., T.A.とY.N.(F)のLoadは、重要な試合に向けて減少する傾向が見られた。Y.N.(M)はシーズン前半にLoadが高く、中盤、後半に向けて低下した。

被験者全員にMonotonyの変動に伴ってStrainも同じように変動する傾向が見られた。Y.N.(M), T.N.(M), T.A.(M)においてMonotony, Strainがシーズン前半には全体的に高い値を示し、シーズン後半に低い値を示す傾向が見られた。シーズン前半にY.N.(M), T.N.(M)のMonotonyが2以上を示した。T.A.(M), Y.N.(F)のStrainはY.N.(M), T.N.(M)に比べ低い値を示した。

2) 起床時脈拍数

起床時脈拍数は、Y.N.(M)においてシーズン前半は上昇・下降を繰り返し、シーズン中盤に下降、シーズン後半に向けて上昇した。T.N.はシーズン前半から下降したが、

その後、上昇し、シーズン中盤に下降した。T.A.はシーズン前半から中盤にかけて上昇し、後半にかけて下降した。シーズン後半の脈拍数は、シーズン前半の値より低下した。Y.N.(F)はシーズン前半から上昇・下降を繰り返した。Y.N.(M), T.N., T.A.において起床時脈拍数が、重要と位置付けた試合に向けて、減少する傾向が見られた。

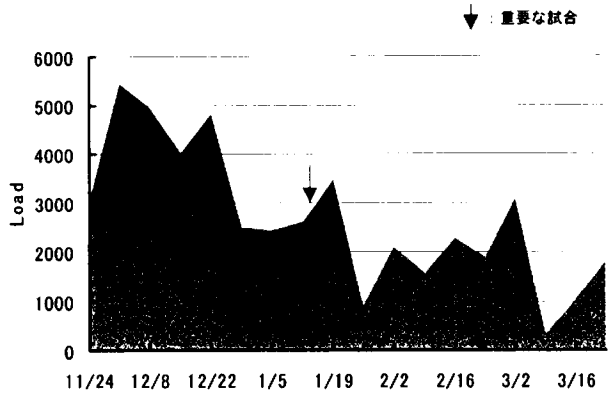


図4 Y.N.(M)のLoad変動

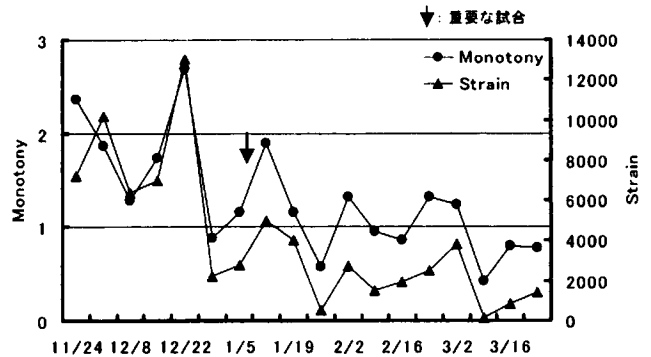


図5 Y.N.(M)のMonotony, Strain変動

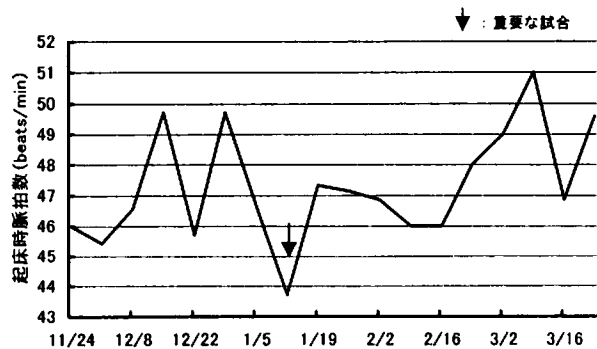


図6 Y.N.(M)の起床時脈拍数変動

表6 シーズン時の内訳

被験者	シーズン前半	シーズン中盤	シーズン後半
Y.N.(M)	11/18~12/13	12/14~2/23	2/24~3/28
T.N.(M)	11/18~12/26	12/27~1/19	1/20~3/2
T.A.(M)	11/18~12/13	12/14~1/3	1/4~1/16
Y.N.(F)	11/18~12/31	1/1~1/19	1/20~3/23

### 3. 競技成績

シーズン時、Y.N.(M)、T.N.、T.A.、Y.N.(F)はそれぞれ、17レース(10試合)、12レース(7試合)、6レース(3試合)、14レース(9試合)に出場した。競技スコアは、Y.N.(M)、T.N.、T.A.、Y.N.(F)で、それぞれ最高99点、90点、78点、100点で、平均91.8点、83.3点、67.2点、88.8点であった。また、標準偏差は4.9、5.3、7.9、7.2であった。

Y.N.(M)の競技スコアの変動を図7に示した。表6のシーズン時の内訳(シーズン前半、中盤、後半)に基づいて各被験者のグラフを表記したが、グラフ中の下方の矢印は、各被験者が最も重要と位置付けた試合を示した。

Y.N.(M)は重要と位置付けた試合で96点、92点であった。シーズン後半に競技スコアが上昇する傾向を示した。T.N.は重要と位置付けた試合で88点、88点とシーズンを通して高い値を示した。T.A.はシーズン中盤から後半にかけて低下したが、シーズン後半の重要と位置付けた試合では上昇した。Y.N.(F)は、シーズン前半では競技スコアは低い値を示した。中盤は100点を獲得した。後半はやや低下したが、前半からは平均3.7点上昇した。

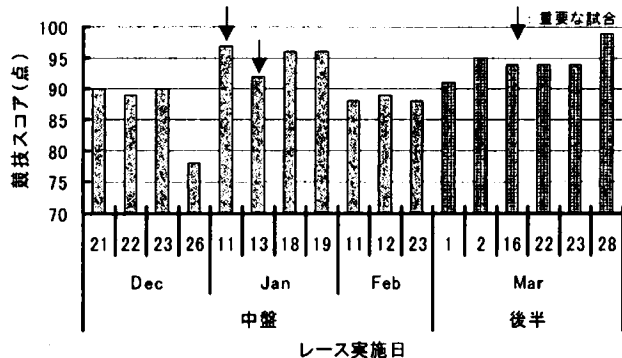


図7 Y.N.(M)の競技スコア変動

### 4. 筋電図

ダイアゴナル滑走中における筋電図を図8,9に示し、上段から上腕二頭筋(b.b)、上腕三頭筋(t.b)、大胸筋(p.m)、腹直筋(r.a)、僧帽筋(t)である。

ダイアゴナル滑走時における上腕三頭筋の筋放電は、測定開始から1分まで変化は無かったが、2分から8分にかけて振幅が増大した。校正電圧の1mVに対し開始時には1.4mVであったが、2分後に1.5mV、8分後に2.3mVまで上昇した。9分から測定終了までの振幅の変化は見

られなかったが、持続時間に対する多相性の振幅の密度が、実験開始から徐々に高くなる傾向であった。上腕二頭筋の筋放電は、上腕三頭筋の筋放電の出現前に見られたが、測定開始から活動電位は最大で0.4mVであった。大胸筋、腹直筋は心電図がノイズとして混入したが測定開始から終了まで筋放電は見られなかった。僧帽筋は、測定開始から1分まで変化を示さなかったが、2分から8分にかけて徐々に振幅が上昇した。僧帽筋は、上腕三頭筋の筋放電と同じタイミングで筋放電が見られたが、若干、広背筋が遅れる傾向であった。僧帽筋の振幅は同様の型を示し、校正電圧の1mVに対して測定開始時では0.6mV、2分後に1mV、8分後に1.2mVの電圧を示した。僧帽筋には測定開始から終了まで常に筋放電が認められた。

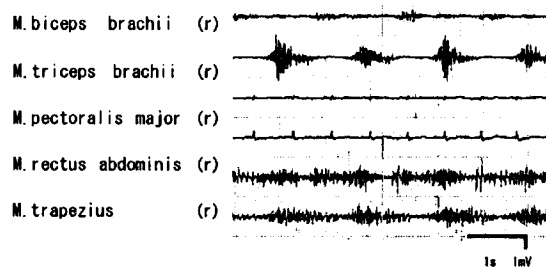


図8 ダイアゴナル滑走 測定開始時

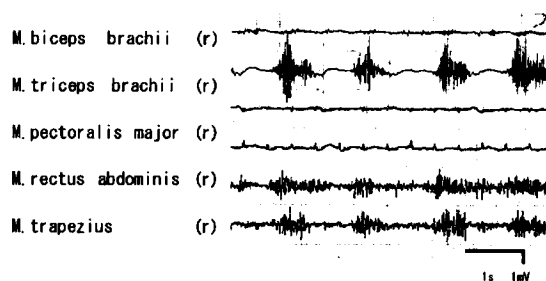


図9 ダイアゴナル滑走 測定終了時

### IV. 考察

クロスカンリースキーは有酸素運動を主体とする代表的競技種目であり、その競技力と全身持久性能力の間には極めて深い関係があることは周知の事実である(安部ら、1982)。さらに、脚部によるキック、腕による押し動作、体幹部による姿勢維持や押し動作、滑走中のバランスの保持動作など、あらゆる筋肉を用いる全身運動である。必要となる体力要素は、全身持久力、筋力、筋持久力、巧緻性、平衡性、柔軟性と多岐にわたる(佐藤1989)。

一般に競技スポーツ選手は、競技成績の向上を念頭に置き、日々トレーニングを実践している。競技力を向上させるためには、シーズン中の体力要素や、コンディシ

ョンがどのように変動するかを明確にする必要がある。本研究においてシーズン中における体力変動を筋力、酸素運搬能力、コンディション、競技成績から求めたが、シーズン時では変化が顕著に表れた。

4名の被験者全員において、シーズン前に比べシーズン中、後に総合筋力が低下する傾向が見られた。総合筋力の中でも背筋力の低下が大きく、最高でY.N.(M)が51.0kg(-31.0%)もの低下を見せ、4名の平均をとっても42.0kg(-28.6%)の低下を示した。入江(1986)は、クロスカンリースキーにおける腰痛発生頻度がおよそ30%であると示している。腰痛の病態は、脊柱起立筋の使い過ぎによる筋性腰痛症である。クロスカンリースキーの滑走フォームをみると、体幹の前後運動を激しく繰り返すのが特徴である。クロスカンリースキーの特有の運動様式が、脊柱起立筋の疲労を起こし、痛み症状の発症にいたるものと思われる(石井ほか, 1995)。

本研究においては、腰痛を訴えた被験者は見受けられなかったが、背筋力の低下は脊柱起立筋の疲労が引き起こした現象であったものと考えられる。肘関節、膝関節の伸展力、握力の低下は、背筋力と同様に疲労が関係していると考えられる。肘関節伸展力における主働筋は上腕三頭筋であり、ストックを雪面について前方への推進力を得る場合には、肘の伸展力を必要とする。次に膝関節伸展力の主働筋は、大腿四頭筋である。フリー走法での蹴り足、クラシカル走法での重心を移動させる支持足において大腿四頭筋が動員されるものと思われる。握力は、ストックでの推進力を前方へ得るため、グリップに力を入れて握る動作と関連する。

K.M.において、ダイアゴナル滑走の筋電図法による検討を行った。記録には、上腕三頭筋が一貫して動作周期に規則的に符合した紡錘形の放電パターンとなっている。また、僧帽筋においては常に筋放電が示されており、前述した背筋力の低下に大きく関与するものと考えられる。また、測定中に腰部の痛みを訴えたこともあり、脊柱起立筋が疲労し痛み症状を発症していたと思われる。

安部と坂見(1996)は、クラシカル走法、フリー走法の10km滑走中における1分間当りの平均歩数は、それぞれ91.7±35.2歩、82.5±20.8歩と報告している。この報告を基にすると、本研究の被験者の試合中では、およそ女子が1400から1800歩、男子が2700から5500歩となる。試合中ということに限定すれば多い反復回数ではないが、シーズン中で行うことを考えれば局所にかかる疲労が握力の低下となって現れたことはうなずける。

競技スポーツでは、競技成績の向上を念頭に置きトレーニングに専念している。しかし、仙台大学競技スキー部においては、競技成績を向上させることを目的として行うトレーニングがシーズン時で生かされていない為、オフシーズンでは持久力の向上、シーズンでは積極的に

休養を取り入れるなどのメニューの再考が必要であると思われる。

しかし、筋力の中でも、特に肘関節と膝関節の屈曲力においてはシーズン中に上昇傾向が見られた。上腕屈と大腿屈の変動と、肘関節と膝関節の屈曲力、それぞれの比較では相関は見られなかった。また、体脂肪率と上腕屈、大腿屈の相関では、大腿屈のみにおいて強い相関( $P < 0.05$ )が見られた。本研究では大腿屈は体脂肪率の増減によって変化するということが考えられる。筋力の増大には神経支配の改善と筋肥大の2つの要因があり、神経支配の改善は一般的にトレーニングの初期段階で起こる(青木ほか, 2001)。相関より膝関節屈曲力は筋肥大によるものではなく、神経支配による筋力上昇が考えられる。肘関節屈曲力も膝関節と同様に神経支配の発達と考えられる要素である。クロスカンリースキーの動作が肘関節と膝関節の屈曲力においては神経支配の改善を促していると考えられる。筋電図において、肘関節屈曲力の主働筋である上腕二頭筋の筋放電は、校正電圧の1mVと比較しても最大でも0.4mVと低いことから、上腕二頭筋においてポーリング動作が、負荷の少ない動作であると言える。肘関節屈曲力が上昇した背景には、ポーリング動作の負荷が、上腕二頭筋において神経支配の改善を促す適切な強度であった可能性があり、その結果トレーニング効果が表れたものと考えられる。

最大酸素摂取量は、クロスカンリースキーの競技成績を決定する重要な体力因子(八木, 2000)として考えられている。また、クロスカンリースキーはあらゆるスポーツ種目の中でも最大酸素摂取量が高い値を示すこと(Saltin and Åstrand, 1967)は良く知られている。一般の成人男性は、体重1kg当り毎分50ml、女性は40ml(朝比奈・中川, 1969)であることから、本研究の被験者の最大酸素摂取量は優れていることが分かる。Y.N.(M)、Y.N.(F)においては低下もしくは、ほぼ変化が見られず、シーズンでの上昇は期待ができない結果であった。T.N.、T.A.には上昇が見られ、それぞれ130%、113%の上昇であった。競技スコアとの関係では、最大酸素摂取量が低下、もしくは変化しなかったY.N.(M)、Y.N.(F)の平均は91.8点、88.8点と高得点で、最大酸素摂取量が増加したT.N.、T.A.は83.3点、67.2点と比較的低い値であった。本研究では、最大酸素摂取量の増減と競技成績の間に一定の関係は認められなかった。

Y.N.(M)、Y.N.(F)の血中ヘモグロビン濃度は、シーズン中に上昇し、シーズン後で減少するものであった。正常値は、男性14.5から17.5g/dl、女性12.0から16.0g/dlであり、男子で13.8g/dl以下、女子で12g/dl以下であれば貧血と診断される(矢野, 1984)。Y.N.(M)はシーズン前に正常値よりも低い値であり、シーズン後には貧血状態であったことが推測される。同様に、Y.N.(F)もシ

ーズン後では貧血状態であったことが考えられる。しかし、競技スコアとの比較では、シーズン後半の試合でも86点から95点と高得点であることから、血中ヘモグロビン濃度も最大酸素摂取量と同様に競技成績に影響を与える可能性は低いことが示唆された。

Y.N.(M)において、Loadがシーズン前半に比べ重要な試合前に約半分まで低下していた。それに伴いMonotony, Strainも上昇したが、シーズン前半との比較では減少していることは明らかであった。FosterとLehmann(1996)は、Monotonyが2以上を示す場合、そのトレーニングメニューが単調であるとしている。単調であることは、トレーニングにメリハリがなく飽きなどの心理的ストレスを増加させ、トレーニングがかえって逆効果になる可能性も考えられる。重要な試合では、Y.N.(M)のMonotonyは上昇傾向であったが2を超えてはならず、単調なトレーニングではなかったと推測される。Strainはシーズン前半の最高値に比べ半分以下に低下しており生体負担度は小さい状態であった。起床時脈拍数はシーズンを通して最低値の44beats/minであり、疲労がない状態であったと思われる。競技スコアは96点と高得点であった。重要な試合に向けコンディションが良い状態に向き、それに伴い競技成績も良い結果となった。

特にY.N.(M)においてこの傾向は顕著であり、ピーキングが適切に行われていたものと思われる。本研究ではトレーニングメニューの提供はせず、被験者各自のメニューでトレーニングを実施しているが、これらの結果からY.N.(M)のコンディションづくり等の自己管理がしっかりしていたことが推測される。しかし、重要な試合後に測定した体力測定では、上述したように著しい筋力の低下が見られた。従ってコンディションの良い場合でも、局所に疲労が蓄積している可能性を踏まえトレーニングや試合に臨むことが必要と思われる。シーズン全体を通しては、Load, Monotony, Strainは同様に変動するが、起床時脈拍数が反比例の値を示す傾向が見られた。Load, Monotony, Strainが低い値の場合、競技スコアも良い結果であることから、Y.N.(M)のコンディションづくりにはLoad, Monotony, Strainの変動を指標とし、起床時脈拍数は疲労の指標とすることが望ましいと考えられる。

T.N.の起床時脈拍数はLoad, Monotony, Strainと同様に減少し疲労の無い状態であったと思われるように、競技スコアは高い値を示した。全体的にはStrainが高い値の10000以上を示している場合、競技スコアは比較的低い傾向が見られる。この時、Monotonyも2以上を示した。

T.A.は起床時脈拍数がシーズン前半に上昇した後、シーズン最初の試合に向けて減少している。その試合では、競技スコアが最も良い78点であった。また、シーズン後

半の重要とする試合に向けても起床時脈拍数が減少し、競技スコアも一時的に上昇する傾向が見られた。シーズン全体を通して見ると、Load, Monotony, Strain, 起床時脈拍数がほぼ同じ変動であった。そのため、今後のトレーニングではトレーニング時間、強度を調節することで、重要とする試合に向けてピーキングをはかることができることが示唆される。

Y.N.(F)は、シーズン前半の2週間はLoadが700から800と低い状態であった。そのため、4名中で最もStrainの値が低かった。また、はじめの1週間はMonotonyが2近くまで上昇しており、少ないLoadでトレーニングを1週間行っていたことが推測される。シーズン前半での起床時脈拍数は、Monotonyと同様に高い値を示したが、これより5から7beats/minの上昇が見られた。Y.N.(F)の起床時脈拍数の平均は63beats/minであったが、これより5から7beats/minの上昇が見られた。Y.N.(F)の月経が11月21日から25日、12月21日から26日に見られており、シーズン前半での起床時脈拍数の上昇は、性周期の影響が考えられる。試合時については、Monotonyは2近くを、Strainは4000近くまで上昇を見せた。しかし、起床時脈拍数は減少する傾向であった。競技スコアは、85点から80点前半の値であった。Monotony, Strainが高い値の場合は、シーズン全体の競技スコアが平均88点のY.N.(F)からするとあまり良いと捉えることはできない。Y.N.(F)はMonotony, Strainの変動に注意しトレーニングすることが望ましいと思われる。

全被験者に共通しているのは、Monotony, Strainが競技スコアの変動に関係していることである。Monotony, Strainが高い値であれば競技スコアが低く、低い値であれば競技スコアも高くなる。これらのことから、クロスカントリースキー選手のトレーニング評価にMonotonyやStrainが有効であることが示唆された。

## VI. 参考文献

- Carl Foster and Manfred Lehmann : Overtraining Syndrome. Running Injuries, Chapter13, 173-188, 1996.
- Norman, R., S.Ounpuu, M.Fraser, R.mitcell : Mechanical power output and estimated metabolic rates of nordic skiers during Olympic Competition. Int. J.Sport Biomech. 5, 169-184, 1989.
- Saltin and Åstrand : Åstrand, P.O. and Rodahl 著, 浅野勝己訳オスランド運動生理学. 大修館書店, 東京, 1976.
- Thomas R.Baechle, 石井直方訳 : ストレングストレーニング&コンディショニング. ブックハウス・エイチデイ, 24-25, 1999.
- 青木純一郎, 佐藤佑, 村岡功 : スポーツ生理学. 市村出



- 版. 31-32, 2001.
- 青木高, 大田壽城: 健康・スポーツの測定. 建帛社, 85 - 92, 1996.
- 朝比奈一男, 中川功哉: 現代保健体育学大系 7 運動生理学. 大修館書店, 226-227, 1969.
- 浅見俊雄, 宮下充正, 渡辺融: 現代体育・スポーツ体系 第11巻スポーツ医学. 講談社, 45, 1989.
- 安部孝, 山田保, 堀居昭: 生理機能からみたクロスカンリースキーの Performance について. 日本体育大学紀要 11号, 37 - 44, 1982.
- 安部康之, 坂見敏夫: クロスカンリースキーのクラシカルとフリースタイル走法中の歩数と心拍数の同時記録. 日本体育大学紀要 25 巻 2 号, 47 - 49, 1996.
- 石井清一, 菅原誠, 武藤芳照: スキーの医学. 南江堂, 12, 86 - 87, 1995.
- 石河利寛, 杉浦正輝: 運動生理学. 建帛社, 280 - 286, 1989.
- 入江一憲: 臨床スポーツ医学 3: 299 - 305, 1986.
- 木村邦彦: 人体解剖学. 大修館書店, 132 - 142, 1969.
- 川初清典, 中川功哉, 晴山紫恵子, 上杉尹宏, 早坂毅代司, 斎藤智治: ローラースキー実走およびローラーボードトレーニングにおける筋電図的研究. 日本体育協会スポーツ科学研究報告No.14, II, 178 - 182, 1991.
- 川初清典, 中川功哉, 晴山紫恵子: 筋電図測定からみたクロスカンリースキーイングにおける上下肢筋の機能性役割. 日本体育協会スポーツ科学研究報告No.2, III, 35 - 38, 1993.
- 川初清典, 中川功哉, 晴山紫恵子: クロスカンリースキーイングの競技特性と全身持久性能力からみた競技方法に関する考察. 日本体育協会スポーツ科学研究報告No.14, II, 178 - 182, 1991.
- 宮下青磁: 競技スキー教程(クロスカンリースキー編). スキージャーナル, 10-13, 2000.
- 文部省: 新体力テスト. ぎょうせい, 97 - 98, 2000.
- 山口正信: 青少年の体格・体力評価基準値. 教育出版センター, 94 - 95, 1995.