筑波大学体育科学系紀要 Bull. Health & Sports Sciences, Univ. of Tsukuba 10：203—220, 1987.

寒冷血管反応に及ぼす断眠の影響並びに日内変化に関する研究

細 川 淳 一・植 木 章 三

Effect of Insufficient Sleep on Blood Vessel Reaction to Cold and Daily Variation of the Reaction

Junichi HOSOKAWA and Shozo UEKI

The purpose of this report is to evaluate blood vessel reaction to cold of individuals who must study till past midnight or work all night in the cold. Two conditions were set experimentally : 8-hour sleep and no sleep. Effects of these conditions on blood vessel reaction to cold were observed on the morning, daytime, and evening of the next day. Daily variation of the reaction was also investigated by comparing results of three occasions. The subjects were seven healthy men. The middle finger of their right hand was soaked in cold water at 0°C for 30 minutes. Then skin temperature of the finger was taken on schedule and it was input to a computer and recorded. Pain sensation was examined as well.

Various values indicating blood vessel reaction to cold were got from the skin temperature change and then resistance index of frostbite was calculated by Yoshimura's method, Nakamura's 3-point method and Nakamura's 5-point method. The experiment was performed in a given room from 10th to 29th in September, 1986.

The results were as follows.

1) The change of skin temperature of the middle finger exposed to cold water differed among different subjects, and its patterns could be classified into three groups by its characteristics.

2) The daily variation of resistance index of frostbite differed greatly from subject to subject and no significant difference was found. But the finger skin temperature before exposure to cold water and during recovery was high in the daytime and low in the morning and in the evening, showing a significant difference ($p<0.05$).

3) There was no common effect of insufficient sleep observed, although blood vessel reaction to cold changed remarkably due to insufficient sleep in some subjects.

4) Of three kinds of resistance index of frostbite, Nakamura's 5-point method represented individual variation most clearly as to the effect of insufficient sleep and the daily variation, showing its validity in evaluating blood vessel reaction to cold under various environmental conditions.

It is suggested that the effect of insufficient sleep and the daily variation of the skin temperature may be present in the results of blood vessel reaction to cold and there is great individual variation as to such reaction. In addition, there may be some difference in representation of the reaction between methods because their validity is not uniform.

1．緒　　言

冷水中に手指を浸漬したとき急激な皮膚温の低下をみるが，やがてこれは上昇下降を繰り返す，いわゆる寒冷血管反応を発現することが知られて

いる[8]。この寒冷血管反応を指標として局所耐寒性を評価する試みが，吉村，飯田[25]によりなされ，抗凍傷指数による評価法が確立された。その後，抗凍傷指数の妥当性についても検討が加えられ，いくつかの補正法が考案されている[11,12]。

近年，労働衛生の分野においては，振動障害に対する健康診断の一指標として，冷水浸漬による誘発試験が行われているが，この寒冷血管反応がその判定に有用であるとする報告もいくつかみられる[1,10,24]。このように，寒冷血管反応は実用的に使用されるようになってきているが，実際に測定する場においては，測定条件を一定にすることが困難であり，様々な環境条件が測定結果に影響を与えることが予想される。したがって，各種の環境条件が寒冷血管反応に及ぼす影響について，細かな検討を加える必要があるように思われるが，寒冷血管反応については，これまでに，地域差，性差，年齢差，季節差，人種差，運動や鍛練による差異など様々な観点から検討が加えられてきている[3,4,5,7,13,17,18,20,21,22,23,25,26]。しかし，日常の生活環境条件の変化が，寒冷血管反応成績に及ぼす影響に関しては，吉村，飯田[25]が，食事や温水浴及び冷水浴，絶食や断眠の影響について検討を加えてはいるものの，その報告数は少なく，特に断眠の影響については，吉村，飯田の報告の中でも，あまり明確な知見が得られていない。

そこで，近年における生活環境の変動に伴う「夜型」生活の一般化，受験勉強に伴う睡眠時間の短縮化などを考慮に入れ，今回は特に，日常の夜勤労働後や徹夜作業後などを想定して，実験的に8時間睡眠並びに断眠条件を設定し，寒冷血管反応を，朝，昼，夜の3時間帯において測定することによって，寒冷血管反応に及ぼす断眠の影響を検討すると同時に，寒冷血管反応成績の日内変化についても考察を加えた。

2．方　法

1）被検者

本実験の被検者は，筑波大学体育専門学群と体育研究科に所属する学生6名，及び体育科学系職員1名，計7名の健康な成人男子で，その特性については，表1に示すとおりである。各被検者ともに，運動競技歴を有する者たちであり，現役の選手も含まれている。また，出身地は，関東及び中部地方があり，筑波や東京に少なくとも3年以上在住している者たちである。

2）実験の期間及び環境

今回の実験は，夏期の高温環境条件の影響を避け，昭和61年9月10日から29日の20日間に，筑波大学体育科学系衛生学実験室において実施した。室温については，季節的に秋期初期における測定であったために，吉村，飯田[25]の方法の20°Cよりも幾分高い温度条件下で行われた。

3）寒冷血管反応の測定法

寒冷血管反応の測定に関しては，吉村，飯田[25]の方法に準拠して実施した。測定は，図1に示すように，食後3時間以上経過した後に，実験室で30分間座位安静状態を保ち，その後右手中指を第一節まで0～0.5°Cの氷水中に30分間浸漬させた。右手中指末節背面（以後手指部と呼ぶ）にサーミスタ（宝工業製）を装着したが，厚さ約1mmで1cm四方の発泡スチロール片で覆った後にサージカルテープで固定し，その上にワセリンを十分に塗布して隙間をなくし，水がテープ内にしみ込まない

Table 1　Characteristics of subjects

Subj. No.	Sex	Age (yrs.)	Height (cm)	Weight (kg)	Native Place	Sports event	Sports career (yrs.)	Daily bedtime	Daily rising time	Daily sleeping hours
1	Male	22	173.8	63.0	Saitama	Pole vault	10	12：00AM	7：00AM	7.0
2	Male	23	169.8	70.4	Tokyo	Water polo	5	2：00AM	8：00AM	6.5
3	Male	25	167.8	58.5	Niigata	Walking	7	1：00AM	8：00AM	7.0
4	Male	21	169.7	69.5	Aichi	Volleyball	7	12：30AM	10：00AM	9.5
5	Male	21	168.0	56.7	Aichi	Swimming	6	1：00AM	9：00AM	8.0
6	Male	24	173.2	94.6	Nigata	Hammer	9	1：00AM	9：00AM	8.0
7	Male	29	179.6	76.2	Gifu	Handball	7	12：00AM	8：00AM	8.0
Mean		23.6	171.70	69.84			7.3	12：47AM	8：30AM	7.71
Std.		2.8	4.19	12.92			1.7	0：41	0：57	0.99

ようにした。そして手指部皮膚温（以後指皮温と呼ぶ）を，浸漬前5分間，中30分間，後30分間，それぞれ1分間隔で経時的に測定・記録した（宝工業製，K922型　使用）。また浸漬中と後に，同じく1分間隔で被検者の疼痛感についても聴き取り調査を行った。疼痛感のスケールについては，図2に示すように，田中ら[23]による尺度づけを使用した。なお浸漬後には，手指部に付着した冷水をガーゼで速やかにふき取り，皮膚温変動に対する直接的な水の影響を除去するようにした。手指部を挿入するための容器には，発泡スチロール容器（30cm×26cm×20cm）を用い，その中に，氷片を被検者の手指部に直接触れないように，金網（15cm×15cm×15cm）で仕切って入れ，その上に四つの角に直径2.5cmの穴をあけた厚さ3mmのベニヤ板を固定し，小型ポンプで絶えず氷水を撹拌して水温分布が一定になるようにした（図3）。

4）実験の設定条件

本実験では，上記測定前に8時間睡眠を取る場合と，断眠させる場合の三条件を設定した。実験のスケジュールは，図4に示す通りである。すなわち，8時間睡眠をとる場合には，睡眠条件を一定にするために，測定前日の午後11時に実験室に被検者を集合させ，あらかじめ準備しておいた寝具を用いて，そこで11時30分に就寝，そして午前7時30分に起床させた。その時，(1)寝付き，(2)熟睡度，(3)寝起きの3項目について，図5に示す尺度によって申告をさせた。また断眠の場合には，被検者に測定前日の午前10時には起床するようにさせ，その後，午後11時に実験室に集合するまでの間に，睡眠をとることを禁止した。深夜の断眠中は，環境条件を統一するために実験室に滞在させて，VDT作業もしくは読書を，途中休憩をはさみながら自由に行わせ，その間被検者が眠らせないようにさせ，そして8時間睡眠後，断眠後ともに，寒冷血管反応の測定を，午前8時から9時30分（以後朝の測定と呼ぶ），午後2時から3時30分（以後昼の測定と呼ぶ），午後8時から9時30分（以後夜の測定と呼ぶ）の1日3回行い，その間は，特別な用事がないかぎりは，実験室に滞在させ，被検者が眠らせないように監視していた。また各測定前に，眠気感について図6に示す尺度によって申告させた。各被検者には，実験の前日及び当日は，過激な運動，喫煙，アルコール類の摂取を控えさせた。実験中の服装については，上半

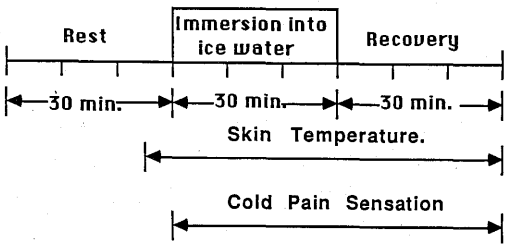

Fig. 1　Experimental Protocol.

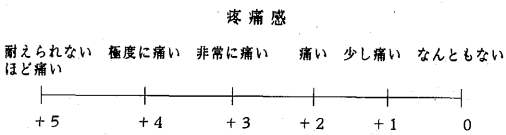

Fig. 2　Sensation of cold pain.

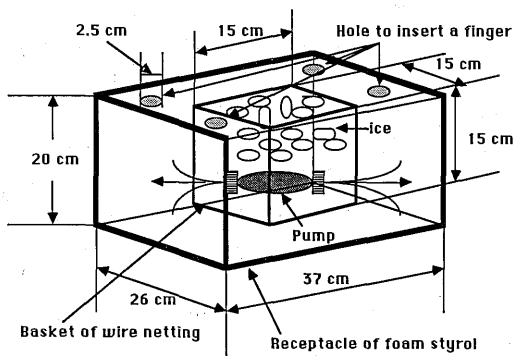

Fig. 3　Measurement instrument of cold-induced vasodilation.

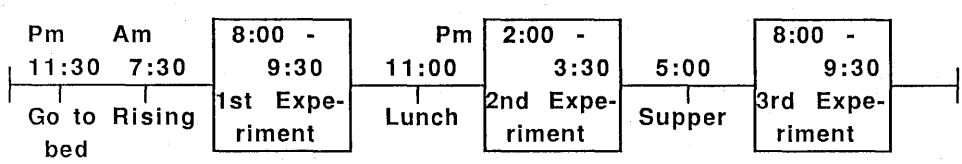

Fig. 4　Experimental Schedule.

身にはTシャツ，下半身にはトレーニングジャージを着用させ，足には靴下にシューズを履くようにさせた。また入浴については，夜の測定終了後に行うように指示した。なお，実験期間中の気温，気湿に関しては，アスマン通風乾湿計により補正した自記温湿度計により連続記録した。

5）抗凍傷指数の算出法

指皮温の変動から抗凍傷指数を算出する方法に関しては，吉村，飯田[25]の算出法（以後吉村法と呼ぶ）を，また中村らの算出法のうち3点法[11]（以後3点法と呼ぶ）及び5点法[12]（以後5点法と呼ぶ）をそれぞれ使用した。各算定基準は，表2に示す通りである。また，寒冷血管反応諸測値の読み取り方は，図7に示す通りである。

すなわち，浸漬前指皮温；TBI（Temperature Before water Immersion），浸漬5分後から30分後までの25分間の平均指皮温；MST（Mean Skin Temperature），浸漬後急激に低下した指皮温が，再上昇したときの温度（反応発現温度）；TFR（Temperature at First Rise），浸漬後上記反応の起こるまでの時間（反応発現時間）；TTR（Time of Temperature Rise），浸漬中の最低指皮温と浸漬5分後から30分後までの25分間の最高指皮温との差（反応の大きさ）；AT（Amplitude of Temperature），氷水中より指を引き上げてから10分後の指皮温（回復期指皮温）；TAI（Temperature After water Immersion）の，以上6項目について検討を加えた。

この中の，MST，TFR，TTRの3項目から吉村法による，それにTBIを含む4項目から3点法と5点法による，3種類の抗凍傷指数を算出した。特に3点法と5点法についてやや詳細に述べると，表2に示したYは，それぞれMST，TFR，TTR

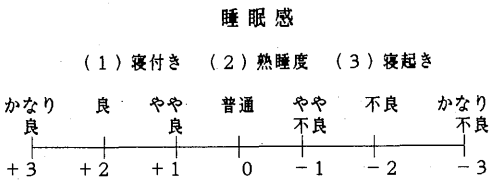

Fig. 5　Sensation of sleeping condition.

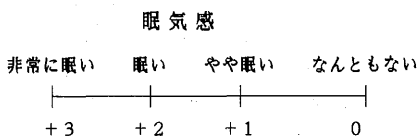

Fig. 6　Sensation of sleepiness.

Table 2　Standard methods for evaluation of resistance index of frostbite by Yoshimura and Nakamura (3 Points and 5 Points).

	MST (Mean Skin Temperature)	TFR (Temperature at First Rise)	TTR (Time of Temperature Rise)
by Yoshimura	Point 3　7.1°C Point 2　4.1−7.0°C Point 1　4.0°C	Point 3　4.1°C Point 2　1.6−4.0°C Point 1　1.5°C	Point 3　7 min. Point 2　11−8 min. Point 1　12 min.
by Nakamura (3 Points)	Point 3 ↑ Y ＝0.4414X−4.0699 Point 2 ↕ Y＝0.4414X−10.0319 Point 1 ↓	Point 3 ↑ LOGeY＝0.0464X−0.8685 Point 2 ↕ LOGeY＝0.0464X−1.9141 Point 1 ↓	Point 3 ↑ Y ＝−0.4268X＋18.9765 Point 2 ↕ Y＝ 0.4268X＋22.7285 Point 1 ↓
by Nakamura (5 points)	Point 5 ↑ LOGeY＝0.0948X−0.5722 Point 4 ↕ LOGeY＝0.0948X−0.7695 Point 3 ↕ LOGeY＝0.0948X−0.9653 Point 2 ↕ LOGeY＝0.0948X−1.1926 Point 1 ↓	Point 5 ↑ LOGeY＝0.1110X−1.6280 Point 4 ↕ LOGeY＝0.1110X−1.9862 Point 3 ↕ LOGeY＝0.1110X−2.2948 Point 2 ↕ LOGeY＝0.1110X−2.6530 Point 1 ↓	Point 5 ↑ Y＝−0.5042X＋21.8735 Point 4 ↕ Y＝ 0.5042X＋23.1035 Point 3 ↕ Y＝−0.5042X＋24.1629 Point 2 ↕ Y＝−0.5042X＋25.3929 Point 1 ↓

＊Note；Y＝(MST, TFR, TTR)
X＝TBI (Temperature Before Water Immersion)

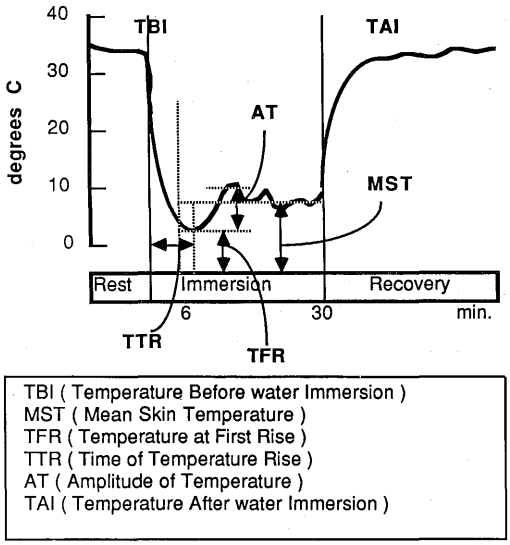

Fig. 7　Characteristics of finger temperature.

値を示し，Xには各被検者のTBI値を代入する。この式は，MST，TFR，TTRがいずれもTBIと相関があることから，中村らが[11,12]その研究の実測例から求めた回帰直線を中心に，それからの偏差量を区分評点したものである。つまり各被検者の実測値が，この区分評点のどの範囲に位置するかによって点数を決めるわけである。これら抗凍傷指数の最高点は，吉村法及び3点法が9点，5点法が15点となっている。

3．結　果

1）被検者の睡眠習慣

本実験における，各被検者の日常睡眠習慣をみると，表1に示すごとく，すべて被検者が午前0時以降であり，中には，午前2時以降に就寝する者もみられる。また，日常の起床時間は，早い者で午前7時，遅い者では午前10時の者もいるが，

Table 3　Experimental conditions

Non. slp.						
	Morning		Afternoon		Evening	
Subj. No.	Temp. (°C)	Humdity (%)	Temp. (°C)	Humdity (%)	Temp. (°C)	Humdity (%)
1	24.2	72	26.0	79	22.7	90
2	23.2	51	23.7	48	23.3	50
3	24.3	59	23.0	50	23.4	60
4	24.2	72	26.0	69	22.7	90
5	24.5	85	26.3	75	22.7	94
6	23.4	59	23.9	79	23.5	67
7	23.4	59	23.9	79	23.5	67
mean	23.89	65.3	24.69	67.0	23.11	74.0
std.	0.53	11.6	1.36	13.0	0.39	17.2

8hr. slp.						
	Morning		Afternoon		Evening	
Subj. No.	Temp. (°C)	Humdity (%)	Temp. (°C)	Humdity (%)	Temp. (°C)	Humdity (%)
1	23.8	62	23.5	43	23.0	60
2	23.8	72	23.5	43	23.0	60
3	24.2	73	25.0	70	24.0	83
4	24.2	73	25.0	70	24.0	83
5	24.4	71	24.8	53	24.3	75
6	24.0	80	24.0	75	23.2	82
7	24.0	80	24.0	75	23.2	82
mean	24.06	71.6	24.26	61.3	23.53	75.0
std.	0.22	7.4	0.67	14.5	0.55	10.6

平均的には，午前8時～9時の間にあり，本実験の被検者は，いわゆる，「宵っ張りの朝寝坊」型であるといえよう。しかし日常睡眠時間は，平均7.71時間と，ほぼ本実験の設定睡眠時間である8時間睡眠に近似しており，極端な短時間睡眠習慣を有する者はみられなかった。

2）実験期間中の環境条件

表3は，本実験期間中の環境条件の測定結果を示したものである。測定に用いた実験室は，北側に位置しているために，直射日光の影響を直接受けることがなく，特に室温に関しては比較的安定した条件を保つことができたが，日中晴れの日には，昼の測定の室温は，朝及び夜の測定に比べて2～3℃ほど高い日もあった。一方湿度は，日によっても，また日内でもかなりの変動がみられたが，今回の室温条件の変動範囲内では，被検者に与える影響はほとんどないものと考えられる。

3）8時間睡眠後における各被検者の睡眠感並びに測定前の眠気感

各被検者に8時間睡眠をとらせた後の主観的な睡眠感を示したものが表4である。これをみてわかるように，本実験の被検者群は，普段午前12時以降に就寝する習慣がついているせいか，午後11時30分就寝では，寝付きが悪いと訴えたものが4名みられた。またSubj. 3, 4は，寝付きは悪かったものの，熟睡度と寝起きに関しては良いと答えているが，他の被検者においては，普通ないしやや悪いと答えているなど，各人各様の結果を示している。

Table 4　Sleeping conditions after 8-hour sleep on each subject.

Sub. No.	(1)寝付き	(2)熟睡度	(3)寝起き
1	－1	0	－1
2	0	0	－3
3	－2	＋2	＋2
4	－2	＋2	＋2
5	0	－1	－1
6	－2	0	0
7	0	－1	0

また，測定前の眠気感を示す表5をみると，朝の測定では，起床直後の状態であることもあってか，各被検者ともに8時間睡眠後も眠気感が比較的強く持続し，8時間睡眠後も断眠後もあまり眠気感に差異はみられないが，昼の測定になると，ほとんどの被検者が断眠後の眠気感のほうが8時間睡眠後よりも強くなる傾向にあった。一方，夜の測定においても昼の測定のそれと同様に，断眠後の眠気感のほうが強いが，昼よりはその差が少なくなる傾向が認められた。

4）指皮温変動と疼痛感

冷水（0℃）中に手指を浸漬暴露した時の指皮温変動をみると，おおまかな傾向として，次の3つのパターンが観察され，それぞれの代表的な被検者の変動例とそれに対応する疼痛感の変動を図示したものが，図8～11である。すなわち，1つは，図8（Subj. 3）及び図9（Subj. 5）に示すように，主に，一度かなり低いレベルまで急激に指皮温が低下した後上昇し，その後あまり顕著な上昇下降を繰り返さないパターン（以降Type 1と呼ぶ），また，図10（Subj. 2）に示すように，主に寒冷血管反応が発現した後に，かなり顕著な上昇下降が2回ほど観察されるパターン（以後Type 2と呼ぶ），そしてもう1つは，図11（Subj. 6）に示すように，主に，比較的浸漬中の指皮温変動レベルが高く，複雑に上昇下降を繰り返し，時として，浸漬初期の寒冷血管反応が発現した時の温度よりも，浸漬中，後期において，指皮温が低下する場合がみられるパターン（以後Type 3と呼ぶ）の3つに類型化できる。このうち，Type 1については，

Table 5　Sensation of sleepiness before experiment on each subject.

Sub. No.	Morning		Afternoon		Evening	
	Non slp.	8hr. slp.	Non slp.	8hr. slp.	Non slp.	8hr. slp.
1	＋2	＋2	＋3	＋1	＋2	＋2
2	0	＋1	＋1	0	＋1	0
3	＋3	＋3	＋3	＋2	＋2	＋1
4	＋2	＋1	＋1	0	＋1	0
5	＋1	＋2	0	0	0	＋1
6	＋1	0	＋1	＋1	＋1	＋1
7	＋1	＋1	＋2	0	＋1	0

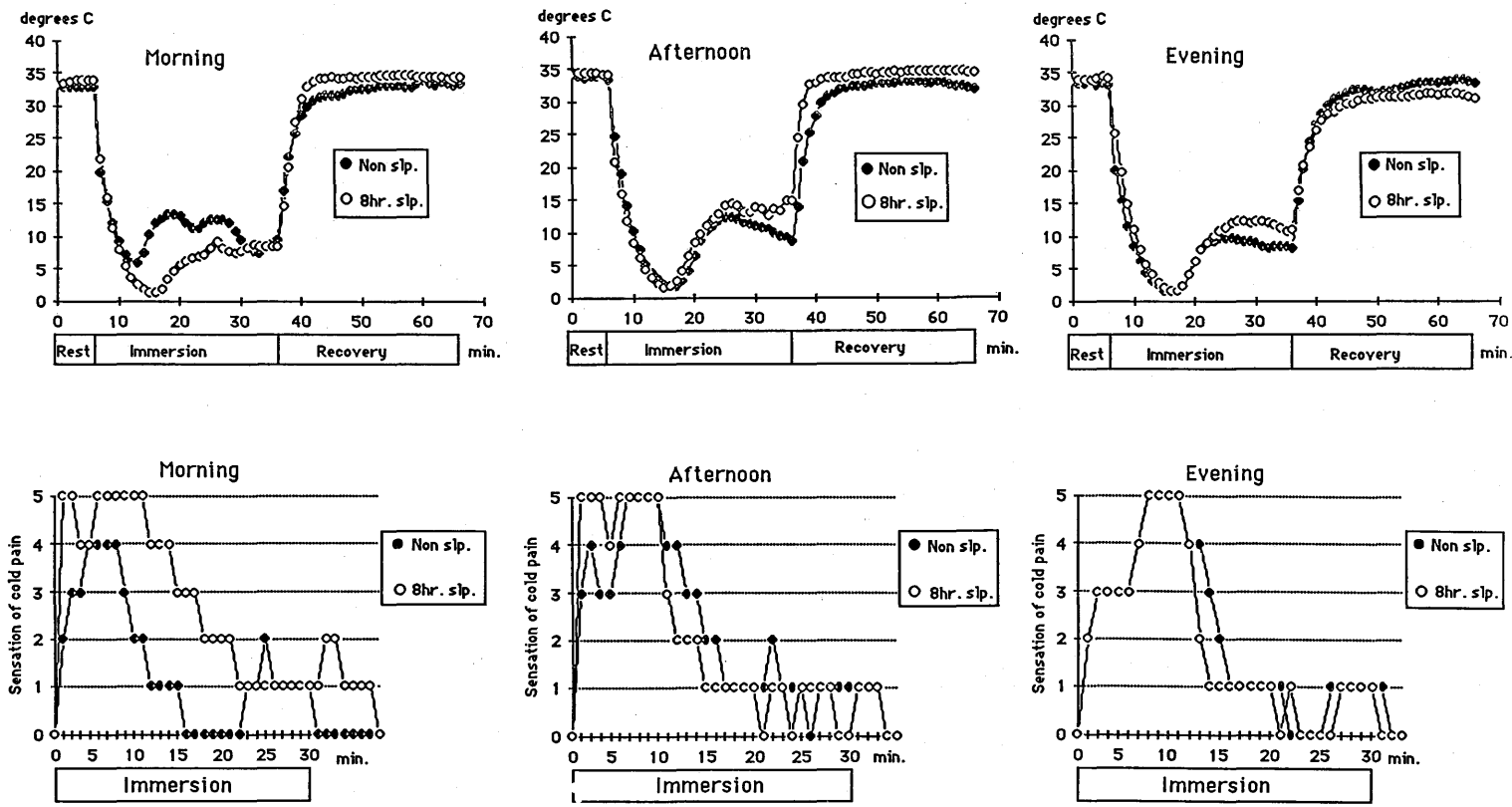

Fig. 8 Change of a finger skin temperature and sensation of cold pain in the morning, the afternoon and the evening after non sleep and eight-hour sleep (in case of Subj. 3).

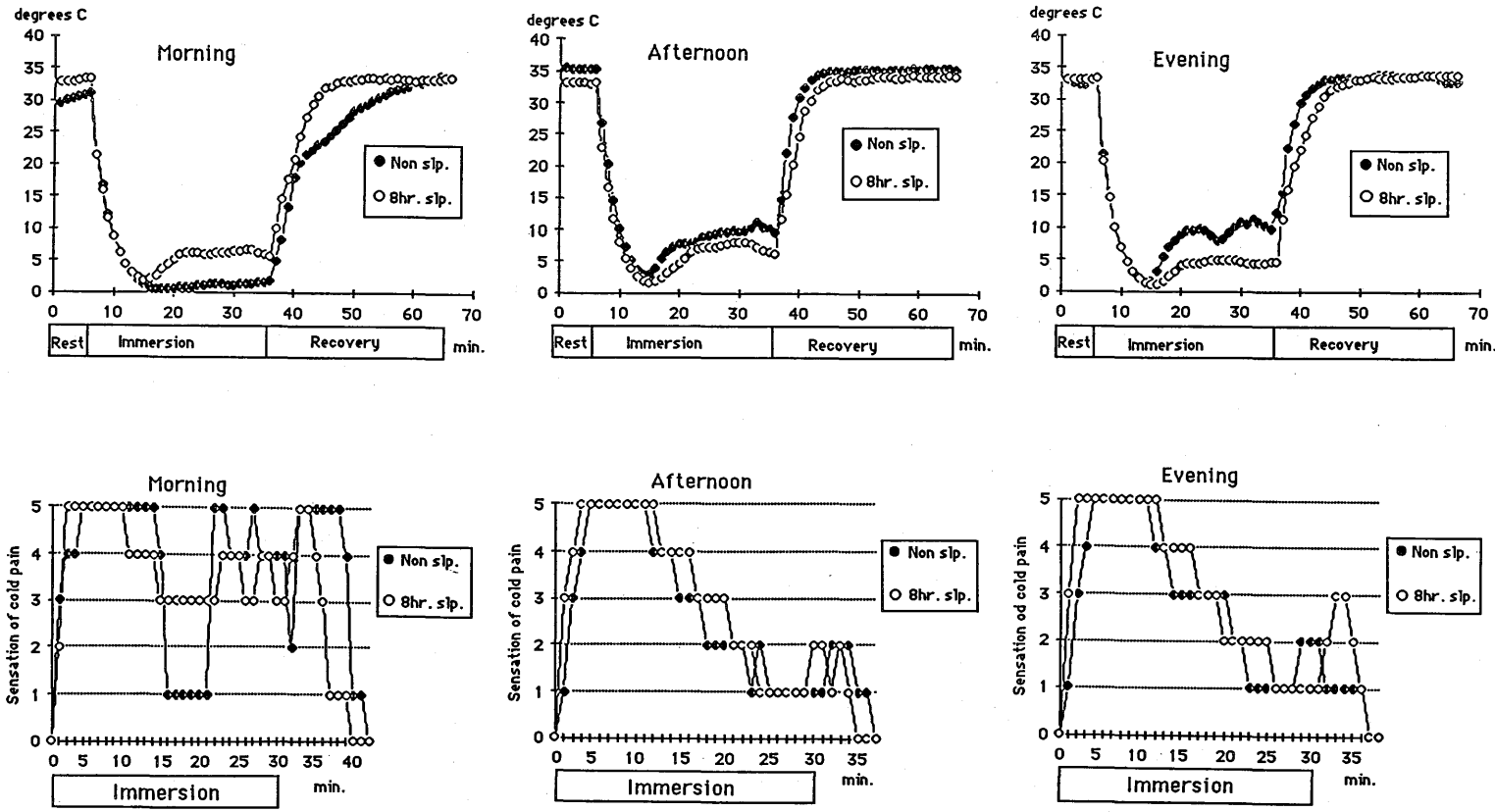

Fig. 9 Change of a finger skin temperature and sensation of cold pain in the morning, the afternoon and the evening after non sleep and eight-hour sleep (in case of Subj. 5).

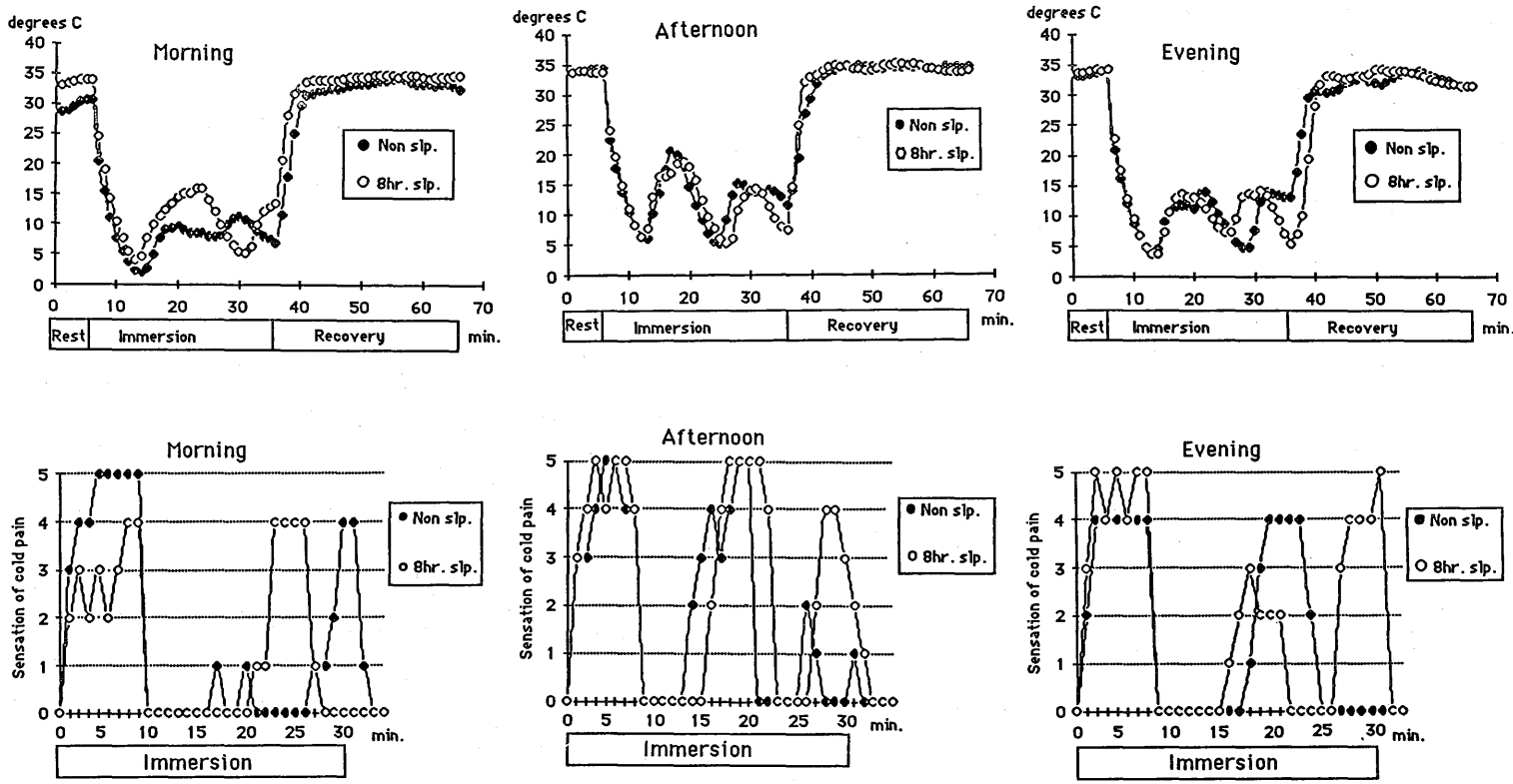

Fig. 10 Change of a finger skin temperature and sensation of cold pain in the morning, the afternoon and the evening after non sleep and eight-hour sleep (in case of Subj. 2).

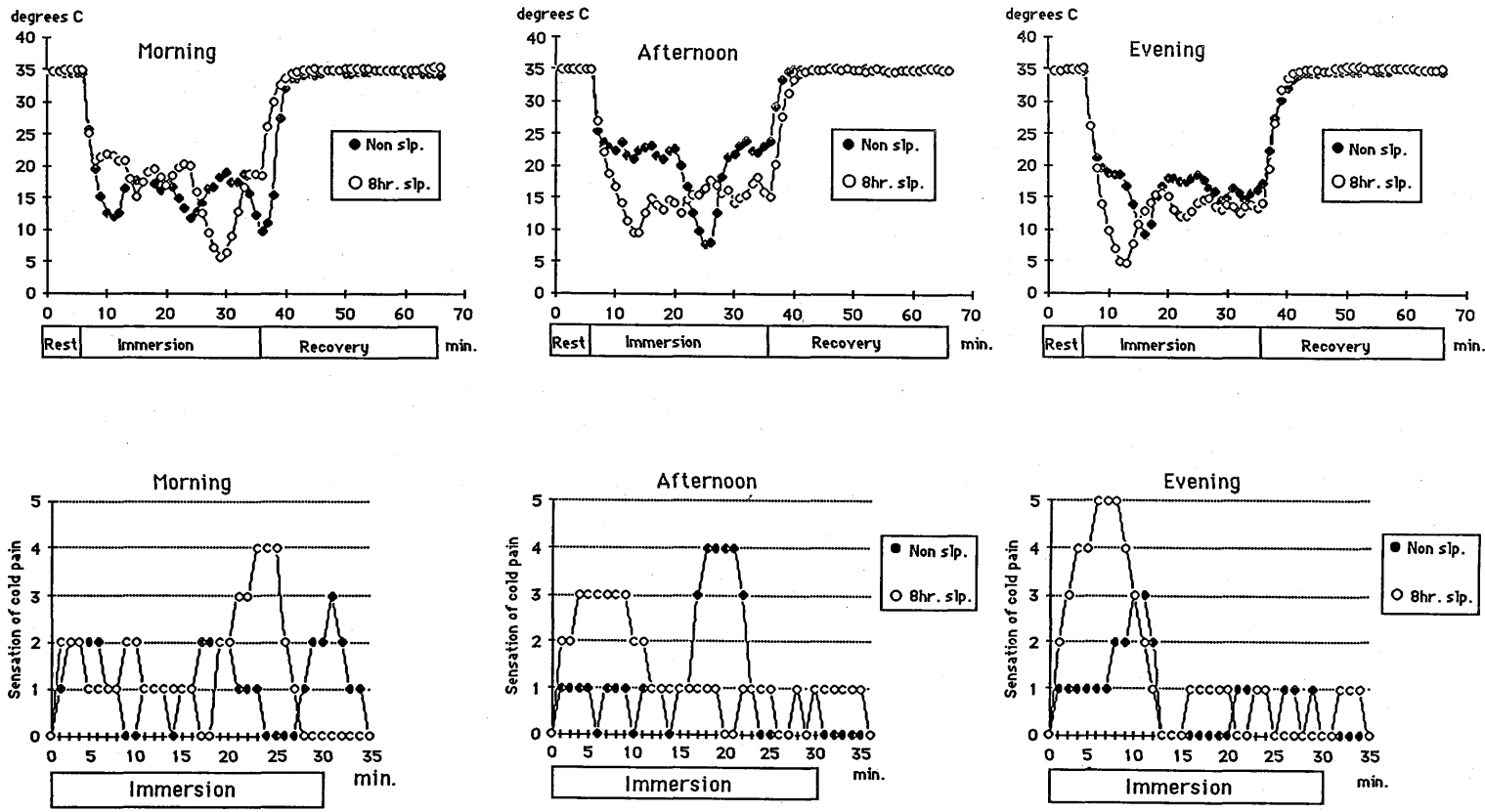

Fig. 11 Change of a finger skin temperature and sensation of cold pain in the morning, the afternoon and the evening after non sleep and eight-hour sleep (in case of Subj. 6).

7名中5名の被検者がこのパターンに属している。

a）Subj. 3の場合

Subj. 3について指皮温の変動をみると，朝の測定においては，断眠後のほうが8時間睡眠後よりも寒冷血管反応が早く，しかも高い温度で発現している(図8)。また，昼及び夜の測定においては，8時間睡眠後のほうが断眠後よりもやや上昇傾向が強いが，ほぼ同様な変動傾向を示している。そこでこの被検者の疼痛感をみてみると，浸漬初期の指皮温の急激な低下に伴って疼痛感が増大し，寒冷血管反応発現とともに消長する傾向を示していることがわかる。また，朝の測定においては，断眠後の寒冷血管反応が早く発現し，しかも高いレベルの指皮温で発現したことと関連してか，疼痛感も8時間睡眠後に比べて断眠後に弱い傾向を示している。

b）Subj. 5の場合

Subj. 5の指皮温変動パターン（図9）は，Type 1に属しているが，本実験中最も指皮温変動レベルが低い例でもある。特に，断眠後の朝の測定では，寒冷血管反応はほとんど認められない。また8時間睡眠後の指皮温変動においては，朝，昼，夜ともにほぼ同様なパターンを示している。昼と夜の測定の場合には，断眠後の指皮温変動のほうが，8時間睡眠後のそれよりも寒冷血管反応がやや大きい傾向にあった。一方，疼痛感は，朝，昼，夜ともに，8時間睡眠後と断眠後においてほとんど差がみられなかった。そして，昼と夜の測定においては，増大した疼痛感も浸漬が進むにつれて消長する傾向を示しているが，朝の測定では，その消長傾向はみられず，浸漬終了後までも強い疼痛感が残っていた。

c）Subj. 2の場合

Subj. 2（図10）は，比較的寒冷血管反応が良い例である。この被検者の場合，大きな上昇下降が2回みられるのが特徴であるが，断眠後の朝の測定においては，その反応傾向があまり顕著には認められない。また，指皮温の大きな上昇下降にほぼ同期して，疼痛感の増大，消長がかなり明確に現われているが，朝の測定の浸漬初期においては，指皮温反応の悪さを反映してか，8時間睡眠後よりも断眠後の疼痛感のほうが強くなっている。

d）Subj. 6の場合

Subj. 6（図11）は，本実験中最も指皮温変動レベルが高い例であり，寒冷血管反応が早く，高い指皮温でそれが発現している様子が伺える。特にこの被検者の場合には，昼と夜の測定で，断眠後の指皮温変動レベルが8時間睡眠後よりも高い傾向にある点に興味がひかれる。疼痛感も指皮温にほぼ同期しており，この被検者の場合には，全体的に断眠後の疼痛感が8時間睡眠後のそれよりも弱く，特徴的な傾向を示している。

5）寒冷血管反応諸測値と抗凍指数

本実験における寒冷血管反応の諸測値について示したものが表6～11である。

TBI(表6)をみると，全体的に断眠後の朝の測定が最も低い傾向を示していることがわかる。この場合，断眠後の朝と夜の測定間のTBI値にのみ，有意差が認められた（$p<0.05$）。

次に，MST（表7）について，8時間睡眠後と断眠後を，また，朝，昼，夜の各測定間を比較してみると，各被検者によりその傾向がかなり異なっているために，一様な傾向は認められず，またTFR(表8)の場合でも，上記MSTの場合と同様に，一様な傾向は認められなかった。TTR(表9）の場合には，8時間睡眠後の昼の測定の値が最も短い傾向を示し，有意差も認められたが，（$p<0.02$），他は有意差がみられなかった。AT（表10）においてもMSTと同様に，8時間睡眠後と断眠後，及び朝，昼，夜の各測定間を比較してみると，被検者によって傾向が異なり，いずれの場合においても統計的な有意差は認められなかった。

一方，TAI（表11）においては，上記4諸測値とは異なり，各被検者間のばらつきが少なく，8時間睡眠後，断眠後ともに昼の測定値が最も高くなる傾向が認められ，それぞれ，断眠後の昼と夜の測定間（$p<0.05$），8時間睡眠後の朝と昼の測定間（$p<0.05$）及び昼と夜の測定間（$p<0.02$）のそれぞれのTAI値に有意差が認められた。

また，本実験における各種抗凍傷指数については，表12～14に示す通りである。

これらをみると，各種抗凍傷指数ともに，8時間睡眠後と断眠後，及び朝，昼，夜，いずれの測定間の抗凍傷指数にも有意な差異は認められなかった。しかし，一様な傾向は認められないものの，各被検者ともに，8時間睡眠後と断眠後，及び各測定時点における抗凍傷指数には，かなりの差異が認められた。特に，5点法，3点法，吉村

Table 6 The results of TBI (°C)

	Morning		Afternoon		Evening	
Subj. No.	Non slp.	8hr. slp.	Non slp.	8hr. slp.	Non slp.	8hr. slp.
1	34.98	33.84	34.97	33.94	33.86	33.43
2	30.54	34.01	34.15	33.81	33.98	34.39
3	32.79	33.85	33.43	34.05	33.16	34.11
4	33.68	34.21	34.83	35.27	34.54	32.42
5	30.96	33.39	35.23	33.17	33.02	33.39
6	34.32	35.01	34.87	35.01	34.73	35.03
7	33.68	34.5	34.86	33.41	3.79	34.44
mean	32.99	34.12	34.62	34.09	34.01	33.80
std.	1.68	0.52	0.62	0.78	0.72	0.87

Significant difference
Non slp. Morning-Afternoon $p<0.05$

Table 7 The results of MST (°C)

	Morning		Afternoon		Evening	
Subj. No.	Non slp.	8hr. slp.	Non slp.	8hr. slp.	Non slp.	8hr. slp.
1	8.14	6.34	7.19	8.33	8.33	6.07
2	7.79	10.51	12.48	11.86	9.93	10.00
3	10.46	6.11	8.08	9.82	6.78	8.43
4	9.84	9.74	10.11	14.04	10.12	6.36
5	1.31	5.13	7.94	5.68	7.97	3.71
6	15.89	15.85	19.41	14.64	15.79	12.69
7	5.65	15.14	7.55	7.09	9.70	14.24
mean	8.44	9.83	10.39	10.21	9.80	8.79
std.	4.15	4.34	4.39	3.44	2.91	3.78

Table 8 The results of TFR (°C)

	Morning		Afternoon		Evening	
Subj. No.	Non slp.	8hr. slp.	Non slp.	8hr. slp.	Non slp.	8hr. slp.
1	1.83	2.47	6.91	3.34	2.91	2.21
2	2.62	4.64	10.09	7.73	4.62	3.9
3	7.57	1.93	1.79	1.75	1.26	2.28
4	6.13	7.13	9.36	5.74	2.4	1.94
5	0.59	2.03	3.02	1.9	1.57	1.54
6	12.67	17.39	23.58	9.6	10.87	7.71
7	1.98	6.78	5.58	3.13	5.69	4.72
mean	4.77	6.05	8.62	4.74	4.90	3.47
std.	4.29	5.45	7.27	3.03	3.44	2.19

Table 9 The results of TTR (min.).

	Morning		Afternoon		Evening	
Subj. No.	Non slp.	8hr. slp.	Non slp.	8hr. slp.	Non slp.	8hr. slp.
1	10	10	9	9	10	10
2	9	8	8	7	8	8
3	8	11	11	10	11	12
4	8	8	9	8	7	9
5	13	10	9	10	9	11
6	6	10	5	8	11	8
7	10	8	12	9	10	9
mean	9.14	9.29	9.00	8.71	9.43	9.57
std.	2.19	1.25	2.24	1.11	1.51	1.51

Significant difference
8hr. slp. Afternoon-Evening $p<0.02$

Table 10 The results of AT (°C)

	Morning		Afternoon		Evening	
Subj. No.	Non slp.	8hr. slp.	Non slp.	8hr. slp.	Non slp.	8hr. slp.
1	9.97	8.31	7.64	7.22	5.83	7.07
2	9.17	11.94	15.34	13.5	10.35	10.57
3	7.44	8.05	10.79	13.17	8.57	10.92
4	7.84	59.4	5.71	16.17	5.45	7.37
5	3.43	4.86	8.15	6.39	10.84	3.96
6	9.28	15.09	16.17	8.62	9.18	11.18
7	5.21	12.99	6.34	7.23	10.76	14.94
mean	7.48	9.60	10.02	10.33	8.71	9.43
std.	2.38	3.81	4.24	3.87	2.26	3.57

Table 11 The results of TAI (°C)

	Morning		Afternoon		Evening	
Subj. No.	Non slp.	8hr. slp.	Non slp.	8hr. slp.	Non slp.	8hr. slp.
1	35.18	33.01	35.04	33.5	32.49	33.07
2	32.73	33.86	34.54	34.74	32.41	32.97
3	31.63	34.05	32.38	34.12	32.21	30.33
4	34.35	34.25	35.11	35.05	34.7	32.98
5	24.56	32.45	35.06	33.59	33.25	32.02
6	34.37	34.94	35.17	35.04	34.34	34.7
7	30.98	34.44	34.18	34.41	34.31	33.39
mean	31.97	33.86	34.50	34.35	33.39	32.78
std.	3.61	0.86	1.00	0.64	1.05	1.34

Significant difference
Non slp. Afternoon-Evening $p<0.05$
8hr. slp. Morning-Afternoon $p<0.05$
Afternoon-Evening $p<0.02$

Table 12 The results of resistance index of frostbite by Yoshimura.

	Morning		Afternoon		Evening	
Subj. No.	Non slp.	8hr. slp.	Non slp.	8hr. slp.	Non slp.	8hr. slp.
1	7	6	8	7	6	6
2	7	8	8	9	8	7
3	8	6	7	7	5	6
4	8	8	8	8	9	6
5	3	6	7	6	7	4
6	9	8	9	8	8	8
7	6	8	7	7	8	8
mean	6.86	7.14	7.71	7.43	7.29	6.43
std.	1.95	1.07	0.76	0.98	1.38	1.40

Table 13 The results of resistance index of frostbite by Nakamura (3 points).

	Morning		Afternoon		Evening	
Subj. No.	Non slp.	8hr. slp.	Non slp.	8hr. slp.	Non slp.	8hr. slp.
1	5	6	6	6	6	6
2	7	7	8	8	8	7
3	8	5	5	5	6	6
4	7	7	6	7	7	6
5	3	6	6	5	5	4
6	8	7	8	7	7	7
7	5	8	6	6	6	7
mean	6.14	6.57	6.43	6.29	6.43	6.14
std.	1.86	0.98	1.13	1.11	0.98	1.07

Table 14 The results of resistance index of frostbite by Nakamura (5 points).

	Morning		Afternoon		Evening	
Subj. No.	Non slp.	8hr. slp.	Non slp.	8hr. slp.	Non slp.	8hr. slp.
1	3	3	6	5	4	3
2	7	8	11	11	8	7
3	11	3	4	5	3	4
4	9	8	7	8	9	4
5	3	3	3	3	4	3
6	13	11	14	10	1	8
7	8	10	5	4	6	8
mean	7.00	6.57	7.14	6.57	6.43	5.29
std.	4.16	3.51	3.98	3.10	2.99	2.29

法の順でその差異が顕著になり，吉村法であまり目立たなかった個人差が，5点法においてはかなり明確になる傾向が認められた。

4．考　　察

本研究においては，寒冷血管反応に対する断眠の影響及び日内変化を中心に検討を加えていくが，本実験で観察された個人差を考慮しながら，考察を加えてみたい。

木村，山下[5]の報告では，指皮温変動は4つの型に分類されており，中でも寒冷血管反応が発現してから，浸漬中のピーク指皮温まで上昇した後は，あまり極端な変動をみないタイプを示したものが，全被検者中の約95％もみられるとしている。本実験においても冷水に暴露されたときの指皮温変動は，個人差が大きく各人によって必ずしも一定の変動パターンを示してはいないが，おおまかに3つのパターンが観察されている。7名中5名の被検者が含まれているType 1の変動パターンは，木村，山下[5]の指摘したパターンと一致しており，この変動パターンは，最も標準的な冷水（0℃）中の指皮温変動曲線と解釈されよう。

吉村，飯田[25]は，自らが考察した抗凍傷指数について，その評価の妥当性を検討する目的で，いくつかの生活環境因子が，抗凍傷指数に与える影響を検討しており，その中で，日内変動や断眠の影響について報告している。日内変化の測定時間帯が本実験よりも1時間ほど前後しているものの，本実験の場合とほぼ同様に3時間帯において測定を実施しており，朝は，昼及び夜に比べて，抗凍傷指数が低い傾向にあることを指摘している。しかし，本研究における吉村法による抗凍傷指数をみると，その傾向はあまり明確には認められなかった。

体温に関しては，一般に日周リズムが存在することが知られており，早朝の睡眠中に最低となり，その後除々に上昇して，午後3時から5時頃にかけて最高に達し，また夜半から朝方にかけて下降するとされている[14]。この日内変動は，熱産生量の変化のみならず，午前中の体温上昇時には血管収縮反応により皮膚血流量が減少し，午後はその反対に血管拡張反応により皮膚血流量が増加するというように，いわゆる熱放散の増減によって起こると考えられている[6]。

また，体温の日周リズムとともに，末梢血管を支配する交感神経系の緊張度に関する日内変動については，末梢の交感神経終末から分泌し，主に末梢血管収縮作用が顕著なノルアドレナリンの変動を観察することによって，推察できるものと思われる[9]。血中のノルアドレナリンの変動について，Sauerbier及びvon Mayersbachは[16]，午前10時と午後2時に高値を示したことを報告し，またPrinzら[15]は，若年者と高齢者について検討し，特に若年者においては，午前11時をピークとして，それ以後夜半にかけて減少傾向を示したことを報告している。このように，血中ノルアドレナリンについては，日中正午前後をピークに，夜半にかけて除々に低値を示す日内変動が存在しているようである。尿中のノルアドレナリンについても血中と同様に，昼間高値を示し，夜間睡眠中において低値を示すが，この日内変動は，断眠によって，夜間通常睡眠をとるときの約3倍も高値を示し，上記日内変動がほぼ認められなくなることが報告されている[2]。したがって，交感神経系の緊張度は，日中正午頃が最も高く，その後除々に緊張度が低下する日内変動が予想される。

したがって，昼に対する朝の抗凍傷指数低下傾向があるとすれば，この体温の日周リズムや交感神経緊張度の日内変動の影響が現われているものと考えられる。本研究における，抗凍傷指数をみるとこのような傾向はさして顕著には認めれらないが，浸漬前指皮温（TBI）や回復期指皮温（TAI）においては，昼に高くなり朝低下する傾向が伺われる。これは，体温や交感神経緊張度の日内変動の影響が，特に寒冷に暴露される前と寒冷暴露後に低下した皮膚温回復の途中に現われたものとも考えられるが，冷水中では，その寒冷刺激が強いため，日内変動による差異が表出されないのかも知れない。

一方，寒冷血管反応に対する断眠の影響には，かなりの個人差があることは，本研究の結果からも明らかである。吉村，飯田[25]の報告でも，断眠後の値が対照値に対して低値を示す者が3名みられるのに対し，高値を示す者が1名，同値を示す者が1名であった。しかし，吉村，飯田[25]は，得点の±1を誤差と判断しているので，差があると思われる者は1名である。本研究の場合，吉村法の抗凍傷指数においては，8時間睡眠後に対して断眠後の朝，低値を示した者が3名，高値を示した者が3名，そして同値を示した者が1名であっ

たが，このうち，得点の±1を誤差と判断し，同値と評価したとしても，低値を示すもの2名，高値を示す者1名と，本研究では，7名中3名の被検者が，断眠により抗凍傷指数に変化が生じているものといえる。

吉村，飯田[25]による抗凍傷指数が，特に測定環境気温や高温，寒冷暴露に伴う熱含量の大小に影響されることから，中村ら[11]は，測定前の身体熱含量の大小をよく反映している浸漬前指皮温を考慮し，これら環境温度条件等の影響を排除できる評価法を考察した。本研究における，この中村3点法[11]による抗凍傷指数は，吉村法に比べて全体的にやや点数が低い傾向にあるものの，吉村法における個人差及び断眠後の影響や日内変化とほぼ同傾向にあった。

しかし，3点法に対してさらに検討を加え新しく考案された5点法[12]を用いた本実験結果をみると，個人差並びに断眠後と8時間睡眠後との差，及び日内変化がより明確に示されている。このことについて中村ら[12]は，3点法と5点法の比較を行い，3点法では差のない蓮根農民群と冷凍室作業員群では，5点法においてより強い寒冷暴露を受けている後者の点数が高値を示したことを報告しているが，これは，本研究においても，吉村法及び3点法では，環境温度条件等が影響して，断眠等の影響が明確に表出しえなかったものが，5点法ではこれが明確に現われたものと解釈されよう。したがって，この意味からも本研究において，5点法の妥当性が新しく確認されたものと思われる。そして，5点法の抗凍傷指数の結果から，本実験のSubj. 5のように，点数の低い者は，寒冷刺激に対する血管収縮神経緊張の度合いが強いために，寒冷血管反応の発現が起こりにくく，そのために断眠の影響や日内変化が表出しにくいことが考えられる。それに対して，比較的抗凍傷指数の点数の高いものは，寒冷刺激に対する血管収縮性が弱く，寒冷血管反応が発現する度合いも大きいことにも関連して，断眠の影響や日内変化が反映されて，このような寒冷血管反応の変化が表出しているものと思われる。

また，杉ら[19]は，睡眠時間が覚醒時代謝に及ぼす影響について検討を加え，8時間睡眠をピークに睡眠時間が長くても短くても，覚醒時代謝は低下し，断眠時がもっと低いことを報告している。すなわち断眠時に体熱産生量が最も低くなるものとすれば，保熱方向に生体は反応するために，血管収縮が起こり，皮膚血管血流量は減少する方向に向かうはずである。したがって，寒冷血管反応が起こりにくくなるものと考えられるが，本研究においては，必ずしもそのような傾向は認められなかった。このことから，体熱産生の他に，血管収縮神経緊張状態の変化などがその誘因となって，逆に寒冷血管反応が起こりやすくなるものも出てくるのかも知れないが，その点に関しては，今後より多くの被検者に対して，詳細な検討を加える必要があるかと思う。

以上，寒冷血管反応に対する断眠の影響や日内変化について，本研究では例示的な観点から検討を加えてきたが，断眠を行うことにより，また測定する時間帯などによって，寒冷血管反応諸測値や抗凍傷指数に変化をもたらすことが理解された。それも個人差が大きく各個人によって高くやる者も，また低くなる者もみられるなど，その反応傾向には様々な差がみられることが示唆された。また，寒冷血管反応成績の良いものと悪いもので，断眠の影響や日内変化が表出する度合いに差がある可能性も示唆された。

5．総括並びに結論

寒冷血管反応に関しては，その反応成績に対しては様々な環境条件が影響を与えることが指摘されている。本研究においては，生活環境条件の1つとして，深夜に及ぶ受験勉強や徹夜作業などを考慮に入れ，今回は実験的に8時間睡眠並びに断眠条件を設定し，寒冷血管反応を，朝，昼，夜の3時間帯の中で測定することによって，寒冷血管反応における断眠の影響及びその日内変化について検討を加えた。

被験者は，健康な男子成人7名で，右手中指を冷水中（0℃）に30分間浸漬し，手指部皮膚温，疼痛感を経時的に記録した。そして手指部皮膚温変動から，寒冷血管反応諸測値を求め，吉村法，中村3点法，同5点法の3種類の抗凍傷指数を算出した。測定前条件として，8時間睡眠と断眠2種類の実験条件を設定し，測定は，朝，昼，夜の3時間帯において行われた。なお実験は，昭和61年9月10日～29日にわたり実施したものである。

結果の概要は次の通りである。

1）冷水浸漬時の指皮温変動パターンについては個人差がみられたが，本実験においては，

おおまかに3つのパターンが観察された。

2）抗凍傷指数の日内変化については，各被検者間の個人差が大きく，有意な差が認められなかった。しかし，浸漬前指皮温と回復期指皮温においては，昼に高く朝及び夜に低下する傾向がみられ，両群間に有意差も認められた（$p<0.05$）。

3）断眠の影響についても，個人差が激しく，そのため全員に共通した傾向はみられなかったが，断眠によって寒冷血管反応成績が，明らかに変化する被検者も認められた。

4）3種類の抗凍傷指数のうち，中村5点法においては，断眠や日内変化における個人差がより明確に現われており，各種環境条件に対する寒冷血管反応成績を検討する上での妥当性が確認された。

以上のことから，寒冷血管反応成績においては，断眠後の変化及び日内変化が存在する可能性が示唆されたが，その変化も，個人間でかなりの差がみられることが理解された。また，寒冷血管反応成績の良否によって，断眠の影響や日内変化が表出する度合いに差が生じる可能性も示唆された。

文　　献

1) 阿部捨次郎：振動病患者の寒冷血管反応，日本医事新報，2844：32-34，1978.
2) Åkerstedt, T. and Fröberg J.E. Sleep and stressor exposure in relation to circadian rhythms in catecholamine excretion. Biological Psychology, 8: 69-80, 1979.
3) 細川淳一，植木章三：寒冷水中への右手掌部暴露後の各種温熱環境条件下における皮膚温変動に関する研究—Sports選手の場合について—，スポーツ教育学研究，5 (1)：60-70，1985.
4) 伊藤真次：臨床家の生理学，寒さに対する人体の適応，medicina, 7 (13)：1852-1856，1970.
5) 木村邦彦，山下靖雄：冷水中における手指皮膚温反応の研究，—水泳者について—，人類学雑誌，78(1)：31-38，1970.
6) 黒島晨汎：環境生理学，133-138，理工学社，1981.
7) LeBlanc, J., J. Cote, S. Dulac, & F. Dulong-Turcot: Effects of age, sex, and physiol fitness on responses to local cooling. J. Appl. Physiol. Envuron. Exercise Physiol. 44 (5): 813-817, 1978.
8) Lewis, T.: Observations upon the reactions of the vessels of the human skin to cold, Heart, 15: 177-208, 1930.
9) 真島英信：生理学，128，文光堂，1978.
10) 三浦豊彦，高松　誠，細川　汀，山田信也，二塚信，富永洋志夫，肝付邦憲：振動工具による振動障害の診断について，労働科学，46(7)：399-421，1970.
11) 中村　正，渡辺　孟，菅原和夫，槌本六良，桑野紘一，山口洋一，深堀英彦：寒冷血管反応による局所耐寒性の評価法の新しい試み，長崎医学誌，47(2)：180-189，1972.
12) 中村　正，野原　博，槌本六良，菅原正志，菅原和夫：指の寒冷血管反応の新たな評価法，日衛誌，32(1)：268，1977.
13) 中村　正：季節順応の人種的差異について，公衆衛生，39(8)：548-555，1975.
14) 中山昭雄編：温熱生理学，18，理工学社，1981.
15) Prinz, P.N., Halter, J., Benedetti, C. and Raskind, M.: Circadian variation of plasma catecholamines in young and old men: Relation to rapid eye movement and slow wave sleep. J. Clin. Endocrinol. Metab., 49: 300-304, 1979.
16) Sauerbier, I. and von Mayersbach, H.: Circadian variation of catecholamines in human blood. Horm. Metab. Res., 9: 529-530, 1977.
17) 菅原正志，中村　正，平田文夫，野口正憲：身体運動が寒冷血管反応成績に及ぼす影響，体力科学，31(3)：163-171，1982.
18) 菅原正志，中村　正：運動鍛練と寒冷血管反応，体力科学，32(1)：1-7，1983.
19) 杉靖三郎，田中英彦，阿久津邦男，平賀正治，中原凱文：睡眠時間の生体に及ぼす影響—特に，覚醒時の機能を中心として—，体育学研究，10(2)：157，1966.
20) Suzuki, M.,: Peripheral response to cold, J. Anthrop. Soc. Nippon, 77 (5, 6): 213-223, 1969.
21) Tanaka, M.: Experimental studies on human reaction to cold,-Differences in the vascular hunting reaction to cold according to sex, season, and environmental temperature-, Bull. Tokyo Med. Dent. Univ., 18 (4): 269-280, 1971.
22) Tanaka, M.: Experimental studies on human reaction to cold,-With reference to differences between males and females-, Bull. Tokyo Med. Dent. Univ., 19 (1): 1-18, 1972.
23) 田中正敏，針村　裕，山崎信也，大中忠勝，吉田敬一：人種的観点からみた足部冷水浸漬に伴う生理反応，人類誌，90(4)：401-410，1982.
24) 山田信也，鈴木秀吉，前田勝良，竹内康浩：一側

手冷却負荷時の振動障害者の末梢循環について，労働科学，53(1)：31-41，1977.

25) Yoshimura, H. & Iida, T.: Studies on the reactivity of skin vessels on extreme cold. Part 1. A point test on the resistance against frost bite, Jap. J. Physiol., 1 (2): 147-159, 1950.

26) Yoshimura, H. & Iida, T.: Studies on the reactivity of skin vessels to extreme cold. Part 2. Factors govering the individual difference of the reactivity, or the resistance against frost -bite, Jap. J. Physiol., 2 (3): 177-185, 1952.