

高齢者における登山時の自律神経機能

An autonomous nerve function in mountain climbing in a senior citizen

山 仲 勇二郎*, 渡 辺 剛**, 永 吉 英 記***, 川 村 協 平****

Yujiro YAMANAKA *, Tuyoshi WATANABE **
Hideki NAGAYOSHI *** and Kyohei KAWAMURA ****

ABSTRACT

The result of this study regarding to the influence of mountain climbing activity gave to autonomous nerve activity of a senior citizen. As a result, the changing in 24hours of heart rate which comparing between mountain climbing activity and the daily life activity was in a high value revealed a change. The heart rate of awakening period in a mountain climbing activity was also higher value than in daily life in all the subjects. And we recognized that a body activity on mountain climbing was higher than daily life. The changing of Parasympathetic nerve function in mountain climbing activity was higher than daily life activity, and was found that there was a high changing in the awakening period than sleeping period. As for the maximum of Sympathetic nerve function was seen in the awakening period on mountain climbing activity. There result suggested that mountain climbing activity had an influence on a changing in 24 hours of autonomous nerve function and heart rate of a senior citizen than the above.

Key words; senior citizens, mountain climbing, autonomous nerve function, frequency analysis

はじめに

自律神経系は、交感神経と副交感神経という相反する作用をもった2つの神経からなり、心循環系、呼吸器系、消化器系、体温調節系、内分泌・代謝系、体液・電解質調節系、免疫系などの生命の維持に不可欠な器官系を支配する。自律神経系の重要な役割の1つは、外的および内的な環境の変化に伴うストレス刺激に適応して生体の恒常性

を保つことにある⁸⁾。また、健康的な毎日を過ごすためには、自律神経系のバランスが保たれていなければならない。

加齢に伴い自律神経系の基礎レベルは低下する^{4) 12)}ため、高齢者は急激な環境変化に対して、生体の不応起を起しやすくなると考えられる。一方で、林は、自律神経の変化を反映する心拍変動において、ランニング習慣のある男性健常者(活動群)と非活動群とで年代別に比較したところ、

* 山梨大学大学院 (Postgraduate of Yamanashi University)

** 国土館大学体育学部運動生理学教室 (Lab. of Exercwase Physiology ,Faculty of Physical Education ,Kokushikan University)

*** 国土館大学スポーツ・システム研究科 (Kokushikan University Graduate School of Sport System)

**** 山梨大学教育人間科学部 (Lab. of Outdoor Education, Faculty of Physical Education and Human Science University of Yamanashi)

活動群で有意に高レベルであったことから、高齢者においても身体運動の継続によって、自律神経系の基礎レベルの低下を弱める働きがあることを示唆している。

本研究では、高齢者における自律神経機能を、日常生活日と、登山運動実施日で比較する。登山は、高齢者に好まれる運動である一方、運動量は多い。また、リラクゼーション効果などによる自律神経系への影響も考えられ、高齢者の運動種目として、自律神経系への影響は顕著であると予想される。

研究方法

I. 被験者

本研究の被験者は、健康診断及び心電図による検査に異常がなく、1-2回/月の登山をおこなっている喫煙習慣のない健康男性3名(年齢66.0±2.0歳)である。各被験者に対して研究の目的、内容、装着する電極と機材について十分説明し、本研究への任意による参加の同意を得た。

II. 実験の手順

測定は、日常生活日、登山実施日ともに午前6時から翌日の午前6時までの24時間、心拍数および心電図R-R間隔をGMS社製アクティブトレーサーAC300を用いて胸部双極誘導法により連続測定・記録した。測定器は、被験者の活動に支障をきたさないよう腰部に固定した。また、被験者らの生活行動内容を記録用紙に記入させた。

III. 分析方法

- 自律神経機能の解析は、GMS社製心拍数自動解析システムCHIRAM¹³⁾を用いて、24時間心電図R-R間隔の時系列データを900secごとのセグメントに分け、セグメントごとにMem(最大エントロピー)法¹⁰⁾による周波数解析を行った。周波数における低周波数領域(0.04-0.15hz)、高周波数領域(0.15-0.40hz)のパワーをそれぞれLF、HFとし、HFを副交感神経機能、LF/HFを交感神経機能とした^{9) 14)}。
- 統計処理は、シングルケーススタディ法に基づいて、被験者ごと登山実施日と日常生活日において、覚醒期及び睡眠期の差を対応のないT-testを用いて検定し、危険率5%未満を有意とした。

結果

I. 心拍数

1. 覚醒期心拍数

各被験者の登山実施日と日常生活日における覚醒期平均心拍数と標準偏差はTable 1に示す。

登山実施日と日常生活日の覚醒期平均心拍数は、被験者A.Y、T.Kにおいて登山実施日が日常生活日より統計上有意に高い値を示した(Fig I-1)。

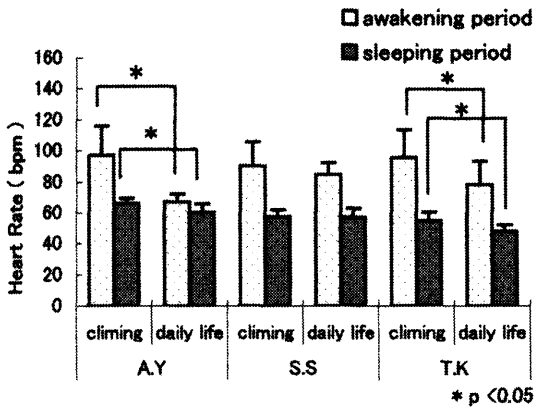
2. 睡眠期心拍数

各被験者の登山実施日と日常生活日における睡眠期平均心拍数と標準偏差はTable 1に示す。登山実施日と日常生活日の睡眠期平均心拍数は、被

Table 1. HR of awakening period, sleeping period inmountain climbing activity and daily life activity

subject	mountain climbing activity		daily life activity	
	awakening (mean±SD)	sleeping (mean±SD)	awakening (mean±SD)	sleeping (mean±SD)
A.Y	98.31±18.71	67.01±3.11	66.79±4.93	60.16±5.67
S.S	91.11±15.23	57.38±4.43	85.30±7.32	57.07±5.85
T.K	95.94±18.02	54.58±5.80	78.47±15.12	47.79±4.32

(bpm)



験者A.Y、T.Kにおいて日常生活日が登山実施日より統計上有意に低い値を示した (Fig I-1)。

3. 心拍数の日内変動

各被験者の登山実施日と日常生活日の心拍数の日内変動をFig I-2に示す。

- (1) 全被験者において登山実施日が日常生活日にくらべ覚醒期と睡眠期の高低差が大きかった。
- (2) 被験者A.Yでは、日常生活日において終日心拍数の変動は小さく、登山実施日にくらべ低い値で推移していた。
- (3) 被験者S.Sでは、覚醒期と睡眠期直前に心拍

Fig I-1. The awakening period in a mountain climbing and daily life, comparison of heart rate of the sleep period

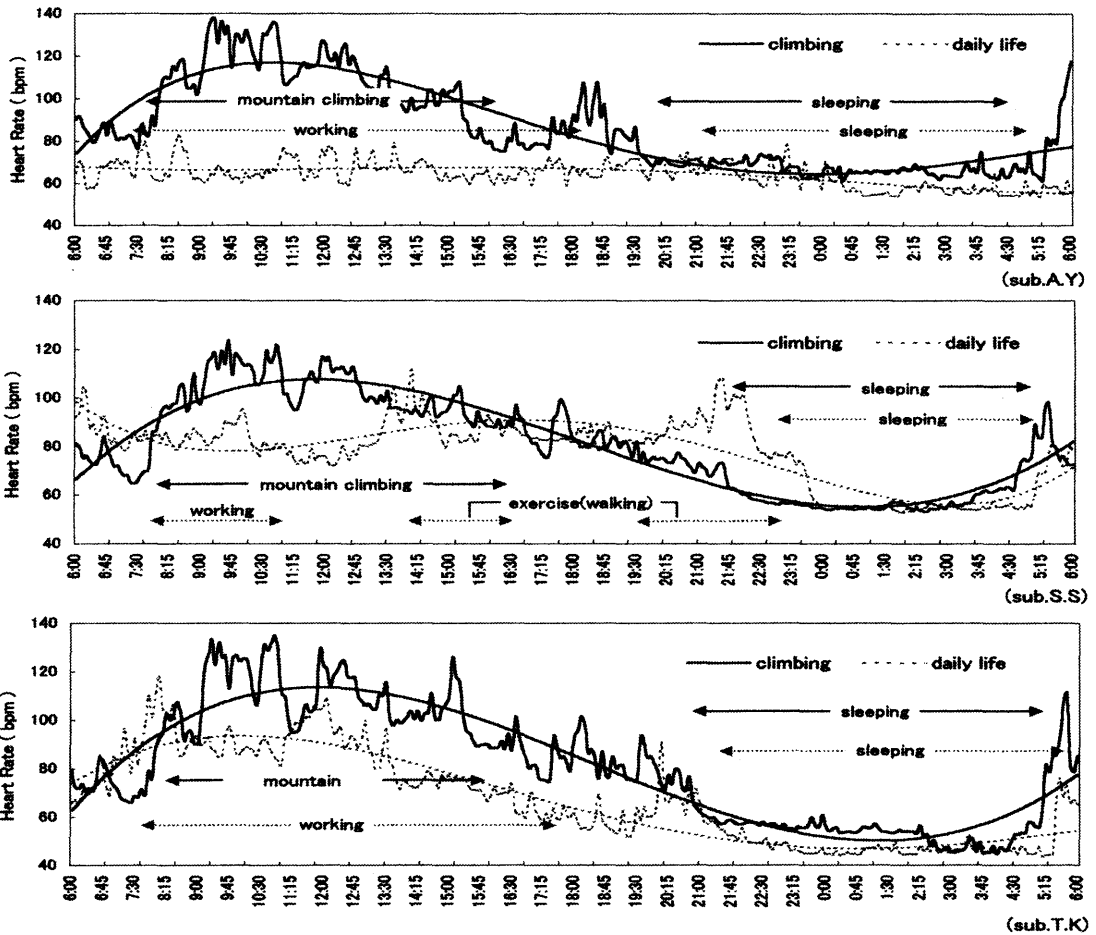


Fig I-2. A changing in 24 hours of Heart rate(HR) on mountain climbing activity and daily life activity

数の高まりがみられた。

- (4) 被験者T.Kでは、登山実施日・日常生活日の日内変動は同様の変動がみられたが、登山実施日が日常生活日にくらべ覚醒期に高い値で推移していた。

II. 自律神経活動

1. 副交感神経活動

各被験者の登山実施日と日常生活日の覚醒期、睡眠期平均HF値、標準偏差はTable 2に示す。覚醒期平均HF値では、被験者A.Y、T.Kにおいて登山実施日が日常生活日より統計上有意に低い値を示した (Fig II-1)。睡眠期平均HF値では、被験者A.Yにおいて日常生活日が登山実施日より統計上有意に高い値を示した (Fig II-1)。

2. 副交感神経活動の日内変動

各被験者の登山実施日と日常生活日の副交感神経活動の日内変動をFig II-2に示す。

- (1) 被験者A.Yでは、登山実施日には終日、HFの変動が小さく、日常生活日にくらべ低い値で推移していた。日常生活日では、登山実施日にくらべ高い値で推移していたが、睡眠期前に低い値を示した。
- (2) 被験者S.Sでは、登山実施日・日常生活日ともに同様の変動が見られたが、登山実施日が日常生活日にくらべ覚醒期に高い値で推移していた。
- (3) 被験者T.Kでは、登山実施日・日常生活日ともに覚醒期に低い値で推移し、睡眠期に高い値で推移していたが、登山実施日が日常生活日にくらべより高い値で推移していた。

Table 2. Parasympathetic(HF) of awakening period, sleeping period in mountain climbing activity and daily life activity

subject	mountain climbing activity		daily life activity	
	awakening (mean±SD)	sleeping (mean±SD)	awakening (mean±SD)	sleeping (mean±SD)
A.Y	21.59±26.49	38.47±33.21	296.32±179.99	330.38±313.29
S.S	119.18±137.50	42.22±137.5	45.98±55.00	35.57±55.78
T.K	39.25±85.72	285.98±239.45	67.28±64.99	188.99±91.14

(msec²)

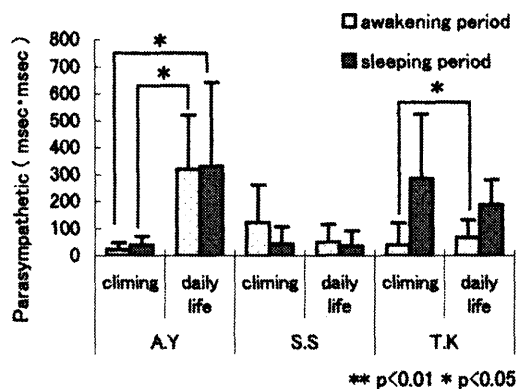


Fig II-1. The awakening period in a mountain climbing and daily life, comparison of parasympathetic nerve activity(HF) of the sleep period

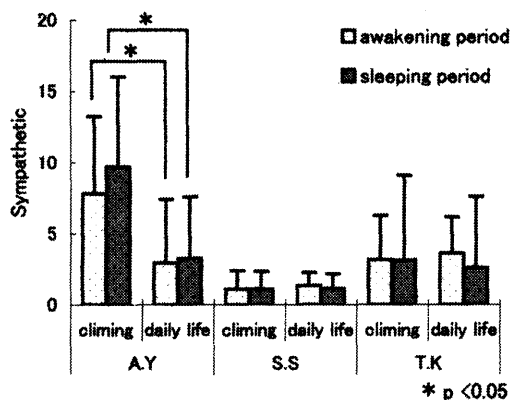


Fig II-3. The awakening period in a mountain climbing and daily life, comparison of a sympathetic nerve activity (LF/HF) of the sleep period

3. 交感神経活動

各被験者の登山実施日と日常生活日の覚醒期、睡眠期平均LF/HF値、標準偏差はTable 3に示す。

覚醒期、睡眠期平均LF/HF値では、被験者A.Yにおいて登山実施日覚醒期、睡眠期が日常生活日において登山実施日覚醒期、睡眠期より統計上有意に高い値を示した(Fig II-3)。

4. 交感神経活動の日内変動

各被験者の登山実施日と日常生活日の交感神経活動の日内変動をFig II-4に示す。

(1) 被験者A.Yでは、登山実施日が日常生活日にくらべ終日高い値で推移していた。登山実施日・日常生活日ともに睡眠期に高い値を示し、変動が大きかった。

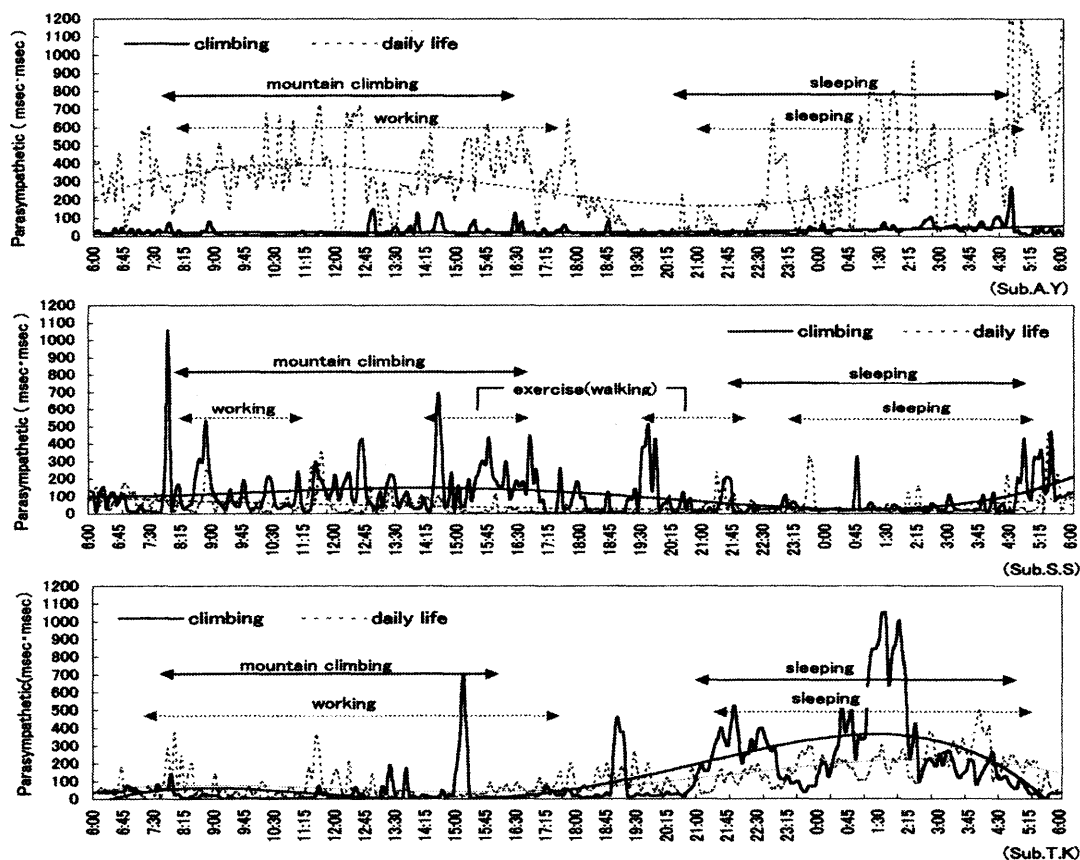
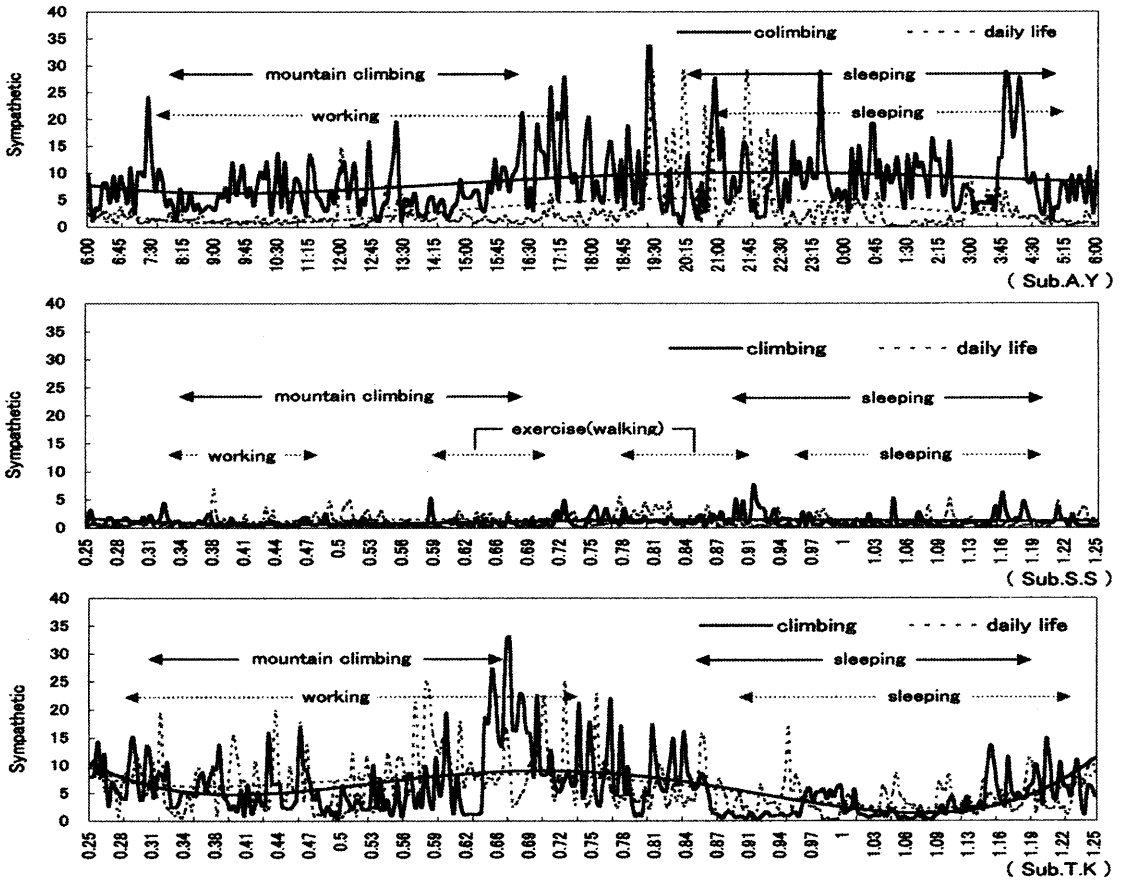


Fig II-2. A changing in 24 hours Parasympathetic nerve function (HF) on mountain climbing activity and daily life activity

Table 3. Sympathetic(LF/HF) of awakening period, sleeping period in mountain climbing activity and daily life activity

subject	mountain climbing activity		daily life activity	
	awakening (mean±SD)	sleeping (mean±SD)	awakening (mean±SD)	sleeping (mean±SD)
A.Y	7.90±5.61	9.69±6.33	3.03±4.55	3.25±4.32
S.S	1.16±1.34	1.09±1.26	1.24±0.91	1.30±1.04
T.K	7.59±6.08	3.16±3.11	7.37±5.07	3.59±3.11



FigII-4. A changing in 24 hours Sympathetic nerve function(LF/HF) on mountain climbing activity and daily life activity

- (2) 被験者S.S.では、登山実施日・日常生活日ともにLF/HF値は終日低い値で推移し、変動が小さかった。
- (3) 被験者T.K.では、登山実施日・日常生活日ともに覚醒期に高い値で推移し、睡眠期にむけて低い値で推移していた。登山実施日が日常生活日にくらべ覚醒期と睡眠期の差が大きかった。

数は、日常生活日に比べ高い値を示した。また、心拍数の日内変動においても覚醒期において高い値で推移していた。このことから、登山実施日の身体活動水準が日常生活日にくらべ高いことが考えられる。

睡眠期では、登山実施日、日常生活日ともに覚醒期にくらべ低い値を示した。睡眠期の心拍数の低下は、交感神経活動の低下と副交感神経活動の増加がその要因とされている^{2) 5) 13)}。

考 察

I. 心拍数

各被験者において登山実施日の覚醒期平均心拍

II. 自律神経活動

1. 副交感神経活動

運動開始時、軽運動時の換気及び心拍数と血圧増大のメカニズムにおける入力経路は同じである

が、呼吸中枢からの出力は運動神経を經由して横隔膜や肋間筋などの呼吸筋にインパルスを送って呼吸を調節する。一方、循環中枢からの出力は交感神経、副交感神経を經由して心臓、血管へインパルスを送って心臓や血管運動を調節する。特に運動開始時には交感神経が興奮するのではなく、副交感神経緊張の速やかな減衰が起り、その結果心拍数が増大するとされている¹⁾。つまり、運動開始時には自律神経系は副交感神経を抑制することにより循環応答を直接的に制御すると共に、間接的に換気応答を援助するように作用する⁹⁾。

被験者A.Yにおける副交感神経活動の日内変動では、HF値は終日低い値で推移し大きな変動は見られなかった。このことは、登山運動時に副交感神経を抑制し、交感神経を緊張させることで心拍数の増大に対応したものと考えられる。しかし、登山実施日の睡眠期においてもHF値は低い値を示し、登山時の交感神経の緊張が登山後においても継続し、副交感神経を抑制したと推測される。日常生活日の睡眠期前、食後休憩時（生活行動内容記録より）に副交感神経の減少が見られた。食後の心拍変動の変化は、食後30分でHF成分が一過性に減少し、90分ではLF成分振幅が増加する。HF成分の減少は内臓血管の拡張による静脈還流量の減少と末梢循環抵抗の減少による心臓副交感神経活動の減少と食事による交感神経活動の亢進を反映する⁷⁾。被験者A.Yにおいても同様のメカニズムが働いたものと考えられる。

被験者S.Sでは、登山実施日・日常生活日ともに低い値で推移していたが、覚醒期において登山実施日が日常生活日より高い値で変動していた。運動開始時、軽運動時に副交感神経活動を抑制することで心拍数を増大させることは前述のとおりだが、今回の結果から、副交感神経は抑制されることなく心拍数が増大し先行研究⁶⁾とは異なるメカニズムが働いたものと推測される。

被験者T.Kにおける副交感神経活動の日内変動についてみると登山実施日、日常生活日共に、覚醒期においては、変動が小さく副交感神経が抑制

され、活動に伴う心拍数や血圧を増大させ循環器応答に対応したと考えられ、先行研究⁶⁾と同様のメカニズムが働いたものと考えられる。睡眠期においては、登山実施日の副交感神経活動が日常生活日にくらべより高い値で推移していた。このことは、覚醒期における心拍数の上昇、交感神経活動に対し睡眠期における副交感神経活動を高めることで機能的なバランスを維持したと考えられると共に、日常生活日にくらべ睡眠が深いことが推測される。

2. 交感神経活動

運動時の交感神経活動の促進反応は、血圧、心拍数、呼吸の増大に対する反応、活動筋に蓄積する乳酸等の疲労物質が骨格筋内の化学受容器（代謝受容器）を刺激することにより反射性に引き起こされる反応である⁸⁾。

被験者A.Yでは、登山実施日が日常生活日にくらべ高い値で推移し、睡眠期直前に大きな変動が見られた。覚醒期におけるLF/HF値の高まりは、登山に伴う心拍数、血圧の増大に対応したものと考えられる。登山後においてもLF/HF値が高い値で推移したことは、登山によって骨格筋内に蓄積した乳酸等の疲労物質による化学受容器反射による交感神経活動の促進がその要因として推測される。

被験者S.Sでは、登山実施日、日常生活日ともにLF/HF値は低い値で推移し、変動が小さかった。覚醒期において心拍数の増大時に交感神経活動の抑制がみられる結果であった。心拍数の増大は、副交感神経活動の抑制と交感神経活動の促進がその要因と考えられているが、被験者S.Sでは、異なるメカニズムが働いたものと推測される。

被験者T.Kでは、登山実施日、日常生活日ともに同様の変動がみられ、覚醒期に高い値で推移していた。このことは、覚醒期心拍数の増大に対する交感神経活動の促進が考えられ、覚醒期の副交感神経活動は抑制され先行研究⁶⁾と同様のメカニズムがみられた。また、睡眠期では交感神経活動

の抑制と副交感神経の促進が見られ自律神経活動の機能的バランスを維持したと考えられる。

ま と め

本研究では、定期的に登山を行っている健常高齢者男性3名を対象とし、登山実施日と日常生活日における心拍数、自律神経活動の変化を24時間経時的に測定し、覚醒期、睡眠期、日内変動について検討した。その結果、以下のような結果を得た。

1. 各被験者において登山実施日の覚醒期心拍数は、日常生活日にくらべ高い値で推移しており登山実施日の身体活動水準が日常生活日にくらべ高いことがわかった。
2. 自律神経活動は各被験者において登山実施日、日常生活日ともに異なる変動がみられ、個人差が大きいことがわかった。
3. 登山実施日覚醒期の心拍数増大に対する自律神経活動では、被験者A.Y、T.Kにおいて交感神経活動の促進と副交感神経活動の抑制がみられ、心拍数の増大に対して自律神経による心拍数の神経性調節が行われる傾向が示唆された。
4. 被験者S.Sでは、心拍数の日内変動に対して自律神経活動が、先行研究とは異なるメカニズムで心拍数の調節が行われたことが推測された。

以上の結果より、本研究における被験者らの自律神経活動では、日常生活と比較して登山により経時変化を著しくさせることは認められなかった。また、心拍数の自律神経による神経性調節において先行研究とは異なるメカニズムが存在することが示唆された。

引用・参考文献

- 1) De.Meersman.R.E:Heart rate variability and aerobic fitness, *Am Heart J*, **125**, 726-731, 1993
- 2) Fulan.R,Guzzetti.S,Cirvellaro.W,et al: Continuous 24-hours assessment of the neural regulation of systemic arterial pressure and RR variabilities in ambulant subject, *Circulation*, **81**, 537-47, 1990.
- 3) 林博史：心拍変動の臨床応用—生理的意義、病態評価、予後予測, 医学書院, 1999.
- 4) Hrushesky.W.J.M,Fader.D,Schmitt.O,et al:Therespiratory sinus arrhythmia:a measure of cardiac age, *Science*, **224**, 1001-1004, 1984.
- 5) Huikuri H.V,Niemela.M.J,Ojala.S,et al : Circadian rhythms of frequency domain measures of heart rate variability in healthy subject and patients with coronary artery disease:Effects of arousal and upright posture, *Circulation*, **90**, 121-126, 1994.
- 6) 石田浩二, 宮村実晴：呼吸運動と自律神経, *体育の科学*, **44**, **6**, 437-442, 1994.
- 7) Lipsitz.L.A,Pluchino.F.C,Wei.J.Y,et al:Cardiovascular and norepinephrine response after meal consumption in elderly(older than 75years)persons with postprandial hypotension and syncope, *Am.J. Cardiol*, **58**, 810-815, 1986.
- 8) 間野忠明：運動時の自律神経の役割, *体育の科学*, **44**, **6**, 414-418, 1994.
- 9) 中村好男, 林直亨：心拍数の神経性調節および心拍変動の定量的意義, *J.J.Sports. Sa*, **12**(**8**), 489-493, 1993.
- 10) 大友詔雄, 田中幸雄：最大エントロピー法の基礎理論とMemCalk、生体時系列データ解析に関する最近の進歩-MemCalkの基礎と医学、生物学への応用講演, 要旨集2-3, 生体時系列データ解析研究会, 1993.
- 11) 大塚邦明, 山中崇, 久保豊, 中嶋茂子, 渡辺晴雄, 小沢利男：自律神経と生体リズム—1/f揺らぎの臨床的意義とそのサーカディアンリズム—, *クリニカ*, 1993.
- 12) Shannon.D.C, Carley.D.W, Benson.H: Aging of modulation of heart rate, *Am.J.Physiol Heart Circ Physiol*, **253**, H874-H877, 1987.
- 13) Vanoli.E, Adamson.P.B, Ba-Lin, etal: Heart rate variability during specific sleep stage: A comparison of healthy subject with patient after myocardia infarction, *Circulation*, **91**, 1918-1922, 1995
- 14) 山路啓司, 梅野克己, 塚原勝之, 川崎区：トレッドミル走行時における心拍変動のパワースペクトル解析, *J.J.Sports.Sa*, **12** (**8**), 531-537, 1993.