



運動時の循環動態と自律神経応答に関する研究(その2) - 山登りにおける鍛練者と非鍛練者との比較 -

宮脇, 郁子 ; 神谷, 和世 ; 久次米, 健市 ; 中西, 泰弘 ; 鈴木, 志津枝 ; 野崎, 香野 ; 矢本, 美子 ; 松本, 比佐江 ; 吉田, 正樹 ; 上羽, 康之

(Citation)

神戸大学医療技術短期大学部紀要, 6:69-76

(Issue Date)

1990

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/80070128>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/80070128>



運動時の循環動態と自律神経応答に関する研究（その2）

—山登りにおける鍛練者と非鍛練者との比較—

宮 脇 郁 子, 神 谷 和 世, 久次米 健 市,
 中 西 泰 弘, 鈴 木 志津枝, 野 崎 香 野,
 矢 本 美 子, 松 本 比佐江, 吉 田 正 樹,
 上 羽 康 之

緒 言

Åstrand と Rodahl が指摘する“心臓の余裕力 ($HR_{max} - HR_{rest}$)”は、鍛練者の方が非鍛練者より大きいと考えられている¹⁾。この心臓の余裕力の差によって、非鍛練者では時として急激な運動を行った場合、めまい、ふらつき、嘔吐など自律神経症状を呈することがある。これらの自律神経症状は、運動時の副交感神経活動の変動によって出現することが推測される。

これまで運動時の自律神経応答については、臨床面において自律神経障害などの判定²⁻⁵⁾に用いられている心電図 R-R 間隔変動係数（以下 CV 値）を副交感神経活動の指標として、運動時 CV 値の変化の生理学的意義について検討されている。しかし、非鍛練者で運動時にみられる自律神経症状と自律神経応答、及び循環応答の関連性については十分に検討されていない。

そこで我々は、健康な女子を対象に、鍛練者、非鍛練者を選択して、日常手軽に行えるハイキングコースでの山登りを行い、心電図、血圧応答などについて実験を行った。同時に両群間における CV 値応答の相違、循環変動による副交感神経活動について検討したので報告する。

対 象 と 方 法

1. 対 象

被験者は、代謝並びに呼吸循環器系に異常を認めず、日常的に何等かのスポーツを行っている女子学生7名を鍛練者群とし、日常的に特別なスポーツを行っていない女子学生7名を非鍛練者群とした。

対象者の身長及び体重は次の通りである。

鍛 練 者 群：身長 160.1±5.0cm

体重 55.0±4.2kg

非鍛練者群：身長 158.9±4.2cm

体重 51.9±4.5kg

2. 機 器

心拍数の測定は、ホルター心電図 SM 26（フクダ電子）を用い観察した。CV 値はホルター心電図解析装置 SCM-280（フクダ電子）にて処理算出した。血圧は、24時間携帯用自動血圧心拍数計 TM-2410（タケダメディカル）により1分毎に計測した。

3. 方 法

実験は平成元年7月8日、7月17日、7月18日の3日間実施した。また実験は食後2時間以降に行い、衣服は動きやすいトレーニングウェアを着用した。

須磨アルプスの途中に位置する梅尾山取付き口（標高約160m）より梅尾山頂（標高274m）まで、片道距離約500m、平均勾配20度のハイキングコース（図. 1）にて実験を行った。取

1. 神戸大学医療技術短期大学部
 School of Allied Medical Sciences, Kobe University

付き口より山頂までを約10分 (50m/min) の速度で登り、山頂到着後10分休憩し、同じコースを約7分 (70m/min) で下山した。実験中には、被験者の歩行速度を同一にするために伴走者1名が同行した。

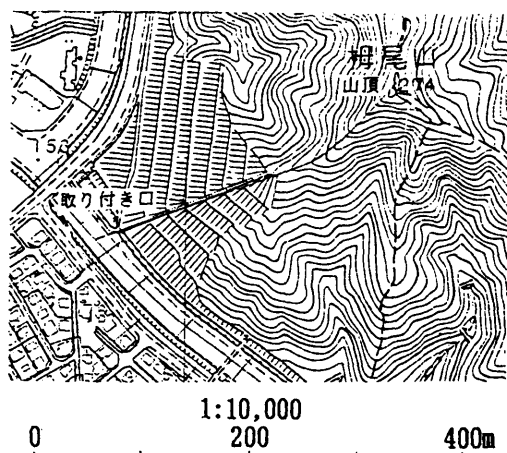


図1 桐尾山地形図

4. データ解析

データの解析は、心拍数 (HR), 収縮期血圧 (SYS), PRP (pressure rate product), 心電図 R-R 間隔変動係数 (CV 値) を用いた。

得られた結果の検討は、運動前、登り3分、登り6分、山頂到着時、休憩3分、休憩6分、下り3分、下り6分、下山直後、下山3分の10地点での1分間の平均値を用いた。統計処理は、各項目毎に平均値と標準偏差により表示した。有意差の検定には、Student-t テストを用いた (1%水準をもって有意とした)。

結 果

1. 心拍数 (HR)

心拍数の変化を図2、表1に示した。両群ともに登山3分において、登山前と比較し急激な上昇を示した。登山3分～山頂到着では、鍛練者群が非鍛練者群に比べ低値を示したが両群とも運動量の増加に伴う心拍数の漸増はほとんど

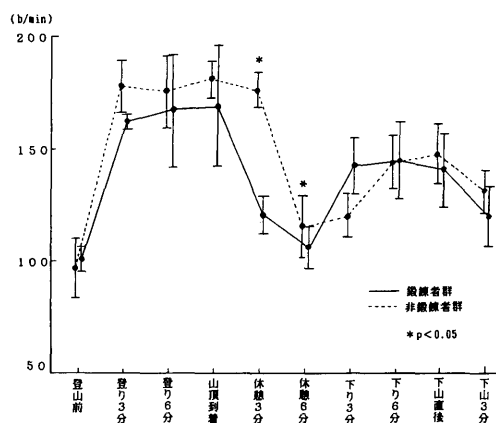


図2 心拍数 (HR) の変化

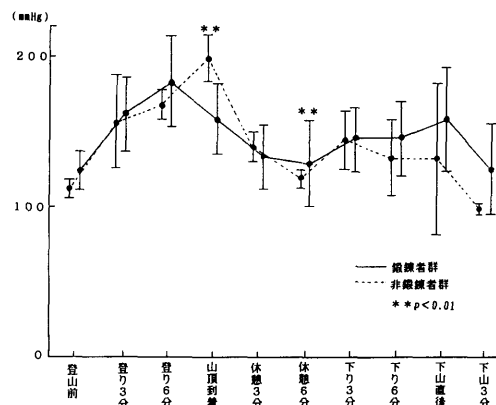


図3 収縮期血圧 (SYS) の変化

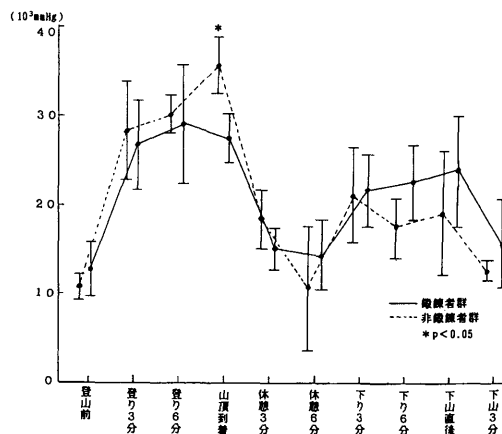


図4 PRP の変化

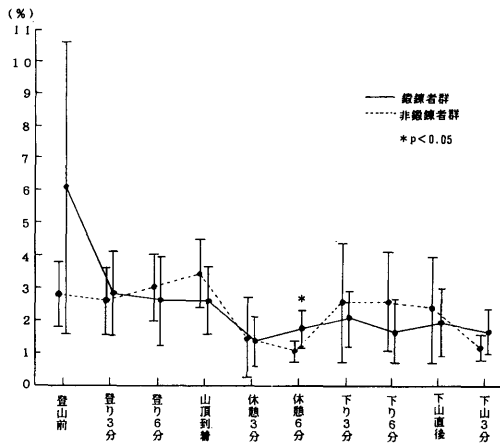


図5 CV 値の変化

みられなかった。

休憩3分では、鍛練者群で $110.4 \pm 8.7b/\text{min}$ 、非鍛練者群 $176.0 \pm 7.1b/\text{min}$ を示し、両群間に有意差 ($P < 0.05$) が認められた。

休憩6分においても、鍛練者群 $106.4 \pm 9.5b/\text{min}$ 、非鍛練者群 $128.0 \pm 13.8b/\text{min}$ と前者が有意な低値を示した ($P < 0.05$)。

下り3分では鍛練者群で $142.0 \pm 13.3b/\text{min}$ 、非鍛練者群で $119.7 \pm 9.4b/\text{min}$ と高値を示した。

下り6分から下山後3分においては、登りと同様に、鍛練者群が低値を示したが両群間に有意差は認められなかった。

2. 収縮期血圧 (SYS)

収縮期血圧の変化を、図3、表2に示した。鍛練者群では、登り3分で $161.3 \pm 25.1 \text{ mmHg}$ 、登り6分で $182.0 \pm 30.8 \text{ mmHg}$ と運動量の増加により上昇を示したが、山頂到着時では $157.8 \pm 23.8 \text{ mmHg}$ と低下を示した。

非鍛練者群では、登り3分から山頂到着にかけて漸増し、山頂到着時では $198.5 \pm 15.8 \text{ mmHg}$ と高値を示し、鍛練者群との間に有意差が認められた ($P < 0.01$)。

休憩3分から6分では、鍛練者群で $132.4 \pm 20.6 \text{ mmHg}$ から $128.8 \pm 28.7 \text{ mmHg}$ と急激な低下はみられなかったが、非鍛練者群では 140.3

$\pm 9.5 \text{ mmHg}$ から $119.0 \pm 6.2 \text{ mmHg}$ と急激な低下を示し、休憩6分において有意差が認められた ($P < 0.01$)。

3. Pressure Rate Product (PRP)

PRP は収縮期血圧に心拍数を乗じたもので表され、心筋酸素消費量の指標となる。PRP の変化を図4、表3に示した。登り3分から山頂到着にかけては、非鍛練者群が高値を示し、山頂到着時では、鍛練者群で $26.9 \pm 5.5 (10^3 \text{ mmHg})$ 非鍛練者群で $35.3 \pm 3.1 (10^3 \text{ mmHg})$ を示し、後者が有意に高値を示した ($P < 0.05$)。

休憩6分から下山3分にかけては、鍛練者群が非鍛練者群に比べ高値を示したが有意差は認めなかった。

4. CV 値

CV 値は、標準偏差を平均 R-R 間隔で除し、100を乗じたものである。その CV 値の変化を、図5、表4に示した。

登山前において、鍛練者群では $12.1 \pm 8.9\%$ 、非鍛練者群で $5.5 \pm 1.9\%$ と鍛練者群が高値を示したが有意差は認められなかった。

鍛練者群では急激な運動量の増加により、登り3分では $5.5 \pm 2.5\%$ と低下を示し、その後は運動量の増加に比例せず変動を示さなかった。非鍛練者群では登山前から登り3分にきけては、 $5.5 \pm 1.9\%$ から $5.1 \pm 2.1\%$ と若干の低下を示した。その後登り6分、山頂到着と運動量の増加に伴い CV 値の上昇を示した。休憩3分では、鍛練者群で $2.7 \pm 1.5\%$ 、非鍛練者群で $2.8 \pm 2.5\%$ とほぼ当等の値を示したが、休憩6分では、鍛練者群で $3.4 \pm 1.2\%$ 、非鍛練者群で $1.9 \pm 0.6\%$ と後者が有意な低下を示した ($P < 0.05$)。

下り3分から6分において、鍛練者群では CV 値の低下がみられ、下山直後において上昇し、下山3分で下り6分と同等の低値を示した。非鍛練者群では下り3分、下り6分では、ほぼ同値を示し、下山直後から下山3分で低下を示した。しかし下りにおいて有意な変化はみられなかった。

表1 心拍数 (HR) の変化

(b/min)

	登山前	登り3分	登り6分	山頂到着	休憩3分	休憩6分	下り3分	下り6分	下山直後	下山3分
鍛錬者群	101.3±17.1	163.7±13.8	167.7±24.9	168.9±26.2	110.4±8.7	106.4±9.5	142.0±13.3	144.7±16.4	140.9±16.0	119.3±13.5
非鍛錬者群	96.6±13.4	177.9±8.0	175.6±16.2	180.3±8.2	176.0±7.1	128.0±13.8	119.7±9.4	156.6±12.4	148.1±13.8	130.6±10.4

mean±SD * P<0.05

表2 収縮期血圧 (SYS) の変化

(mmHg)

	登山前	登り3分	登り6分	山頂到着	休憩3分	休憩6分	下り3分	下り6分	下山直後	下山3分
鍛錬者群	123.7±12.9	161.3±25.1	182.0±30.8	157.8±23.8	132.4±20.6	128.8±28.7	145.5±22.2	146.0±25.1	159.6±35.5	125.5±30.2
非鍛錬者群	112.0±5.6	155.3±31.8	166.8±8.12	198.5±15.8	140.3±9.5	119.0±6.2	143.8±19.5	132.0±25.5	132.0±51.2	99.3±3.2

mean±SD **P<0.01

表3 PRP の変化

(10³mmHg)

	登山前	登り3分	登り6分	山頂到着	休憩3分	休憩6分	下り3分	下り6分	下山直後	下山3分
鍛錬者群	12.6±3.1	26.4±5.3	28.8±6.7	26.9±5.5	14.8±2.3	14.1±4.0	21.4±4.1	22.3±4.2	23.6±6.2	15.6±4.8
非鍛錬者群	10.8±1.6	27.7±5.6	30.2±2.1	35.3±3.1	18.5±3.3	10.6±7.1	20.8±5.4	17.1±3.4	18.8±7.0	12.7±0.9

mean±SD * P<0.05

表4 CV 値の変化

(%)

	登山前	登り3分	登り6分	山頂到着	休憩3分	休憩6分	下り3分	下り6分	下山直後	下山3分
鍛錬者群	12.1±8.9	5.5±2.5	5.2±2.8	5.2±2.2	2.7±1.5	3.4±1.2	4.1±1.7	3.3±1.9	3.9±2.2	3.3±1.4
非鍛錬者群	5.5±1.9	5.1±2.1	6.0±1.9	6.8±2.1	2.8±2.5	1.9±0.6	5.1±3.6	5.1±3.0	4.7±3.4	2.3±0.8

mean±SD * P<0.05

考 察

条件設定下による心拍数は、運動量の増加に伴って登山3分において急激な上昇を示したが、

その後、山頂到着までは、ほぼ一定の心拍数を保持し両群とも漸増的变化は示さなかった。このことより、一定の負荷強度による運動負荷では、運動開始初期に急激な上昇を示したが、そ

の後は運動量の増加に比例せず心拍数は定常状態を維持することが認められた。そしてこの現象は鍛練者群、非鍛練者群の両群において差異のないことが認められた。休憩3分では、鍛練者群が有意に低値を示し、筆者らの研究⁹⁾と同傾向が認められた。

血圧の変化は、両群ともに登り3分、登り6分では、運動量の増加により漸増し、山頂到着時では、非鍛練者群がさらに増加を示したが、鍛練者群では低下した。この変化に関連してPRPでは、山頂到着時で非鍛練者群が有意に高値を示し、そのことが心筋酸素消費量の有意な増大を示唆している。すなわち山頂到着時では、非鍛練者群には鍛練者群より多くのストレスが心臓にかかっていたことが認められた。

習慣的身体活動は、交感神経を抑制し中枢性迷走神経のコリン作動系を増強するものと考えられている。一方、長期間にわたる不活動は、酸素を消費するアドレナリン作動系を優位にすることが知られている⁷⁾。このことより、鍛練者群は、非鍛練者群と比べ副交感神経系の活動が優位にあることが推測される。

今回の研究では、登山前から登り3分にかけて鍛練者群ではCV値が大きく減少したが、非鍛練者群では、登山前よりCV値の低値を示し、登り3分にかけて若干の低下を示したにすぎなかった。登山前において、鍛練者群に比べ非鍛練者群がCV値の低値を示すことは、前述したアドレナリン系を優位にすることから推測できる。

運動量の増大に伴うCV値の変化は、鍛練者群では登り3分から山頂到着まで、ほとんど低値を示したまま変化せず、非鍛練者群では、運動量の増加に伴いCV値が上昇した。鍛練者群におけるCV値の変化は、末松ら⁶⁾のエルゴメーターによる漸増負荷法での報告と同傾向を示した。

鍛練者群では、登り3分までの負荷においては、心拍数、血圧の両者とも急激に上昇したが、その後は両者ともほとんど変動を示さなかった。これは急激な運動負荷により、まず副交感神経

の心臓抑制作用の解除をきたし、相対的に交感神経が優位となり、循環応答が定常化しCV値の変化を示さなかったものと考えられる。しかし非鍛練者群では、登り3分までの負荷に対して、心拍数、血圧の急激な上昇を示し、その後も運動量の増加により血圧、PRPの漸増的变化を示したが、CV値は上昇を示し、副交感神経活動が亢進傾向にあることを示した。

本研究で用いた副交感神経活動の指標としてのCV値は、上位中枢からの作用⁷⁾とともに呼吸反射および運動筋からの求心性衝撃に影響⁸⁾され、とくに呼吸反射では、一回換気量の増加でCV値は上昇し、呼吸数の増加で低下すると報告されている⁹⁾。

この非鍛練者群でのCV値の上昇は、急激な運動量の増加による心筋酸素消費量の増大に対して、一回換気量を増加させ、心臓へのストレスを減少させる方向に影響があったと推測され、そのためにCV値が上昇し副交感神経活動の亢進傾向を示したものと考えられる。

休憩3分、休憩6分において、鍛練者群では循環動態の回復によりCV値が上昇したが、非鍛練者群では、休憩6分においてもCV値の低下を示した。この結果は筆者ら⁹⁾が、両群を対象に行ったトレッドミルによる漸増負荷法での結果と同じであり、運動後の回復過程において、鍛練者群は非鍛練者群に比べ副交感神経活動の亢進が有意になることが示唆された。

これまでに運動負荷によるCV値の上昇を示したものとして、塩田ら¹⁰⁾が行ったハンドグリップ運動が報告されている。その報告によると、運動量の増加に伴いCV値が上昇し、副交感神経活動が亢進した要因として、負荷漸増に伴う呼吸応答変化すなわち吸息期延長を伴う息こらえによる反射性副交感神経活動の亢進によるものと示唆している¹⁰⁾。

ハンドグリップ運動と山登りでは、運動強度に差異があり比較検討を行うには問題がある。しかしCV値の上昇に呼吸反射が関連している点については、ハンドグリップ運動でのCV値の上昇機序と関係があるものと考えられる。ハ

ンドグリップ運動では、息こらえによる反射性交感神経緊張状態と、またその解除に伴う反射性迷走神経緊張状態が交互に生じたものと考えられている¹¹⁾。このような観点から山登りにおける非鍛練者群のCV値の上昇を検討してみると、非鍛練者群では急激な運動負荷により交感、副交感神経活動が複雑に交差し、このためにCV値が上昇したものとも考えられる。

したがって、山登りなど急激な負荷がかかる運動において、非鍛練者群では鍛練者群に比べ自律神経活動のアンバランスを生じやすく、そのためにめまい、ふらつきなど自律神経症状を呈する可能性が大きいことが推測される。

近年、プライマリ・ケアの一環として、病気以前の問題、健康の維持、増進、病気にならない工夫、などを含めたプライマリ・ヘルス・ケアなる概念が定着しつつあり、余暇を利用して、運動、スポーツなどのレクリエーション活動が行われている¹²⁾。しかしその反面、このレクリエーション活動の多くは、個人の体力が生死を決めることさえあるといわれている⁷⁾。すなわち日常的に運動、スポーツを行っていない非鍛練者が急激な運動を行うことは、自律神経応答に急激な影響を与え、運動時にみられるさまざまな事故発生^{13~15)}の要因につながることが考えられる。

結 語

健康な女子を対象に、鍛練者群、非鍛練者群を選択し、ハイキングコースでの山登りを行った。心電図R-R間隔変動係数(CV値)を副交感神経活動の指標として、その間のCV値の応答と心拍数、血圧を中心とした循環動態について検討した。その結果、以下のような結論が得られた。

1) 心拍数、血圧、PRPは山登り開始初期に急激な上昇を示した。山頂到着時では鍛練者群は、非鍛練者群より低値を示し、血圧、PRPでは有意差が認められた。休憩3分、休憩6分では鍛練者群が非鍛練者群に比べ有意

に低値を示した。

2) PRPは、山頂到着時に非鍛練者群が有意に高値を示し、非鍛練者群での有意な心筋酸素消費量の増大が認められた。

3) CV値の変化は、登りによる運動量の急激な増加に伴い、鍛練者群は山登り開始初期に急激な低下を示し、その後は変化を示さなかったが、非鍛練者群では運動量の増加に伴いCV値の上昇傾向がみられた。休憩6分では鍛練者群が有意にCV値の高値を示した。これらの結果より急激な運動では、鍛練者群では副交感神経活動が低下するが、非鍛練者群では副交感神経活動の亢進する傾向をもつことが示された。運動後の回復過程では、鍛練者群は非鍛練者群に比べ副交感神経活動の亢進が優位になることが示唆された。

文 献

1. 山地啓司：運動処方のための心拍数の科学 大修館，1981，P.36
2. 景山 茂：心電図R-R間隔の変動と自律神経神経内科 19：119，1983
3. 丸山仁司，斉藤宏，今泉寛他：運動負荷時におけるR-R間隔変動 総合リハ 14：39，1986
4. 持尾聰一郎：心電図R-R間隔の変動係数と自律神経系 神経内科 19：127，1983
5. 末松正邦，伊藤芳久，小竹親夫他：運動時の自律神経応答 特に副交感神経組活動の関与について 呼吸と循環 33：1317，1985
6. 宮脇郁子，神谷和世，久次米健市他：運動時の循環動態と自律神経応答に関する研究 一鍛練者と非鍛練者との比較— 神大医短紀要 5：17，1989
7. Åstrand, P.O., K. Rodahl 著，浅野勝己訳：運動生理学，大修館，1976
8. 小林康考，酒井敏夫：ヒトの呼吸心拍動揺より見た運動時の呼吸・循環調節 東京慈恵医科大学 昭和55年度学内共同研究報告，1980，P.96
9. Pfeifer, M.A., Cook, D., Brodsky, J., et al: Quantitative evaluation of cardiac para-

- sympathetic activity in normal and diabetic man. *Diabetes* 31 : 339, 1982
10. 塩田正俊, 松本信雄 : 運動時の自律神経応答
心電図 R-R 間隔変動係数を指標として
Health Sciences 4 : 36, 1988
 11. 村上正博 : ジョギングと発作性上室頻脈 日本
医事新報 3276 : 136, 1987
 12. 中野昭一 : プライマリ・ヘルス・ケアとしての
運動, スポーツ 臨床スポーツ医学 2 : 533,
1985
 13. 杉下靖郎, 松田光夫, 飯田啓治他 : スポーツと
心臓突然死 臨床成人病 12 : 17, 1982
 14. 安井昭二, 池田こずえ, 八巻通安他・致死性不整
脈の臨床 日本医事新報 3261 : 3, 1986
 15. 川原 貴 : 特殊条件下に発生する突然死とその
対策 (3) スポーツ中の突然死 臨床科学 25
: 702, 1989
 16. 久次米健市, 沢渡久幸, 塚本康夫他 : 心電図 R-R
間隔の日内変動様式 神大医短紀要 3 : 1
1987
 17. 村山正博 : 運動による循環系事故の対策 体力
科学 28 : 220, 1979
 18. Karman Wasseman, James E. Hasen,
Darryl Y. sue 他著, 谷口興一他訳 : 運動負荷
テストとその評価法 心肺運動負荷テストの基
礎と臨床, 南江堂, 1989
 19. 大西雄一 : 六甲山ハイキング, 創元社, 1989

A Study of the Hemodynamics and Autonomic Nerve Responses of the Trained and Untrained Women in Mountain Climbing

Ikuko Miyawaki, Kazuyo Kamiya, Kenichi Kujime,
Yasuhiro Nakanishi, Shizue Suzuki, Kaya Nozaki,
Yoshiko Yamoto, Hisae Matsumoto, Masaki Yoshida
and Yasuyuki Ueba

ABSTRACT : Blood pressure, heart rate and CV_{RR} (coefficient of variation of RR intervals in ECG) were measured between the group of 7 trained women and the group of 7 untrained ones during their mountain climbing on the hiking course (one way : 500 meter, height : 70 meter above sea, climbing speed: 50m/min, climb-down speed: 70m/min). Although heart rate, blood pressure and pressure rate product (PRP) increased in both groups, with the progress of exercise the values of the trained subjects were lower than those of the untrained after the exercise. In PRP, when they arrived at the top of the mountain, the values of untrained subjects became significantly higher than those of the trained, which suggested the increase of cardiac work on the part of the untrained ones. Trained subjects decreased in CV_{RR} with the progress of the exercise, whereas untrained subjects increased in CV_{RR} . After the exercise, trained subjects showed significant increase in CV_{RR} than untrained ones. With the progress of exercise, trained women showed the decrease of excitation of vagal nerve activity, but they indicated the increase in CV_{RR} in the process of the recovery from the exercise. Thus, vagal nerve activity plays an important role for the recovery of hemodynamics after the exercise.

Key Words : Vagal nerve activity,
Hemodynamics,
Trained women, untrained women,
Coefficient of variation of RR intervals in ECGs.