研究論文

過呼吸負荷時における心電図R-R間隔の変動 — 青年者と高齢者の比較 —

岩月 宏泰¹⁾

R-R intervals during deep breathing --comparison between old and young subjects--
Hiroyasu IWATSUKI, RPT¹⁾.

1) Department of Physical Therapy, Nagoya University, College of Medical Technology
1-1-2 Daikouminami Higashi-ku Nagoya 461 Japan. TEL 052-723-1111.

J. Exerc. Physiol. 6(4):187-191, 1991. Submitted Jan. 28, 1991. Accepted June. 20, 1991.

ABSTRACT

In order to examine how physiological aging affects the function of autonomic nervous system, we recorded R-R intervals of 25 healthy females (aged 20-79) under the condition of deep breathing (12 times/min). Old subjects showed significantly lower SD, CV, MV ratio, and MV rate than young subjects throughout experiment. Increasing rates of CV during deep breathing were 6.4% and 27.6%, respectively. Both old and young subjects indicated 25% increase in HR max-min during hyperventilation.

Old subjects showed vagotonia of heart even during deep breathing, which suggests that 3-minute deep breathing induces smaller depth of each breath.

Key words: old subject, deep breathing exercise, R-R interval, female

要旨

健康女性25名(20-79歳)を対象に過呼吸負荷(1分間に12回の深呼吸)した際の心電図のR-R間隔変動を指標として自律神経機能における生理的加齢の影響について検索した。安静時、過呼吸中および終了後とも高齢者は青年者よりSD, CV, MV ratio, MV rateの各指標で有意な低値を示した。過呼吸中のCV増加率は青年者が6.4%であり、高齢者が27.6%であった。また、過呼吸中のHR max-minは青年者、老年者とも約25%の増加を認めた。

高齢者では過呼吸中でも心迷走神経活動の亢進を認めたことから、3分間の過呼吸を維持するために呼吸深度が浅くなったことが示唆された。

キーワード: 高齢者、過呼吸負荷、心電図R-R間隔、女性

1) 名古屋大学医療技術短期大学部理学療法学科: 名古屋市東区大幸南1-1-20 (〒461)

TEL 052-723-1111

運動生理6(4):187-191, 1991.

受付日1991年1月28日

受理日1991年6月20日

I 緒 言

安静時でも心拍動が自発的、律動的な変動を示すことが従来から知られていた。特に心拍数は吸息相に頻脈、呼息相に徐脈と呼吸運動に同期して周期的に変化する。この呼吸による不整脈はアトロピンで抑制されること¹⁾ 吸息相の頻脈が心臓迷走神経活動の抑制と同期していること²⁾ から、呼吸性不整脈は副交感神経機能を反映する指標となり得ると考えられている。現在では呼吸性不整脈を心電図の R-R 間隔変動から定量的に捉える方法が多く用いられている。

心電図の R-R 間隔変動の算出方法として、影山ら³⁾ の提唱した変動係数 (C V) が広く普及しているが、R-R 変動幅と平均心拍数は直線関係でなく、二次の関数関係にあること^{4,5)} などから、C V より標準偏差 (S D) の方が感度が高いことが指摘されている⁶⁾。そのため心電図 R-R 間隔の変動を検討する際には、C V だけでなく他の指標も考える必要があると考えられる。

一方、自律神経機能は生理的加齢により著しい影響を受けることが知られているが、その機能低下は性差がないという報告^{7,8)} と女性には加齢による変化が軽微であるという報告^{9,10)} がある。本研究では健康女性における自律神経機能の生理的加齢の影響を過呼吸負荷した際の心電図の R-R 間隔変動から検索した。

II 対 象

対象は健康女性 25 名 (年齢 20-79 歳) で、青年群 (11 名、21.5±1.7 歳) と老年群 (14 名、72.0±8.1 歳) の 2 群に分けた。被験者は心・肺疾患を有する者、糖尿病患者、降圧剤、抗コリン剤の服用者およびアルコール、喫煙の習慣のある者を除外した。

III 方 法

方法は食後 2 時間以上経過した被験者に安静仰臥位をとらせ脈拍が安定した後に日本光電製 (ECG 8250) 心電計を用いて四肢誘導で心電波形を記録した。心電図は普通呼吸による安静時、検査者の掛け声に合わせて 1 分当り 12 回 (吸入 2.5 秒、呼出 2.5 秒) の深呼吸を 3 分間負荷させ、過呼吸中と終了直後を測定した。心電波形は心電計に内蔵されたマイクロコンピュータにより、連続する 100 拍の R-R 間隔について算出した。解析には普通呼吸時および過呼吸時における R-R 間隔の平均値 (MEAN)、標準偏差 (S D)、最大値 (MAX) 最小値 (MIN)、変動係数 (C V)、最大変動比 (MV ratio)、最大変動率 (MV rate) の各指標および最大心拍数と最小心拍数の差 (HR max-min) を求めた (Table 1)。

Table 1. Abbreviations of indices for R-R interval variation

MEAN	(sec) : arithmetic mean of R-R interval in 100 consecutive heart rate(HR)
S D	(sec) : standard deviation
C V	(%) : coefficient of variation (SD/MEAN×100)
MAX	(sec) : measured maximal R-R interval in 100 consecutive HR
MIN	(sec) : measured minimal R-R interval in 100 consecutive HR
MVratio	(%) : maximal variation rate (MAX-MIN)
MVrate	(%) : maximal variation rate (MAX-MIN)/MEAN
HRmax-min	: difference between maxHR and minHR

III 結 果

Table 2 に過呼吸負荷前後の心電図の R-R 間隔変動の各指標を示した。安静時、過呼吸中、終了後の全ての測定条件で R-R 間隔の MEAN、MAX、MIN に年齢による差を認めなかったが、老年群の S D、C V、MV ratio、MV rate は青

Table 2. Comparison of indices for R-R interval variation between young and aged subjects

	Before		During H.V.		After	
	YOUNG	AGED	YOUNG	AGED	YOUNG	AGED
MEAN (sec)	0.93±0.09	0.92±0.14	0.80±0.08	0.88±0.16	0.94±0.09	0.92±0.15
S D (sec)	0.05±0.01	0.02±0.01	0.05±0.02	0.03±0.01	0.06±0.02	0.02±0.01
C V (sec)	5.28±1.84	2.50±1.23**	5.62±2.02	3.02±1.18**	6.65±2.08	2.28±0.99**
MAX (sec)	1.02±0.11	0.97±0.15	0.92±0.11	0.94±0.17	1.06±0.11	0.97±0.17
MIN (sec)	0.81±0.07	0.86±0.13	0.70±0.06	0.82±0.15	0.77±0.10	0.87±0.14
MV ratio(%)	1.26±0.08	2.50±1.23*	1.30±0.15	1.15±0.06*	1.39±0.16	1.11±0.05**
MV rate (%)	0.23±0.07	0.12±0.05**	0.26±0.12	0.14±0.05*	0.31±0.10	0.11±0.04**

: $p<0.01$, *: $p<0.05$: $p<0.01$, *: $p<0.05$ Fig.1. Comparison of CV_{R-R} and $HR_{max-min}$ between young and aged subjects
H.V.;during hyperventilation*: $p<0.01$

年群より有意な低値を示した（各々 $p < 0.05$, 0.01 ）。またFig.1に示したのが安静時のCVは青年群 $5.28 \pm 1.84\%$ 、老年群 $2.50 \pm 1.23\%$ と老年群が有意に低かった（ $p < 0.01$ ）。

また両群のCVとも安静時に比べて、深呼吸中、終了後の値と有意な差を認めなかった。しかし、老年群のCVは過呼吸中27.6%増加し、青年群は終了後に25.9%の増加を示した。各測定条件におけるHR max-minは安静時の青年群 15.63 ± 5.47 、老年群 7.78 ± 3.66 であり、老年群が有意な低値を示した（ $p < 0.01$ ）。深呼吸中、終了後においても老年群は青年群より有意な低値を示した（ $p < 0.01$ ）。深呼吸中ではHR max-min両群とも安静時より約25%前後の増加を示し、終了後では青年群41.8%、老年群6.7%の増加を認めた。

IV 考 察

心電図のR-R 間隔変動による心副交感神経機能の検査は定量的で再現性のある方法として、自律神経障害を伴う糖尿病および中枢神経疾患に応用されている。

また心電図のR-R 間隔変動の測定条件として、安静臥床時、深呼吸時、Valsalva負荷、体位変換などがあり、表現法についても種々の報告がある。景山ら³⁾が有用性を提唱した心電図R-R 間隔のCVは検出機器の普及が早かったため、本邦で用いられることの多い指標である。しかし、CVは前述した問題を含んでおり、SDも心拍数との関連が強く、値が頻脈時に小さく、徐脈時に大きく示されることから、心拍変動の指標として何を用いるかは議論の多いところである。及川¹¹⁾は安静仰臥位で基礎心拍数が安定している時にはCV、SDが、心拍変動の中心が移動する場合にはR-R 間隔の2乗の平均値を用いることの正当性を説明している。森寺ら¹²⁾は安静仰臥位ではCVが、種々の負荷を加えた際にはHR

max-minが最も感度が高いと考えている。

本研究では心電図のR-R 間隔変動の指標として、MEAN、SD、MAX、MIN、CV、MV ratio MV rateおよびHR max-minから検討した。MEAN MAXおよびMINを除く他の指標は安静時、過呼吸中、終了後の全ての条件でも老年群が青年群より有意な低値を示した。

自律神経機能の加齢の影響を検討した報告では副交感神経機能は加齢に伴い低下し、血圧を介する交感神経反射は加齢の影響を受けないと述べているものが多い^{13,15)}。しかし、田村ら¹⁸⁾は高齢者の交感神経機能において安静時活動性が亢進しているが、刺激時の反応性が鈍化していると推測している。副交感神経機能の指標と考えられているCVは性差がなく、高齢者になるにつれて低下するという報告が多い^{3,7,8,14)}。本研究でも高齢者のCVは青年者に比べ有意に低下していた。

また過呼吸負荷では青年群、老年群のCVは増加する傾向がみられた。過呼吸負荷中は頻脈となるが、これは P_{CO_2} を低下させることで呼吸中枢の抑制が促進され、交感神経活動の亢進と迷走神経活動の低下の結果で生じたと考えられる。このため、CVは安静時より低値を示すと考えたが、青年群が6.4%、老年群が27.6%と高齢者で増加する傾向を認めた。

過呼吸は被験者の協力を必要とするため、呼吸深度、分時呼吸回数によって心拍数が影響される。本研究では分時呼吸数12回の深呼吸を負荷させたが、両群とも頻脈となりCVも増加した。またHR max-minも両群とも過呼吸負荷時に約25%前後の増加を認めた。これらのことから、深呼吸は副交感神経機能を高める負荷となっていることが考えられる。つまり、深呼吸は呼吸性不整脈の発生源¹⁵⁾といわれている肺、胸郭内の伸張受容器を介する反射、呼吸中枢から心血管中枢へ伝達する中枢性因子、および大動脈圧受容体を介する反射の何れかを高めていることが推測され得る。しかし、高齢者では副交感神経系の指標

となるCVが深呼吸中で増加したことから、心迷走神経活動が亢進したと考えられる。この理由として過呼吸は被験者の努力に依存するため、高齢者では設定された呼吸回数を約3分間継続するために呼吸深度が低くなったことが推測され得る。

心拍変動を指標とした自律神経機能検査には種々の測定法があるが、測定時には本研究で明らかのように加齢、呼吸方法、日内変動など測定値を変動させる因子を考慮して行うことが重要であると考えられる。

参 考 文 献

- 1) Pfeifer, M.A. et al.: Quantitative evaluation of cardiac parasympathetic activity in normal and diabetic man. *Diabetes*, 31:339, 1982.
- 2) Coker, R. et al.: Does the sympathetic nervous system influence sinus arrhythmia in man? Evidence from combined autonomic blockade. *J. Physiol.*, 356:459, 1984.
- 4) Katona, P.G. & Jih, F.: Respiratory sinus arrhythmia; noninvasive measure of parasympathetic cardiac control. *J. Appl. Physiol.*, 39:801, 1975.
- 5) Murray, A., et al.: R-R interval variation in young male diabetics. *Brit. Med. J.*, 37:882, 1975.
- 6) 鈴木吉彦、他:糖尿病性神経障害—自律神経異常—. *臨床脳波*, 32:23, 1990.
- 7) 藤田博暁・他:高齢者における心電図R-R間隔の分析. *理学療法*, 16:29, 1989.
- 8) Kuroiwa, Y., et al.: Measurement of blood pressure and heart-rate variation while resting supine and standing for the evaluation of autonomic dysfunction. *J. Neurol.*, 235:65, 1987.
- 9) Vita, G. et al.: Cardiovascular reflex tests—Assessment of age adjusted normal range. *J. Neurol. Sci.* 75:263, 1986.
- 10) 田村直俊・他:心・血管系自律神経反射の加齢変化および性差について. *自律神経*, 2:498, 1989.
- 11) 及川 登・他:心拍数変動を用いた糖尿病性自律神経障害の定量的評価 (第一報) —自律神経障害判定のための基準値の設定糖尿病, 26:1123, 1983.
- 12) 森寺邦三郎・他:糖尿病性自律神経障害—心電図R-R間隔の変動による検討—. *自律神経* 21:1, 1984.
- 13) 北澄忠雄・他:自律神経性循環調節に及ぼす加齢と高血圧の影響. *日老医誌* 2:1, 1985.
- 14) 黒岩義之:心電図R-R間隔変動測定. *臨床脳波*, 31:771, 1989.
- 15) 佐藤磐男・他:Heart Periodの律動的変動の意義と臨床応用. *呼と循*, 28:964, 1980.
- 16) 相原一夫・他:心電図R-R間隔の日内変動と再現性. *神経内科*, 22:476, 1985.
- 17) Ewing, D. J., et al.: Assessment of methods for estimating autonomic nervous control of the heart in patients with diabetes mellitus. *Diabetes*, 27:1167, 1978.