

環境変化と心臓自律神経活動との関連

Relationship between cardiac autonomic nervous function and environmental changes

永吉英記**, 渡辺剛**, 山仲勇二郎***

Hideki NAGAYOSHI *, Tsuyoshi WATANABE ** and Yujiro YAMANAKA***

はじめに

心拍変動から評価される心臓自律神経機能^{1) 4) 5)}では、交感神経経路の要因として、呼吸・圧受容体機能、末梢血管運動、体温調節機構などの関与が知られている¹⁾。副交感神経経路は、心臓に分布する副交感神経の活動の変化を単独に伝達すると考えられており、その中枢は延髄にあって循環器系の圧受容体、肺内伸展受容器からの求心性入力を受けて遠心性の調節をすることが知られている²⁾。著者ら³⁾はこれまでに、森林内安静時における心臓自律神経活動の調査から、森林内で副交感神経活動の向上がみられたことを報告した。このことは、外部環境変化となる温度、湿度、風速、照度、騒音などの影響と、リラクゼーションによる精神的な影響によるものと考えられた。また、外部環境という条件下であることから、体温調節機構に関与する交感神経経路の反応にも注目した。そこで、被験者1名を対象としたシングルケーススタディ法の第一段階として、外部環境変化となる温度、湿度、風速、照度、騒音と、心臓自律神経活動との関連性について報告する。

研究方法

I. 被験者

被検者は男子大学生1名を対象とした。被検者は、健康診断及び心電図による検査に異常がない者である。

II. 測定条件と測定場所

測定は、座位にて30分間行なった。測定中、呼吸リズムは大きく乱さず、長時間の閉眼に注意するよう指示した。着用する衣類は、快適な状態を保てるよう測定前に調節した。測定場所は、人通りや、車の行き来がない山梨県内の木立の多い公園でおこなった。測定時の天候は晴れで、平均気温は $15.28 \pm 0.10^{\circ}\text{C}$ 、湿度は $32.70 \pm 0.92\%$ 、風速は $1.27 \pm 0.78\text{m/sec}$ であった。

III. 心臓自律神経機能測定の方法

心臓自律神経機能の解析は、ジー・エム・エス社製MemCalc/Tarawaを用いて、胸部双極誘導法によりえられた心電図R-R間隔を4拍ごとのMem(最大エントロピー)法¹⁰⁾による周波数解析を行

*国土館大学スポーツ・システム研究科 (Graduate school of sport system, Kokushikan University)

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

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

い、得られた周波数を低周波数領域 (0.04-0.15hz)、高周波数領域 (0.15-0.40hz) のパワーに区分し、それぞれLF、HFとして、HFを副交感神経機能、LF/HFを交感神経機能として評価した^{9) 14)}。HF、LF/HFの値を3秒間隔で記録し、心臓自律神経機能の経時的変化とした。

IV. 環境測定の方法

1. 温度、湿度の測定は、エス・アイ・エレクトロニクス社製TH-101を用いて、分解能0.1℃、1%RHで3秒間隔で連続測定し、リアルタイムでパーソナル・コンピュータで記録した。
2. 照度の測定は、日置電機株式会社製HIOKI3640を用いて、測定精度±5dgtで3秒間隔で連続測定・記録した。
3. 騒音の測定は、カスタム社 SL-1370を用いて、分解能0.1dBで連続測定し、リアルタイムでパーソナル・コンピュータに記録し、その後、測定開始時から3秒間隔の値を算出した。
4. 風速の測定は、カスタム社 MODEL CW-50を用いて、分解能0.01m/sで連続測定し、リアルタイムでパーソナル・コンピュータに記録

し、その後、解析ソフトFLOW ANEMO MASTER Windows Ver. 2.0を使用し、測定開始時から3秒間隔の値を算出した。

5. 統計処理は、目的変数をHF値、LF/HF値とし、説明変数を温度、湿度、風速、照度、騒音の各値とし、単回帰分析、多重回帰分析により係数を算出し評価した。

結果の一部

測定中の各環境測定項目及び心拍数、HF、LF/HFの平均値と標準偏差を表1に示す。測定当日の天候は晴れであったが、平均気温が15.28℃で、平均風速が1.24m/secと寒さを感じることもあり、被験者の衣服の調節を行なった。照度や騒音の値の変化は、木立が多いという環境条件により、主に木の枝が揺れたことによるものであった。図1は各環境測定項目と心拍数、HF、LF/HF値の経時的変化を示したものである。

表2は各環境測定項目、心拍数、HF、LF/HFにおける各間の相関係数である。相関係数は高い順に、LF/HFと湿度で0.7185、LF/HFと心拍数で0.6842、風速と湿度で0.5551、風速と騒音で

表1 各環境測定項目及び心拍数・HF・LF/HFの平均値と標準偏差

	気温 (℃)	湿度 (%)	風速 (m/sec)	照度 (lx)	騒音 (dB)	心拍数 (bpm)
平均	15.28	32.70	1.24	1.53	39.22	72.5
標準偏差	0.10	0.92	0.78	0.32	1.79	3.0

表2 各測定項目間の相関係数

	気温	湿度	風速	照度	騒音	HF	LF/HF
気温	1.0000						
湿度	-0.2067	1.0000					
風速	-0.2082	0.5551	1				
照度	-0.1209	0.1813	0.1664	1.0000			
騒音	-0.1130	0.5284	0.5333	0.0839	1.0000		
HF	0.0630	-0.1323	-0.0522	-0.1104	0.0695	1.0000	
LF/HF	-0.1164	0.7185	0.4354	0.1970	0.4494	-0.3209	1.0000

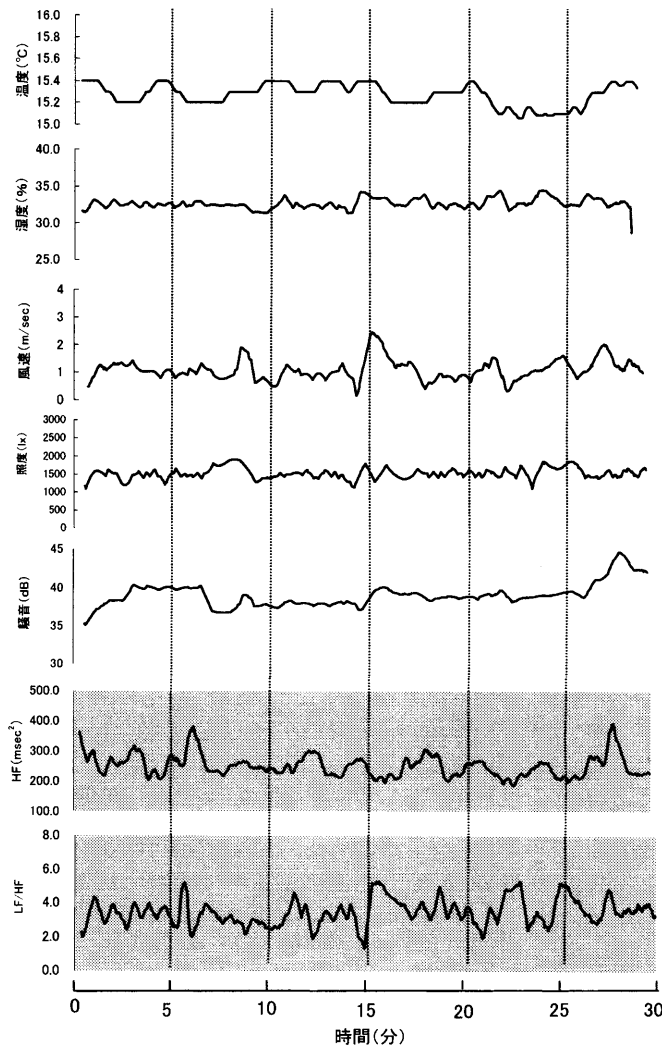


図1 環境変化に伴う心臓自律神経活動

表3 LF/HFを目的変数とした重回帰分析結果

	気温	湿度	風速	照度	騒音	定数項
偏回帰係数	0.2292	0.7784	0.1631	0.0000	-0.0042	-25.5481
標準偏回帰係数	0.0221	0.6718	0.1048	0.0068	-0.0068	
決定係数	0.5251					

表4 HFを目的変数とした重回帰分析結果

	気温	湿度	風速	照度	騒音	定数項
偏回帰係数	12.2360	-3.0974	-9.7828	-0.0096	5.2899	-14.3002
標準偏回帰係数	0.0289	-0.0655	-0.1768	-0.0703	0.2183	
決定係数	0.0561					

0.5333、湿度と騒音で0.5284であった。

表3はLF/HFを目的変数とし、環境測定項目を説明変数として重回帰分析を行なった結果である。湿度の標準偏回帰係数が0.6718と高く、次に風速が0.1048となった。決定係数は0.5251と高い値を示した。

表4はHFを目的変数とし、環境測定項目を説明変数として重回帰分析を行なった結果である。標準偏回帰係数は、騒音で0.2183で、多の項目はいずれも低い値であった。決定係数は0.0561であった。

考 察

自律神経機能検査として知られている寒冷昇圧試験によって、心拍数、血圧、心拍出力、血中ノルアドレナリン濃度及び筋交感神経活動が増加するという報告は多数みられる^{2) 6) 7) 8)}。このことから、温度による刺激、少なくとも低温刺激が自律神経を介して循環器系に作用することは実験的に確認されていると考えられる。また、田中ら⁹⁾によると、右手を5分間、5℃、34℃、48℃の3種類の冷水や温水に浸け、心臓自律神経機能の変

化をみている。それによると、5℃の低温刺激だけではなく、48℃の高温刺激においても交感神経機能の亢進し、副交感神経は低下し、心拍数と血圧は上昇したと報告している。

本研究結果においては、温度刺激による直接的な影響とは異なるものの、風速変化に伴う皮膚温低下の影響は大きいと考えられる。皮膚温は温度、湿度ならびに気流などの外的環境条件や皮膚血管運動さらに発汗状態によって決まり、外界の湿度が低く、皮膚と外界の蒸気圧差が大なるほど皮膚温低下は大きくなる²⁾。今回の調査では皮膚温の測定は行っていないが、平均気温15.28℃、平均湿度32.70%の状況下で、風速による皮膚温への影響は大きいと考えられる。図1から測定開始15分で風速が約2.5m/sec上昇しているが、この時の交感神経活動も急激な上昇がみられ、また、風速、湿度と交感神経活動との相関係数においても関係性が示唆される結果となっていることから、環境変化に伴い皮膚温が低下したことにより、交感神経の亢進がみられたものと推察される。この交感神経反応の機序は、風速変化による皮膚刺激から、反応までの時間が比較的短いことから、体温調節反応以外にも、反射性による影響とも考えることができる。その経路として、皮膚の温度受容器の興奮が体性神経を経て脊髄および循環中枢に至り、心臓、血管自律神経を介して心臓、血管に作用する、体性-自律神経反射を介していると考えられる。

一方、騒音においても相関がみられていることから、風速の上昇に伴って木立が揺れる音や木の葉が舞う音など、聴覚による刺激によって、交感神経の興奮が引き起こされていたと考えることが出来る。表3の重回帰分析の結果からも、単相関係数の高い湿度、騒音、風速を交感神経亢進の要因として検討する以外に、環境測定項目の5つの要因が交感神経亢進に関与したと考えることで、環境変化と心臓自律神経活動との関係性はより正確に理解できると考える。

今後の展開

今回の報告は、被験者1名を対象としたシングルケーススタディ法の第1段階の調査である。今後、第2段階となる人口気象室内での一定環境条件との比較検討、第3段階として外部環境下での調査をもう一度することで、総合的に評価する。

引用・参考文献

- 1) 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.
- 2) 中山昭雄編: 温熱生理学, 理工学社, 東京, 1990.
- 3) 永吉英記, 渡辺剛, 川村協平: 森林内における自律神経活動と1/fゆらぎの傾き, *国士舘大学体育研究所報*, 19: 19-26, 2000.
- 4) 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.
- 5) 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ゆ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.
- 6) Winer, N., Carter, C.: Effect of cold pressor stimulation on plasma norepinephrine, dopamine- β -hydroxylase, and renin activity, *Life Science*, 20, 887-894, 1977.
- 7) Victor, R. G., Leimbach, JR. W. N., Seals, D. R., Wallin, B. G., Mark, A. L.: Effects of the cold pressor test on muscle sympathetic nerve activity in humans, *Hypertension*, 9: 429-436, 1987
- 8) Yamamoto, K., Isawa, S., Mano, T.: Responses of muscle sympathetic nerve activity and cardiac output to the cold pressor test. *Jpn. J. Physiol.*, 42, 239-252, 1992.
- 9) 田中悦子, 白井永男, 栗原敏: 環境温度変化による心臓自律神経機能変化の経時的定量化, *デサントスポーツ科学*, 18, 160-166, 1997.