

高齢者における身体活動と心拍変動の相互関連に関する調査

谷口健太郎^{1,2}, 下内章人^{*1}, 精山明敏²

¹ 国立循環器病研究センター研究所

² 京都大学大学院人間健康科学研究科

*代表研究者

【まとめ】

高齢者では若年者と比較し身体加速度と自律神経応答に遅延があるか否かを検証するため、成人女性を対象に心拍周波数解析による自律神経指標と身体加速の時間的な相互関連を検討した。高年者では若年者や中年者に比べ lag が多い人の割合が増え、lag 0 の割合が減少する傾向となった。また lag ピークで示す相関係数の値が小さい人の割合が多くなった。このことから加齢に伴い身体加活動と自律神経機能応答の遅延が生じることが示唆された。

1. 研究の目的

高年者においては途中覚醒や入眠障害など種々の睡眠障害に伴う比較的浅い短時間の睡眠が多い。こうした非熟睡型の睡眠が高齢者の日中覚醒時における自律神経応答の遅延に繋がり、日常身体活動や主観的健康感、QOL の低下を引き起こしている可能性がある。高齢者における身体活動の低下についての報告は枚挙にいとまないが、身体活動の低下を自律神経応答の遅延から明確に実証した研究は少ない。そこで、本研究では高齢者では若年者と比較し身体加速度 自律神経応答遅延があり、仮説 2：高齢者では睡眠障害によりその遅延はさらに増強する。仮説 3：高齢者の応答遅延は身体活動抑制と主観的健康観の低下とストレス感を増強させる。という仮説を立てた。これらの仮説を検証するため、高齢者を含めた 20 歳以上の全年代の成人を対象に身体加速度、

心電図 RR 間隔を連続 24 時間実施し、各睡眠障害レベルにおける身体加速度と自律神経応答の遅延程度の推移を両群間で対比した。これにより高齢者の睡眠状態が日中覚醒時の身体活動と自律神経応答に影響し、逆に日中の身体活動が睡眠状態に影響することを明らかにすることを目的とした。さらに心理的状态やストレスとの関連も明確にする。

2. 研究の方法と経過

以下の実施項目について調査は国立循環器病研究センターにおいて実施し、解析を行った。高齢者の特徴を明確にするため、20 歳以上から 85 歳までの全年代までを対象として調査を実施したが、参加者 87 名のうち不整脈、飲酒、喫煙者、自律神経作動薬内服例を除外した 70 名のうち解析可能な対象者を女性 47 名に絞った。質問紙票：検査に先立ち、基礎調査票（予防検診部：身体活動・ストレスに関する問診、睡眠問診票）や市販の質問紙票 (Cornell Medical Index, SDS, General Health Questionnaires 28) による調査を実施した。調査手順：調査日当日にアンケート（基礎調査票, GHQ28, 睡眠問診票）を、睡眠日誌は調査開始 1 週間前より記入してもらった。睡眠調査当日、調査の目的や解説を行った上で、同意を得た。次いで、携帯型身体加速度心拍連続計測装置 (アクティブトレーサ, GM サイエンス) を装着し、モニターを開始し、被験者は VAS にストレスや心理的状态を記入した。ついで、通常の日常生活に戻り、心拍数・身体加速度モニター

を続け、この間の行動記録を所定の用紙に記録した。休憩や食事、夜間睡眠の時間もはさみ、24時間が経過した時点で、再び VAS を記載し、アクティブトレサを外し、計測を完了した。血液検査項目：静脈血を採取し、一般的な健康スクリーニング調査を行った。睡眠障害に関する調査：睡眠障害は過眠と不眠を含めた睡眠異常、睡眠覚醒リズムの障害としての概日リズム睡眠障害、睡眠中に起る異常行動や身体的症状である睡眠時随伴症、精神障害や身体的疾患、および薬物の使用に基づく睡眠障害など種々のものがある。睡眠障害とストレスの間には密接な関連があるものと考えられる。そこで、本調査では睡眠問診票と睡眠日誌などにより睡眠障害の有無とその病型を明確にし、本調査項目で得られる種々の解析結果と睡眠障害の関連を検討した。ただし、睡眠時無呼吸症候群などが疑われるものについては、紹介状を郵送し、照会先での確定診断結果を可及的に得た。解析：以上の調査をもとに、行動記録と心拍数(RR 間隔)・血圧・身体加速度を解析した。すなわち、それらのトレンド、心拍血圧の周波数解析・解析諸指標、質問紙・血液・呼気・唾液の結果等を対照し、相互の関連の統計解析を行った。これにより、ストレスと睡眠障害の関連も解析した。心拍周波数データは一般的な方法に従い、LF (0.04~0.15Hz)、HF (0.15~0.40Hz) と区分し、LF/HF を交感神経の指標、HF の Total Power に対する比率を副交感神経の指標とした。各周波数帯におけるパワーは最大エントロピー法 (MEMCalc, GM サイエンス) を用いて解析した。夜間の入眠・覚醒は被験者の記載した行動記録とアクティブトレサで得られた身体加速度の変化から推定した。心拍周波数、身体加速度ともに得られたデータを 1 分間隔で解析を行った。解析は種々の時間間隔を試みたが、最終的に被験者の入眠前 3 時間と、覚醒後 3 時間を睡眠前、起床後とした。被験者のうち 20 歳以上 40 歳未満の者を若年者 (n=16)、40 歳以上 60 歳未満の者を中年者 (n=20)、60 歳以上の者を高年者 (n=11) として解析を行った。統計：統計ソフトとして

SPSS 及び Excel を用いた。統計量は平均 ± 標準偏差 (SD) で表した。相関係数は必要に応じて Spearman または Pearson の方法を用いて算出した。p<0.05 で有意差ありと判定した。計画の実施にあたっては調査実施施設の倫理委員会承認と被験者のインフォームドコンセントを得た上で実施した。

3. 研究の成果

各年代における就寝前、起床後各 3 時間の身体加速度、LF/HF、HF の平均を表 1 に示した。各年代とも就寝前より起床後の身体加速度と LF/HF が有意に大きく、HF が有意に小さくなったが、就寝前、起床後ともに年代間における有意な差はみられなかった。

就寝前、起床後それぞれに対して身体加速度と LF/HF 及び HF との間で交差相関をとった。交差相関での相関値の絶対値が最も大きい時刻を lag 時刻とし、身体加速度と心拍周波数との間にどれだけの lag が生じるかを示したものが図 1~図 4 である。lag 時刻が 0 のものを”lag 0”, ±1 分~±5 分の lag が生じたものを”lag 小”, ±5 分を超える lag が生じたものを”lag 多”とした。図では、各年代においてそれぞれの lag について 100 分率で表した。全ての図において、若年者、中年者に比べ高年者で lag が多い人の割合が増え、lag 0 の割合が減少する傾向となった。相関係数の値については、lag 時刻とした相関係数の絶対値で、0.3 前後の値を示したものが多かった。中には 0.5 前後の値をとるものや、ほぼ無相関の 0.1 未満となるものもあった。

また、図 5~図 8 は、睡眠前、起床後それぞれ 3 時間の身体加速度と心拍周波数間における相関係数の大小を比較したものである。相関係数が ±0.2 未満のものを”相関係数 小”, ±0.4 を超えるものを”相関係数 大”, その間の値をとるものを”相関係数 中”とした。図では、各年代においてそれぞれの相関係数の分布を 100 分率で表した。全ての図において高年者では、若年者および中年者と比較して相関係数の値が小さい人の割合が多く、相関係数の値が大きい人の割合が少なくなっ

表 1. 各年代の身体加速度・LF/HF・HF の平均

就寝前			
	若年者 (n=16)	中年者 (n=20)	高年者 (n=11)
年齢	30.9 ± 5.7	50.8 ± 5.5	66.0 ± 5.0
身体加速度	23.9 ± 13.7	28.3 ± 19.3	24.3 ± 12.0
HF	0.155 ± 5.40 × 10 ⁻²	0.134 ± 4.86 × 10 ⁻²	0.133 ± 4.13 × 10 ⁻²
LF/HF	4.83 ± 2.22	4.93 ± 2.49	4.28 ± 2.28
起床後			
身体加速度	42.2 ± 27.7	43.1 ± 16.9	42.8 ± 18.9
HF	0.116 ± 6.27 × 10 ⁻²	0.0893 ± 3.56 × 10 ⁻²	0.106 ± 4.94 × 10 ⁻²
LF/HF	6.61 ± 2.33	7.48 ± 4.12	5.28 ± 3.85

図 1. 就寝前の HF と身体加速度との lag

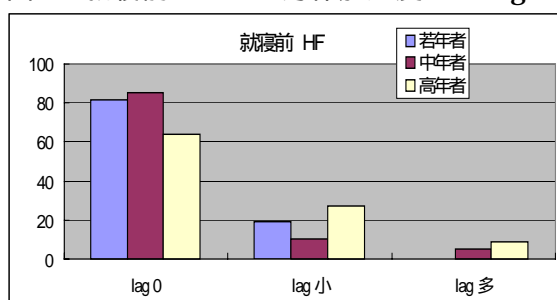


図 2. 就寝前の LF/HF と身体加速度との lag

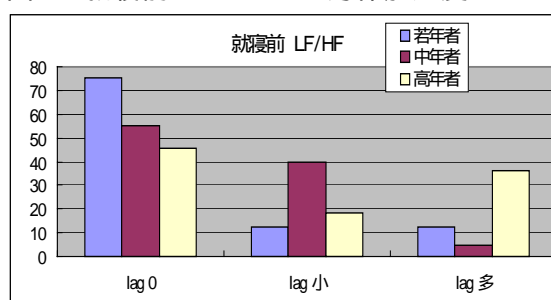


図 3. 起床後の HF と身体加速度との lag

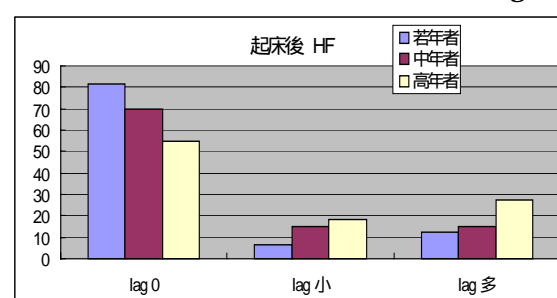


図 4. 起床後の LF/HF と身体加速度との lag

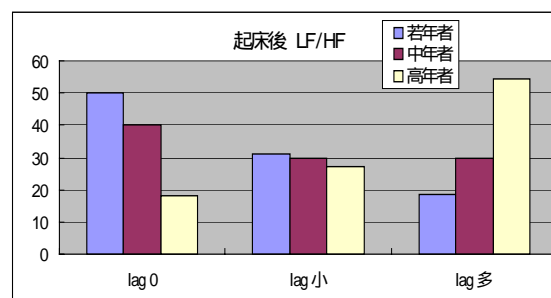


図 5. 就寝前の HF と身体加速度の相関係数

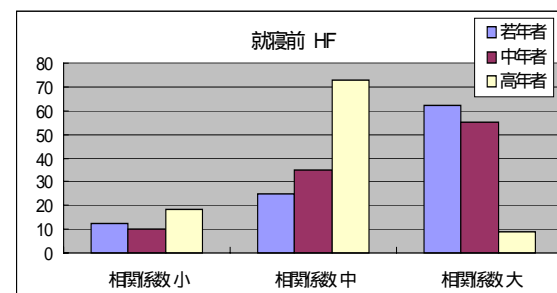


図 6. 就寝前の LF/HF と身体加速度の相関係数

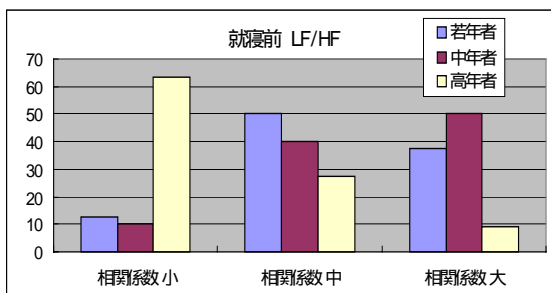


図 7. 起床後の HF と身体加速度の相関係数

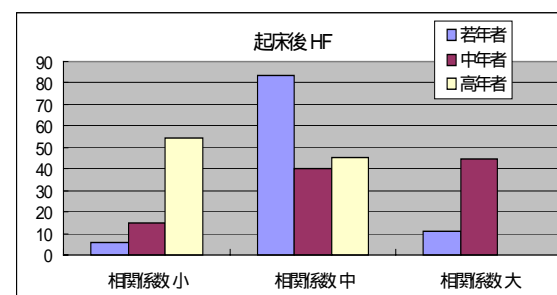
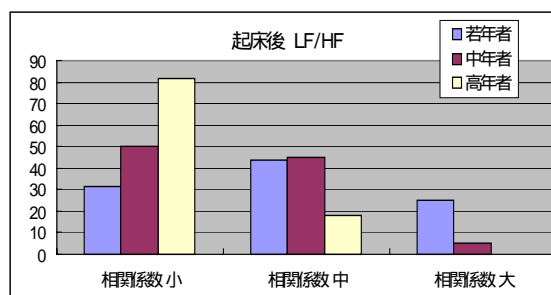


図 8. 起床後の LF/HF と身体加速度の相関係数



た。

4. 考察と今後の課題

一般的に身体活動に伴う自律神経応答は数秒から数 10 秒の短時間で起るとされているが、多くは実験室内での臨床試験や動物モデルによるものであり、実際にヒトを対象としたフィールド調査では身体活動を起してから心拍変動が起きるまでの時間差は意外と大きく 5 ~ 10 分の遅延があることが身体加速度と自律神経周波数解析による時系列の相互相関解析(cross correlation analysis)により明らかにされている。本調査においても数分~10数分の lag が見られる例があった。

本調査では図 1~4 で示したように、高年者においては若年者や中年者と比較して lag が睡眠前、起床後の交感神経活動、副交感神経活動双方において増加する傾向が見られた。これは例えば心機能低下に伴いつつ傾向と睡眠障害を同時に認めることが多く、高齢者においては何らかの心機能障害を抱えている人の割合が増加するためと考えられる。本調査では、個々の疾患やうつ傾向、睡眠状態や睡眠障害といったものとの有意な結びつきは見られなかった。しかし、種々の疾患や睡眠による複合的な影響により、自律神経活動に影響をもたらしている可能性はある。また、本調査では睡眠状態やうつ傾向について、あくまでも被験者自身のアンケートによる評価で行った。そのため、被験者自身が感じているところと、実際の体調に差が生じている可能性も考えられる。

図 5~8 より、睡眠前、起床後 3 時間の身体加速度と自律神経活動の相関係数を年代別に比較すると、若年者に比べて高齢者では、相関係数の値が小さくなる傾向となった。これは、前述のとおり高齢者では種々の疾患による自律神経活動への影響のため、また若年者や中年者では、身体の動きに対し自律神経系活動が速やかに応答しているためと考えた。高年者においては運動量全般の減少の影響も考えたが、表 1 より若年者、中年者と高年者との間に身体加速度の有意な差が見られなかったため、それによる影響は除外でき

る。

自律神経活動のうち副交感神経が交感神経よりも身体加速度に対してよく応答していること、起床後よりも就寝前がよく反応している傾向となった。これは一般的に睡眠時に HF 成分が増加し、LF/HF が減少する傾向の影響を受けていることに起因している可能性があり、さらに検討が必要である。

以上より高齢者では若年者と比較し身体加速度 自律神経応答遅延があることが示唆された。さらに高齢者に頻度の高い睡眠障害によりその遅延はさらに増強、高齢者の応答遅延は身体活動抑制と主観的健康観の低下とストレス感を増強させることが考えられた。高齢者の前夜の睡眠が翌日の日中覚醒時の身体活動と自律神経応答へ強く影響し、逆に日中の身体活動が次の睡眠状態に影響することを予想していたが、症例数が少なく、仮説 2 ~ 3 を実証するには至らなかった。さらに心理的状态やストレスとの関連も明確にすることも課題として残っている。

心拍数周波数解析法はすでに確立した方法で臨床応用による解析は古典的にすなりつつある。しかし、本調査で示したように身体加速度と自律神経活動の相互関係をみることにより、身体活動と心臓自律神経応答の遅延を実証できる可能性があることが示唆された。身体加速度と周波数解析の条件をさらに改良することにより、より客観的かつ鋭敏な手法となることが期待でき、今後、解析手法と条件を詳細に検討していきたい。

5. 研究成果の公表方法

本研究で得られた結果は症例数をさらに増やし、睡眠障害との関連を詳細に検討した上で、英文論文として投稿予定である。自動解析システムについても発展させ成果を論文として発表する。

謝辞：本研究の遂行に際しては三井住友海上火災福祉財団の助成を賜り誠にありがとうございました。また国立循環器病研究センターの川村杏沙、乾紀子ならびに森麻里子の三氏には多大な研究協力を頂きました。ここに深甚の謝意を表します。