

メンタルストレステストによる心臓血管系反応と主観的ストレス反応との関連性

矢島 潤平, 尾形 尚子, 河野 愛生

【キーワード】

メンタルストレステスト、HF 波、LF/HF 波、主観的ストレス反応、心拍ゆらぎシステム

【要 旨】

本研究では、メンタルストレステストを負荷した際の心拍数、HF 波及び LF/HF 波の動態を明らかにするとともに、主観的ストレス反応との関連性について検討した。HF 波の変化がストレスの自覚反応の中でもエネルギー覚醒や緊張覚醒などの気分を反映し、LF/HF 波の変化がエネルギー覚醒と関連していることが明らかになった。これらの知見から、自律神経活動と主観的ストレス反応との生態学的妥当性が検証された。

はじめに

今日の代表的なストレスモデルは、心理生物学的ストレス反応がストレッサーと生体のコーピング資源との間の相互作用的な不均衡から生まれることを強調するとともに、これらのトランスアクション過程に関連する心理社会的要因を明らかにしている (Lazarus ら、1984)。

過度の日常ストレッサーは、自律神経の不調を引き起こし、慢性ストレス疾患等の発生と関連していることを過去の知見が明らかにしている。これらメカニズムを解明するために、実験室研究によるメンタルストレステストを用いての心理生物学的反応が検討され、慢性疾患への発生機序が示されてきた。心臓血管系指標 (自律神経活動 (交感神経活動、副交感神経活動)、心拍数、血圧など) は、これらストレス反応のメカニズムを明らかにするツールとして用いられ、その動態から明らかにされている。これらストレス状態を把握するために、多様な指標が用いられている中の一つに循環器系指標として、心拍とともに自律神経活動を心拍変動 (R-R 間隔変動) のスペクトル解析による測定が行われている (鷺見、2001)。R-R 間隔変動は、0.15–0.2Hz を基に高周波 (HF : High frequency)

成分と低周波（LF：Low frequency）成分に分類される（髻谷ら、2001）。HF 成分は、副交感神経活動を反映し、LF/HF 成分は交感神経活動を反映する指標とされている（Malliani ら、1991）。

ストレス研究の HF 成分と LF/HF 成分に関する研究では、実験室場面にて、内田－クレーリン検査によって LF/HF 成分が増加した（荒木田ら、2007）。座位による足浴によって LF/HF 成分は増加し、HF 成分は減少した（竹本ら、2007）。聴覚刺激によって LF/HF 成分は増加し、HF 成分は減少した（阪本ら、2007）。予測不可能自体における防災訓練場面で、HF 成分が上昇し、LF/HF 成分が低下した（久保田ら、2000）。リラクゼーションに関する研究では、ハンドマッサージによって HF 成分が上昇し、LF/HF 成分が低下し（佐藤、2006）、音楽聴取により HF 成分が上昇し、LF/HF 成分が低下した（山田ら、2006）。このようにストレス研究の指標として非常に有用である。

また、HF 成分と LF/HF 成分はストレス研究だけでなく、幅広く用いられている。例えば、運動負荷によって HF 成分が低下し（中村、1990）、LF/HF 成分が増加する（中村ら、1991）と報告している。実験室研究のみならず、臨床やフィールド場面などへの応用可能である。

実験室場面において、メンタルストレステストを負荷した際の主観的ストレス反応については、Profile-Mood state (POMS) や Dundee Stress State Questionnaire (DSSQ) などが用いられている。例えば、線分判断課題やストループ課題によって DSSQ の不快なストレス、気がかりが上昇する（矢島ら、2001）、ストレスマネジメント技法としてのリラクゼーション効果を POMS の抑うつ－落ち込み、疲労、混乱は低下し、活気は有意に上昇した（岡村ら、2008）などが報告されている。

本研究では、メンタルストレステストを負荷した際の自律神経活動を心拍ゆらぎシステム（心拍、LF/HF 波及び HF 波）にて測定し、その動態を明らかにするとともに主観的ストレス反応との関連性を検討した。

方法

対象者

自由参加した健康な大学生55名（男性26名、女性29名、年齢 19.6 ± 0.7 歳）を対象とした。なお、すべての対象者から書面と口頭によるインフォームド・コンセントによって同意を得た。

手続き

実験室に入室後、10分間の順応期、2種類のメンタルストレステスト（①3分間のスピーチ課題②5分間Ravens Matrix課題）を施行し、30分間の回復期にて実験を終了した。実験中、心拍数と副交感神経及び交感神経を非観血的に連続測定した。課題前後と回復期後に主観的ストレス反応を測定した。

メンタルストレステスト

スピーチ課題：実験課題として「日常生活に心理学をどう生かすか」、「心理学と私について具体的に話して下さい」及び「自分の将来に心理学をどう生かしたいか」の3つとし、実験者があらかじめ決めておいた。対象者に2分考えさせ、3分間話すという課題であった。対象者にはスピーチの時間は教えず、3分間経過した時点で「止め」と教示し終了した。対象者に対して、正面に設置しているビデオと実験者に向かって話をするように教示し、スピーチ中の様子を録画すること、後ほど話し方や言葉づかいについて、実験者が評価しビデオにて自己評価をしてもらうことを伝えた。実際は、録画や評価など行わなかった。全ての実験が終了した時点で、デブリーフィングを行いスピーチ課題の手続きを説明した。

Ravens Matrix 課題：コンピュータのディスプレイ中央に一部分空白のある模様が呈示され、画面下部にそこに当てはまるピースが表示される。空白部分に当てはまるピースを選択させる課題であった。1課題あたり15-30秒で呈示し合計5分間であった。対象者は、画面を見ながら正解を回答用紙に書き込むことを求められた。

自律神経活動

心拍ゆらぎリアルタイム解析システム (株)ジー・エム・エス)にて心拍数、LF/HF 波及び HF 波を測定した。この周波数解析は最大エントロピー (Maximum Entropy Method : Mem) で、非線形解析を可能とした時系列データ解析であり、時系列データを基底変動 (周波の変動) にゆらぎを重ね合わせたものとして解析している (山田ら、2006)。その際、低周波成分は0.04~0.40Hz、高周波成分は0.15~0.40Hzとして解析した。副交感神経活動指標として HF 波、交感神経活動指標として LF/HF 波を用いた。

主観的ストレス反応 (日本版気分チェックリスト (JUMACL)、日本語版ストレス状態質問紙 (DSSQ-III) 及び仕事負担評定 (NASA-TLX))

JUMACL：気分 (エネルギー覚醒と緊張覚醒)。DSSQ-III：課題へのストレス、不快なストレス及び気がかり。仕事負担評定：精神的負担、時間的プレッシャー、課題遂行、努力及びフラストレーション。

分析方法

自律神経活動については、各指標ごとに一要因の分散分析を行った。主観的ストレス反応については、気分は各指標とも一要因の分散分析、他の指標は対応のある t 検定を行った。なお、一要因の分散分析で有意差が認められたら、Post hocによる多重比較を行った。自律神経活動と主観的ストレス反応との関係性については、ピアソンの相関分析を行った。更に、相関が認められた項目については、自律神経活動の各指標を従属変数、主観的ストレス反応を説明変数とした重回帰分析を行った。いずれも危険率を5%とした。

倫理的配慮

本研究は、別府大学医学研究倫理審査委員会にて計画書を提出し承認を得て実施した。

結果と考察

自律神経活動

心拍数では、順応期に比較してスピーチ課題と Ravens 課題時に有意に上昇し、回復期では有意に低下した ($F(4, 188) = 128.5, p < 0.01$, 図 1)。LF/HF 波では、順応期に比較してスピーチ課題と Ravens 課題時に有意に上昇し、回復期は順応期の水準に戻った ($F(4, 188) = 24.8, p < 0.01$, 図 2)。HF 波では、順応期に比較してスピーチ課題と Ravens 課題時に有意に低下し、回復期は順応期の水準に戻った ($F(4, 188) = 20.2, p < 0.01$, 図 3)。

実験室場面での心拍数上昇については、過去の知見で多く紹介されている (津田ら、2000)。また、HF 成分、LF/HF 成分の急性ストレス状況下における過去の知見と同様の動態 (南谷ら、1999；荒木田ら、2007；阪本ら、2007) であることから、今回のメンタルストレステストがストレス課題として有用であることが示された。回復期における心拍数の減少、HF 波の上昇及び LF/HF 波の減少についても過去に知見で同様の結果がみられる (津田ら、2000)。リラクゼーション時では、HF 成分が上昇し、LF/HF 成分が減少するという知見も多い (佐藤、2006；山田ら、2006)。以上の知見から、HF 波、LF/HF 波ともにストレス負荷及び回復期など実験室場面による自律神経系を反映する指標として有用であることが示唆される。

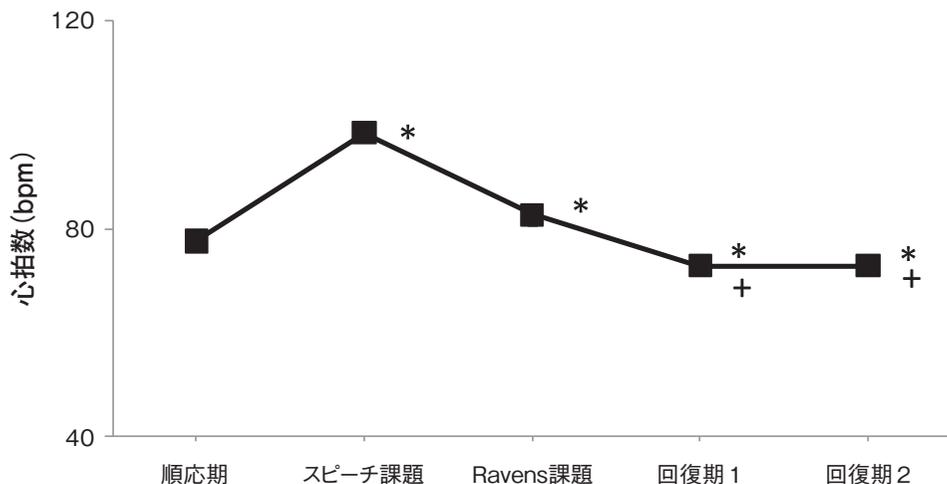


図 1 ストレス課題による心拍数の変化
(* $p < 0.05$ (vs 順応期)、+ $p < 0.05$ (vs スピーチ課題 & Ravens 課題))

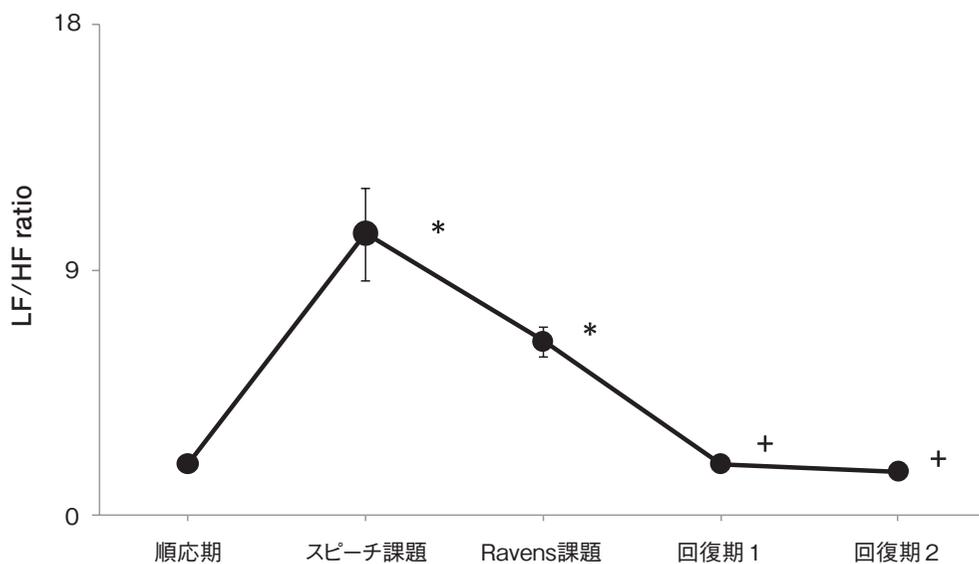


図2 ストレス課題による LF/HF 成分の変化
 (* $p < 0.05$ (vs 順応期)、+ $p < 0.05$ (vs スピーチ課題 & Ravens 課題))

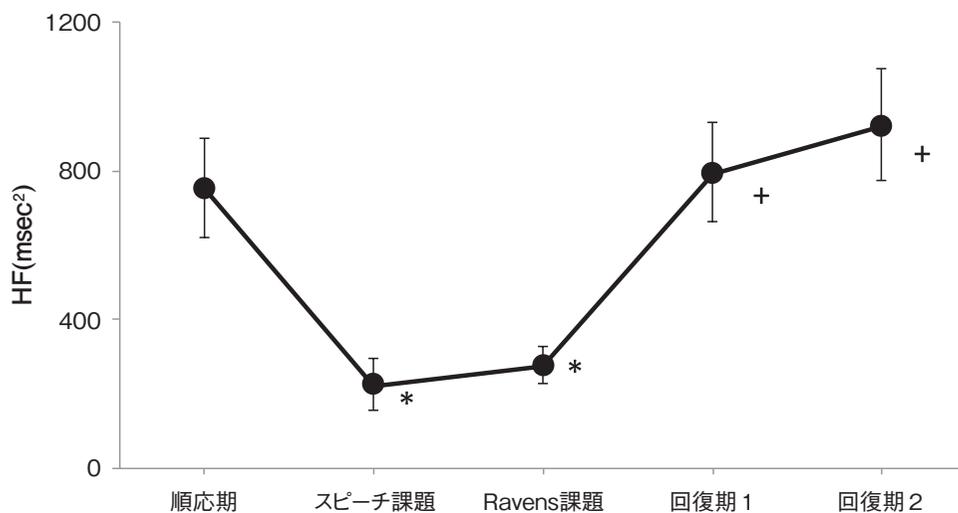


図3 ストレス課題による HF 波の変化
 (* $p < 0.05$ (vs 順応期)、+ $p < 0.05$ (vs スピーチ課題 & Ravens 課題))

主観的ストレス反応

エネルギー覚醒では、順応期に比較して課題期で有意に低下し回復期で順応期の水準に戻った ($F(2, 108) = 10.2, p < 0.01$)。緊張覚醒では、順応期に比較して課題期で有意に上昇し、回復期では有意に低下した ($F(2, 108) = 36.0, p < 0.01$ 、図4)。課題への集中 ($t(54) = -0.7, ns$) は有意な変化は認められなかったが、不快なストレス ($t(54) = -6.7, p < 0.01$) は課題後に有意に上昇し、気がかり ($t(54) = 5.4, p < 0.01$) は有意に低下した (図5)。仕事負担評定は、スピーチ課題では、精神的負担、時間的プレッシャー、努力及びフラストレーションを強く認知していた。Ravens 課題では、精神的負担、時間的プレッシャー及び努力を強く認知していた。

今回用いたメンタルストレステストは、精神的ストレスを強く負荷される課題であったことが示唆される。ストレス負荷によって引き起こされる主観的ストレス反応は課題によって異なるが、ネガティブ感情を喚起した場合は、不快なストレスが上昇し、課題への集中が低下し、気がかりが上昇することが明らかにされている (津田ら、2000)。緊張覚醒と不快なストレスの上昇は、メンタルストレステストによって引き起こされる、主観的ストレス反応を強く認知していることが明らかになった。エネルギー覚醒と気がかりの低下は、メンタルストレステストによって引き起こされたこれらの不快なストレスによってポジティブ感情が低下したことが明らかになった。以上の知見から、被験者は課題のストレスを強く認知し、そのため集中して取り組んでいることが示唆される。

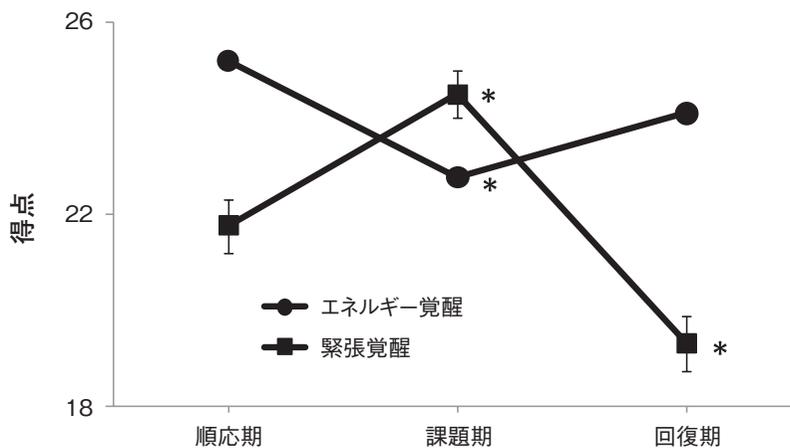


図4 ストレス課題による気分の変化 (* $p < 0.05$ (vs 順応期))

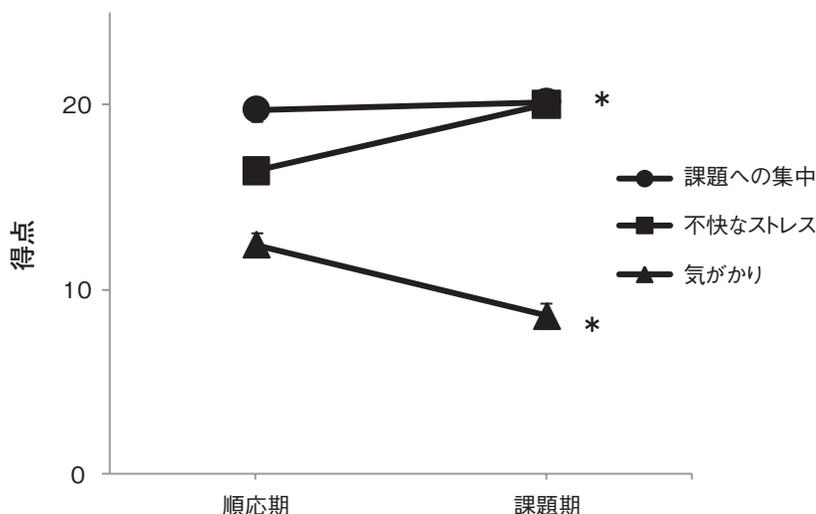
図5 ストレス課題による DSSQ-III の変化 (* $p < 0.05$ (vs 順応期))

表1 仕事負担評定

	スピーチ課題		Ravens 課題	
	ave	se	ave	se
精神的負担	7.04	0.3	7.18	0.2
身体的負担	4.53	0.3	4.33	0.3
時間的プレッシャー	7.53	0.3	6.80	0.3
課題遂行	2.05	0.2	2.89	0.2
努力	7.31	0.2	6.38	0.3
フラストレーション	5.80	0.3	4.96	0.4

自律神経活動と主観的ストレスとの関連性

順応期において、LF/HF 波とエネルギー覚醒 ($r = -0.332$, $p < 0.05$)、課題への集中 ($r = -0.286$, $p < 0.05$) 及び気がかり ($r = -0.393$, $p < 0.01$) と負の相関が認められた。スピーチ課題施行時において、HF 波とエネルギー覚醒 ($r = 0.364$, $p < 0.01$)、緊張覚醒 ($r = -0.302$, $p < 0.05$)、時間的プレッシャー ($r = -0.364$, $p < 0.05$) 及びフラストレーション ($r = -0.316$, $p < 0.05$) との間に負の相関が認められた。LF/HF 波と緊張覚醒 ($r = 0.300$, $p < 0.05$) との間に正の相関が認められた。回復期においては、HF 波とエネルギー覚醒 ($r = 0.379$, $p < 0.05$) との間に正の相関、身体的負担 ($r = -0.395$, $p < 0.05$)、時間的プレッシャー ($r = -0.288$, $p < 0.05$) との間に負の相関が認められた。LF/HF 波とのエネルギー覚醒 ($r = -0.293$, $p < 0.05$) との間には負の相関が認められた。更にこれらの相関に対して心臓血管系反応を従属変数、主観的ストレス反応を説明変数として重

回帰分析（表2）を行ったところ、課題期において、HF波と緊張覚醒、時間的プレッシャー及びフラストレーションとの関連性が認められた。回復期において、HF波とエネルギー覚醒、LF/HF波とエネルギー覚醒との関連性が認められた。

ネガティブ感情の賦活は、交感神経系を優位にし、リラクセーションは副交感神経系を優位にすることが明らかにされている（中村、1990）。今回の結果は、HF波の変化がストレスの自覚反応の中でもエネルギー覚醒や緊張覚醒などの気分を反映し、LF/HF波の変化がエネルギー覚醒と関連していることを明らかにした。これらの知見から、メンタルストレステストにおける心拍ゆらぎシステムを用いた心拍反応と主観的ストレス反応との生態学的妥当性が検証された。

表2 自律神経活動と主観的ストレス反応との関連性

	HF波 (スピーチ課題)	HF波 (回復期)	LF/HF波 (回復期)
R(R ²)	0.48 (0.23)	0.38 (0.14)	0.29 (0.08)
エネルギー覚醒		0.37	-0.29
緊張覚醒	-0.30		
時間的プレッシャー	-0.34		
フラストレーション	-0.34		

附記

本研究は、若手研究（B）（課題番号19730450：生活場面における健康関連行動と心理生物学的ストレス反応との関連性）（代表者：矢島潤平）の助成によって行った。

文献

青木孝志、足達義則、鈴木昭二（2009）音楽刺激が心拍変動に与える影響

Journal of International Society of Life Information Science 27, 48-54

荒木田安弘、山森徹雄（2007）精神的ストレス負荷による唾液中苦味関連タンパク質の変化 奥羽大学歯学誌 34、137-144

久保田勝明、室崎益輝（2000）ストレスを加えた防災訓練時の生理的指標と心理的指標の関係 日本建築学会計画系論文集、536、1-6

Lazarus RS, Folkman S (1984) Stress, appraisal and coping. New York : Springer

Malliani A, Pagani M, Lombaridi F, Cerutti S (1991) Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain. Circulation, 84, 482-492

南谷晴之、林佐千男、永田隆信（1999）ストレス・疲労にともなう心拍変動：ニューラルネットによる自律神経活動の評価 電子情報通信学会技術研究報告 98、115-122

- 中村好男（1990）運動時心迷走神経活動の指標としての呼吸性心拍変動の評価 ヒューマンサイエンス、3、14-20
- 中村好男、山本義春（1991）健康維持・増進のための適正な運動強度の探索 体力研究、77、82-91
- 岡村尚昌、矢島潤平、津田 彰、堀内 聡（2008）PNEI 指標を用いた臨床研究：PNEI 指標はアンチエイジングの客観的評価に有用か？ 日本抗加齢医学会雑誌、4、193-196
- 阪本清美、青山昇一、浅原重夫、村田直史、水科晴樹、金子寛彦（2007）作業負荷量が瞳孔径の周波数変動に及ぼす影響 電子情報通信学会技術研究報告、107、23-26、
- 佐藤都也子（2006）健康な成人女性におけるハンドマッサージの自律神経活動および気分への影響 Yamanashi Nursing Journal、4、25-32
- 杉本有希、矢島潤平、大嶋美登子（2008）箱庭療法におけるリラクセス効果の検討 別府大学臨床心理研究、4、69-73
- 竹本由香里、高橋方子、佐々木裕子、丸山良子、山本真千子（2007）座位による足浴がもたらす生理学的効果について：自律神経活動と循環動態からの評価 宮城大学看護学部紀要 10、37-45
- 津田 彰、山田茂人、津田茂子、矢島潤平、岡村尚昌（2001）ストレスの状態と心理生物学的ストレス反応：実験的-フィールド研究 平成10-12年度文部省科学研究費補助金基盤研究（B）（2）課題番号10410027
- 髻谷 満、林由紀子、関川清一、川口浩太郎、大城浄志、小林和典（2001）運動中の心拍変動と喚起性作業閾値との関連-MemCalc 法による検討-（第一報） 体力科学、50、185-192
- 鷲見紋子（2001）MemCalc による生体時系列データ解析の実際 日本周術期時間医学研究会、1-22
- 矢島潤平、岡村尚昌、津田 彰、堀内 聡（2008）PNEI 指標を用いたストレス研究からアンチエイジングへのアプローチ 日本抗加齢医学会雑誌、4、189-192
- 山田 歩、片岡秋子（2006）好みの音楽とクラシック音楽における自律神経系への影響 ヒューマン・ケア研究、7、73-81