

就寝時状態不安と睡眠中の心肺系休息機能の関連について

榑原雅人*¹⁾ 早野順一郎*²⁾

本研究は就寝前の状態不安レベルと睡眠中の心肺系休息機能の関係を検討した。非喫煙の若年者78名(男性32名, 女性46名)(平均22.6歳 [SD=3.9])が実験に参加した。参加者の自宅にて就寝直前にスピールバーガー状態特性不安尺度の状態不安尺度への記入を求めた後, 腕時計型脈波センサを用いて睡眠中の脈波を連続的に測定した。呼吸性不整脈の大きさの代替測度として, 脈拍間隔変動の高周波 (high frequency: HF) 成分のパワーを算出しこれを心肺系休息機能として評価した。また, 低周波 (low frequency: LF) 成分のパワーについても分析し, LF/HF比を求めた。分析の結果, 状態不安得点はHFパワーとの間で負の相関を示し ($r=-.246, p<.05$), 同じく状態不安得点とLF/HF比との間で正の相関が認められた ($r=.305, p<.05$)。これらの結果より, 就寝前の状態不安は睡眠中の心肺系休息機能を低下させる要因の一つとなり得ることが示唆された。

キーワード: 状態不安, 睡眠, 心拍変動, 心肺系休息機能, 自律神経機能

問題

ふだん私たちの心拍は息を吸うと速くなり息を吐くと遅くなる。このような心拍の変動を呼吸性不整脈 (respiratory sinus arrhythmia: RSA) という。心拍変動 (heart rate variability: HRV) にはRSAの他にも血圧や体温などが影響し, 全体として複雑なゆらぎを呈している (Berntson, Bigger, Eckberg, Grossman, Kaufmann, Malik et al, 1997)。スペクトル分析によってHRVの周波数特性を分析すると, 通常, 高周波 (high frequency: HF; 0.15~0.4Hz) 成分がRSAを反映している。RSA (またはHF成分) は従来より心臓迷走神経 (副交感神経) によって媒介されていることが示され (Pagani, Lombardi, Guzzetti, Rimoldi, Furlan, Pizzinelli et al., 1986; Pomeranz, Macaulay, Caudill, Kutz, Adam, Gordon et al., 1985), その振幅は信頼性の高い迷走神経活動の指標となることが報告されている (Grossman, Karemaker, & Wieling, 1991; Hayano, Sakakibara, Yamada, Yamada, Mukai, Fujinami et al., 1991)。このような知見をもとに, 心理生理学の領域ではストレス, 感情制御, 認知機能などと心拍変動の

関係性について多くの研究がなされてきた (Thayer, Ahs, Fredrikson, Sollers, & Wager, 2012)。

しかしながら, RSA (またはHF成分) の振る舞いと心臓迷走神経活動はときに乖離することも知られている。Goldberger, Ahmed, Parker, & Kadish (1994) はフェニレフリン (phenylephrine: 交感神経 α 受容体刺激剤) の投与によって血圧を上昇させ, 圧受容体反射を介して副交感神経を刺激した。その結果, 心拍数が低下すると同時に心拍変動も減少することを観察した。もし, RSA (またはHF成分) が心臓迷走神経活動を反映するのであれば心拍変動は増大しなければならない。また, Yasuma & Hayano (2001) は, 覚醒状態の犬に高炭酸ガス血症 (hypercapnia) を起こさせたとき, 分時喚起量, 心拍数, 平均血圧には変化がみられないにも関わらず (心臓迷走神経活動に変化が生じていないと考えられるにもかかわらず), HF成分が増加したことを報告している。このような結果は, RSAが擬核, 心臓迷走神経活動 (心拍数の平均レベル) が迷走神経背側核によって独立にコントロールされていることによると考えられている (ふだんは両者の活動は相関している (早野, 2003)。

RSAの生理学的な意義についてはさらに別の見方

*1) 愛知学院大学心身科学部心理学科

*2) 名古屋市立大学大学院医学研究科

(連絡先) 〒470-0195 愛知県日進市岩崎町阿良池12 E-mail: msakaki_0507@yahoo.co.jp

が提案されている。Hayano, Yasuma, Okada, Mukai, & Fujinami (1996) は、横隔膜ペーシングによる生理的陰圧人口呼吸下の麻酔イヌを用い、頸部迷走神経を刺激して人工的に呼吸性不整脈を起こさせる操作を行った。吸気時に心拍が増加する呼吸性不整脈モデル、反対に吸気時に心拍が減少する逆呼吸性不整脈モデル、心拍数は変化せず呼吸に対応した心拍変動が生じない対照モデルを比較したところ、対照モデルに比して呼吸性不整脈モデルでは生理的死腔率（一回換気量の中でガス交換に利用されない部分の割合）が10%低下し、さらに肺内シャント率（肺において酸素化されずに体循環に入る血液の割合）が51%低下した。反対に、逆呼吸性不整脈モデルでは、それぞれ生理的死腔率が14%、肺内シャント率が64%増大した。これらの事実は明らかに呼吸性不整脈が肺のガス交換効率を改善する役割を担っていることを示している。このような事実に加え、RSA は睡眠やリラクゼーションにおいて増加し (Bonnet & Arand, 1997; Sakakibara, Takeuchi, & Hayano, 1994), ストレスや運動状態において減少することから (榎原, 1992; Hayano, Taylor, Mukai, Okada, Watanabe, Takata et al., 1994), Hayano & Yasuma (2003) は安静時の呼吸性不整脈は心肺系における能動的な休息機能であると主張している。安静時または睡眠中は酸素需要が低下するので、生体機能は呼吸数と心拍数を減らしてエネルギー消費を抑える方向へ向かう。この際、呼吸性不整脈は吸気によって肺胞気量が増加するとき心拍数を上昇させることで（肺血流を増加させることで）、ガス交換を効率化させている。一方、呼気相では、ガス交換に寄与しない不必要な心拍を減らすことで能動的にエネルギーの消費を節約することができる。このような特徴は安静時においてそのメリットが発揮され、特に睡眠中の呼吸性不整脈の程度は心肺系の休息機能の指標になると考えられている。

ところで、ストレスは睡眠中の心肺系休息機能を低下させることが示唆されている。Hall, Vasko, Buysse, Ombao, Chen, Cashmere et al. (2004) は実験的なストレスに対して心拍変動 HF 成分のパワーが睡眠中において減少したことを報告している。彼らは終夜睡眠ポリグラフ研究の中で実験参加者に対し起床時にスピーチ課題を求める旨を告げたところ、睡眠中の REM および NREM の両期間で HF 成分のパワーが減少し、このような一過性の実験的ストレスが睡眠中の回復機能を低下させることを示唆した。さらに、Sakakibara, Kanematsu, Yasuma, & Hayano (2008) は日常生活の

ストレスが睡眠中の HF 成分に及ぼす影響を検討した。彼らは健常大学生を実験参加者として、期末試験の1週間前、試験前夜、試験初日の夜間において、就寝直前の状態不安と睡眠中の脈拍データを実験参加者の自宅にて測定した。その結果、状態不安得点は期末試験1週前に比較して試験前夜で著しく増加し、この際、(試験前夜の)睡眠中の HF 成分の振幅が有意に減少した。このような事実から、日常的なストレス状態において特に“予期的な不安が心肺系休息機能を低下させること”が示唆されている。

睡眠中の休息（回復）機能はこのように実験的・日常的ストレスによって阻害される可能性があるため、就寝前の状態不安のあり方が休息機能の維持にとって重要な要因の一つとなり得るかもしれない。ここで状態不安とは、時間経過に伴って変化する一過性の情動状態であり、意識された緊張や憂慮の感情を表し自律神経系の賦活によって特徴づけられると定義されている (岸本・寺崎, 1986)。したがって、就寝時の状態不安は当日の出来事の影響や翌日のイベントへの予期など比較的直近の時間経過における総和的なストレス反応を反映していると考えられる。Hall et al. (2004) や Sakakibara et al. (2008) の知見はストレスイベント (翌日のスピーチや期末試験) を捉えたものであったが、さらに日常のさまざまな出来事の中で生じる (イベントを特定しない) 不安と睡眠中の HRV との関連について検討した研究はみあたらない。本研究は就寝前の状態不安レベルと休息機能の関係を検討するために、睡眠中の心拍変動を分析することを目的とした。なお、Sakakibara et al. (2008) と同様に脈拍間隔データから分析した HF 成分を RSA の代替測度として利用した。

方法

本研究は東海学園大学研究倫理委員会 (No.23-1) および愛知学院大学研究倫理委員会 (No.13-03) の承認を得て実施された。

実験参加者 健常な男女大学生78名が実験に参加した (男性32名, 女性46名)。平均年齢は22.6歳 (SD = 3.9) ですべて非喫煙者である。実験参加者には実験の目的を説明し、研究への協力に同意した者を参加者とした。なお、実験の中断は可能であり、そのことによる不利益は生じないことを口頭で伝えた。これらの説明の後、参加者から同意書へのサインを求めた。

手続き 参加者には4～5日間に渡る睡眠中の脈拍

測定を行い、第1日目夜間は試験的な測定とし、第2日目夜間はベースラインとして測定した。第3日以降の測定については、他の研究目的のため、日常的なストレス状況のデータとして検討に用いたり、リラクゼーション課題の効果を検討するためのデータとして用いた。脈波測定に関わる手続きは参加者の自宅(自室)にて実施した。本研究は、上述したように、就寝前の心理的ストレスをSTAIで評価しこれと休息機能との関係を検討する目的のため、第1日目の測定事態への緊張 (first night effect: Agnew, Webb, & Williams, 1966) をなるべく少なくするため、第2日目の睡眠中の脈拍データを分析の対象とした。参加者には就寝直前にSTAI(岸本・寺崎, 1986)に記入するよう求めた。なお、このような測定にあたり、参加者には24時間前からアルコール飲料を摂取しないように、さらに、測定当日の午後からは激しい運動やカフェインを含む飲料を控えるよう指示した。

脈波の測定には光電式脈波モニターシステム(Prototype C, デンソー)を使用した。参加者は就寝前(および就寝中)に左手首や上方の位置に腕時計型脈波センサを装着した。センサは発光ダイオードによって緑色光を皮膚面に対して放ち、その反射光を捉えるようになっている。なお、この発光によって熱を発生しないことが確かめられており、これによる不調を訴える者はいなかった。センサユニットは連続的に脈波信号をデジタル化しメモリに貯える機能を備え、72時間以上駆動するよう設計されている。参加者には念のため毎起床時にセンサを受け台に乗せ充電するよう指示した。受け台はセンサに記録された脈波データをパーソナルコンピュータへ転送する機能を備えている。なお、以上のシステムの詳細はHayano, Barros, Kamiya, Ohte, & Yasuma (2005)による。

脈拍変動の分析 脈拍とその変動はpulse frequency demodulation (PFDM) のアルゴリズムによって計算された。この目的のため、FORTRAN 95 (Salford Software Ltd, Old Trafford, Manchester, UK) によって開発されたソフトウェアを用いた。PFDMの原理と実際についてはHayano et al. (2005)によって報告されているが、これは脈波信号から瞬時の脈拍を復調する方法である。Hayano et al. (2005)は、1) PFDMによって評価された1分間あたりの脈拍は標準的な心電図測定から得られた脈拍と高い相関を示すこと、2) 就寝中の脈拍変動の低周波 (low frequency: LF) 成分のパワーおよび高周波 (high frequency: HF) 成分のパワーは心拍変動のそれらと近似したパターンを示すこと、3)

就寝中の脈拍のLFおよびHF成分のパワーの平均値は心電図測定による心拍変動から得られた平均値と高い相関を示すことを報告している。したがって、これらの知見は、少なくとも就寝中の脈拍変動の分析は心拍変動の代替的な測度として利用できることを示している。

本研究では、PFDMを使って瞬時脈拍を500ms毎に出力した。心拍リズム異常(期外収縮・心ブロック)や脈拍変動のノイズを避ける目的で、20秒間の移動平均のレベルから12%を超えるような異常な脈拍間隔データを除外した。脈拍変動の周波数とパワーについて、0.04–0.15Hz帯域をLF成分とし、0.15–0.45Hz帯域をHF成分とした。データの分析については5分間の脈拍間隔データにハニング窓を施して連続的に高速フーリエ変換を実施した。この際、妥当なデータが80%に満たない場合はそのデータ区間は分析から除外した。また、分析区間中にデータ欠損があった場合は当該箇所を水平補間した。窓関数の適用によって減衰した変動を補正した後、パワースペクトル密度は各帯域を積分して求めた。各帯域の周波数はパワーを基準とした平均値として評価した。

脈拍数、LF成分パワー、HF成分パワー、LF/HF比はデータ区間(就寝時間)を通して平均した。ここで得られたHFパワーの平均値を心肺系休息機能の指標として用いた(Hayano et al., 2005; Sakakibara et al., 2008)。また、先行研究に基づいてLF/HF比を自律神経バランス(交感神経優位性)の指標とした(Pagani et al., 1986)。

統計分析 本研究では全体のデータの特徴に加え、参考のため、男女の平均値(および標準偏差)についても示した。この際、男女差の検定にはt検定を用いた。また、就寝時状態不安得点と睡眠中の心拍変動各指標との関係を検討するために、ピアソンの積率相関係数を用いた。

結果

6名のデータについては、測定不備(男性2名、女性3名)および睡眠時間の著しい差異(女性1名)があったため分析から除外した。はじめに、全体(および男女)のデータの統計的特徴を示すために、Table 1に睡眠時間、心拍変動指標(時間領域・周波数領域)、不安得点の平均値(±標準偏差)を示した。

平均睡眠時間に男女の差は認められなかった。Table 1に示されるように、心拍変動の時間領域の指

Table 1. Demographic Characteristics of participants

	male (N=31)	female (N=41)	all (N=72)
Total Sleep Time (hr)	6.3±1.3	6.8±1.3	6.6±1.3
MeanNN (ms)	1102.4±16.2	1019.4±116.5*	1055.1±122.8
SDNN (ms)	115.8±25.6	94.8±19.4**	103.8±24.0
Totalpower (ms ²)	12068.7±4722.1	8398.8±3949.3**	9978.9±4643.0
VLFpower (ms ²)	3794.2±1876.5	2526.8±1298.8*	3072.5±1684.5
LFpower (ms ²)	2680.6±1257.8	2208.5±1169.5	2411.8±1222.5
HFpower (ms ²)	1474.1±804.6	1260.4±783.9	1352.4±794.4
LF/HF	1.467±0.523	1.239±0.529 †	1.337±0.535
VLFfrequency (Hz)	0.017±0.001	0.018±0.001*	0.018±0.001
LFfrequency (Hz)	0.076±0.017	0.075±0.003	0.076±0.003
HFfrequency (Hz)	0.255±0.017	0.268±0.018*	0.263±0.019
STAI	39.7±8.3	40±8.3	39.9±8.3

Values represent the mean ± 1 SD

† $p < .1$ * $p < .01$ ** $p < .001$

標は MeanNN (平均脈拍間隔) と SDNN (脈拍間隔の標準偏差) において男性が女性に比して大きな値を示した (MeanNN: $t=2.999$, $p < .01$; SDNN: $t=3.965$, $p < .01$).

周波数領域の指標のうち, Total power と VLF (very low frequency) power は男性が女性に比して有意に大きかった (Total power: $t=3.588$, $p < .001$; VLF power: $t=3.39$, $p < .01$). LF power および HF power について両者に有意差はみられなかった. LF/HF 比は男性の値が女性に比して大きく, これについて傾向差がみられた ($t=1.82$, $p < .1$). また, VLF と HF の frequency (周波数) は男性が有意に低く (VLF: $t=-2.996$, $p < .01$; HF: $t=-3.101$, $p < .01$), これらの成分の変動が女性に比較して緩徐であることが示された. 状態不安得点について男女の差はみられなかった.

次に, 就寝前の状態不安得点と上記の心拍変動指標との相関係数を検討したところ, HF power について有意な負の相関が認められ ($r=-.246$, $p < .05$), LF/HF 比についても有意な正の相関がみられた ($r=.305$, $p < .05$). Figure 1 は状態不安得点と HF power の関係を示したものである. 状態不安得点が高い者では HF power が低い傾向にあり, 反対に状態不安得点が高い場合は HF power はより大きくなる傾向がうかがわれた. 次に, Figure 2 は状態不安得点と LF/HF 比の関係を表している. 図より状態不安が高くなるにしたがって LF/HF 比は大きくなる様子がうかがわれた.

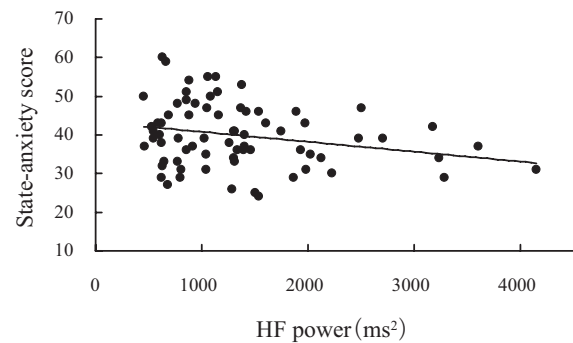


Figure 1. Correlation between state-anxiety score and HF power

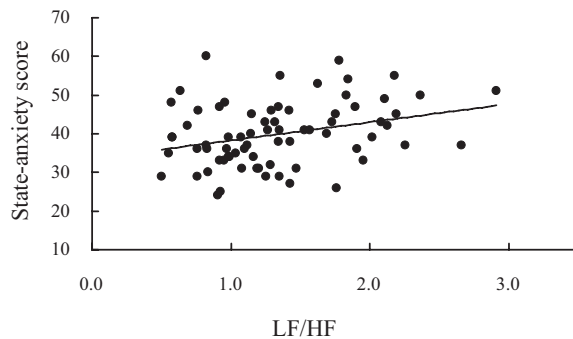


Figure 2. Correlation between state-anxiety score and LF/HF

考 察

本研究は就寝時の状態不安得点と心肺系休息機能の

関係を検討する目的で、睡眠中の心拍変動を分析した。はじめに得られたデータの統計的特徴から性差を検討したところ、男性の脈拍数レベル (MeanNN) は女性に比べてやや低かった。また、脈拍間隔の標準偏差 (SDNN) は男性で大きく心拍の変動性は女性に比して大きかった。周波数領域の指標では Total power と VLF (very low frequency) power が男性で大きかった。LF power や HF power について男女差はみられなかったことから、男性で心拍の変動が大きかった結果 (SDNN および Total power) については、より低周波の変動が寄与していたためではないかと考えられた。また、LF/HF 比については男性は女性に比して多くなる傾向がうかがわれた。

次に、就寝前の状態不安得点と上記の心拍変動指標との相関係数を検討したところ、HF power について負の相関が認められたことから、就寝時の状態不安が低い者では睡眠中の HF power はより大きくなることが示唆された。しかしながら、Fig.1 からわかるように HF power の値が小さい場合でも状態不安が低いケースが散見され、就寝時の HF power (心肺系休息機能) に影響する他の要因の可能性についてさらに検討しなければならない。一方、LF/HF 比について有意な正の相関がみられ、就寝時の状態不安が高い者はこの値が大きくなることが示唆された。この結果は状態不安が低いものでは相対的に HF 成分が大きく (LF 成分が小さく)、一方で状態不安が高いと HF 成分が小さく (LF 成分が大きくなる) ことを示している。このように就寝時の状態不安と睡眠中の心拍変動についての関係性がみられたが、HF power および LF/HF 比ともに相関の程度はごく小さく、今後さらに詳しく検討していく必要がある。

不安と心拍変動の関係についてこれまでいくつかの知見が報告されている。Watkins, Grossman, Krishnan, & Sherwood (1998) は不安と心臓迷走神経活動との関係を検討するために、25歳～44歳までの健常者93名における特性不安と圧反射性心拍調節、RSA を測定した。その結果、特性不安の高い群は低い群に比べて圧反射性心拍調節および RSA が有意に低下し、さらに特性不安の得点はこれらの指標と有意な負の相関係数を示した。50歳～70歳のうつ病患者56名においても、状態不安の高い者では圧反射性心拍調節の程度が不安の低い者に比して有意に低いレベルにあった (Watkins, Grossman, Krishnan, & Blumenthal, 1999)。一方、Yang, Tsai, Yang, Kuo, Chen, Hong (2011) は投薬治療を受けていないうつ病患者および不眠を訴える者99名につい

て睡眠中の心拍変動を分析したところ、いずれの参加者においても迷走神経性の心拍変動成分が有意に低下したことを報告した。これらの結果は“不安”またはそれに関わる状態が覚醒時と睡眠中の心臓迷走神経活動の低下に関連していることを示唆している。本研究の結果において、状態不安得点と HF power との負の相関は、これらの結果に一貫し、就寝時の“不安状態”が睡眠中の休息機能を阻害する可能性のあることを示唆している。また、状態不安得点と LF/HF 比は正の相関を示した。このことは、就寝時により不安の高い者は睡眠中の HF power が減少し相対的に LF power が増加する傾向のあることを示している。今後、不安と睡眠中の LF power の変化について詳しく検討していくことが必要であろう。

Dew, Hoch, Buysse, Monk, Begley, Houck et al. (2003) は60～80歳の185名において睡眠脳波指標と死亡率 (all-cause mortality) の関係を検討し、睡眠潜時が30分を超える者では死亡リスクが2.14倍なることを報告した。彼らは高齢者における入眠や睡眠の維持、睡眠の質をいかに改善するかが重要な課題であることを示唆している。前述の Hall et al. (2004), Sakakibara et al. (2008) の結果や Yang et al. (2011) の検討も含め、就寝時の不安や入眠障害は睡眠中の回復機能を阻害する可能性があり、就寝前の状態不安のあり方が休息機能の維持にとって重要な要因の一つとなり得る。Sakakibara, Hayano, Oikawa, Katsamanis, Lehrer (2013) は就寝前のリラクゼーション訓練が状態不安を低減し睡眠中の HF 成分を増加させることを報告している。今後、このような介入的な検討と併行して、就寝時の不安と睡眠中の心拍変動の振る舞いについてさらに検討を深めていく必要がある。

付 記

本研究の一部は平成24～25年度科学研究費 (No. 24653201) および平成24年度心身科学研究所研究助成を受けた。

引用文献

- Agnew, HW Jr, Webb, WB, & Williams, RL. (1966). The first night effect: an EEG study of sleep. *Psychophysiology*, 2, 263–266.
- Berntson GG, Bigger JT Jr, Eckberg DL, Grossman P, Kaufmann PG, Malik M. et al. (1997). Heart rate variability: origins, methods, and interpretive caveats. *Psychophysiology*, 34, 623–648.
- Bonnet MH & Arand DL. (1997). Heart rate variability: sleep stage, time of night, and arousal influences. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 102, 390–396.
- Dew MA, Hoch CC, Buysse DJ, Monk TH, Begley AE, Houck PR. et

- al. (2003). Healthy older adults' sleep predicts all-cause mortality at 4 to 19 years of follow-up. *Psychosomatic Medicine*, 65, 63–73.
- Goldberger JJ, Ahmed MW, Parker MA & Kadish AH. (1994). Dissociation of heart rate variability from parasympathetic tone. *American Journal of Physiology: Heart and Circulatory Physiology*, 266, H2152–2157.
- Grossman P, Karemaker J & Wieling W. (1991). Prediction of tonic parasympathetic cardiac control using respiratory sinus arrhythmia: the need for respiratory control. *Psychophysiology*, 28, 201–216.
- Hall M, Vasko R, Buysse D, Ombao H, Chen Q, Cashmere JD. et al. (2004). Acute stress affects heart rate variability during sleep. *Psychosomatic Medicine*, 66, 56–62.
- 早野順一郎 (2003). 呼吸性洞性不整脈はなぜ心臓迷走神経活動と関連するのか? 循環制御, 24, 195–201.
- Hayano J, Barros AK, Kamiya A, Ohte N, & Yasuma F. (2005). Assessment of pulse rate variability by the method of pulse frequency demodulation. *Biomedical Engineering Online*, 4, 62.
- Hayano J, Sakakibara Y, Yamada A, Yamada M, Mukai S, Fujinami T. et al. (1991). Accuracy of assessment of cardiac vagal tone by heart rate variability in normal subjects. *American Journal of Cardiology*, 67, 199–204.
- Hayano J, Taylor JA, Mukai S, Okada A, Watanabe Y, Takata K. et al. (1994). Assessment of frequency shifts in R-R interval variability and respiration with complex demodulation. *Journal of applied physiology*, 77, 2879–2888.
- Hayano J & Yasuma F. (2003). Hypothesis: respiratory sinus arrhythmia is an intrinsic resting function of cardiopulmonary system. *Cardiovascular Research*, 58, 1–9.
- Hayano J, Yasuma F, Okada A, Mukai S & Fujinami T. (1996). Respiratory sinus arrhythmia. A phenomenon improving pulmonary gas exchange and circulatory efficiency. *Circulation* 94, 842–847.
- 岸本陽一・寺崎正治 (1986). 日本語版 State-trait anxiety inventory (STAI) の作成. 近畿大学教養部研究紀要, 17, 1–14.
- Pagani M, Lombardi F, Guzzetti S, Rimoldi O, Furlan R, Pizzinelli P. et al. (1986). Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympatho-vagal interaction in man and conscious dog. *Circulation Research*, 59, 178–193.
- Pomeranz B, Macaulay RJB, Caudill MA, Kutz I, Adam D, Gordon D. et al. (1985). Assessment of autonomic function in humans by heart rate spectral analysis. *American Journal of Physiology: Heart and Circulatory Physiology*, 248, H151–H153.
- 榊原雅人 (1992). 心拍変動スペクトル分析による自律神経機能の評価—鏡映描写課題における検討— 心理学研究, 63, 123–127.
- Sakakibara M, Hayano J, Oikawa LO, Katsamanis M, & Lehrer P. (2013). Heart rate variability biofeedback improves cardiorespiratory resting function during sleep. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 38, 265–271.
- Sakakibara M, Kanematsu T, Yasuma F & Hayano J. (2008). Impact of real-world stress on cardiorespiratory resting function during sleep in daily life. *Psychophysiology*, 45, 667–670.
- Sakakibara M, Takeuchi S, & Hayano J. (1994). Effect of relaxation training on cardiac parasympathetic tone. *Psychophysiology*, 26, 140–147.
- Thayer JF, Ahs F, Fredrikson M, Sollers JJ 3rd, & Wager TD. (2012). A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: implications for heart rate variability as a marker of stress and health. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 36, 747–756.
- Watkins LL, Grossman P, Krishnan R, & Sherwood A. (1998). Anxiety and vagal control of heart rate. *Psychosomatic Medicine*, 60, 498–502.
- Watkins LL, Grossman P, Krishnan R, & Blumenthal JA. (1999). Anxiety reduces baroreflex cardiac control in older adults with major depression. *Psychosomatic Medicine*, 61, 334–340.
- Yang AC, Tsai SJ, Yang CH, Kuo CH, Chen TJ, & Hong CJ. (2011). Reduced physiologic complexity is associated with poor sleep in patients with major depression and primary insomnia. *Journal of Affective Disorders*, 131, 179–185.
- Yasuma F & Hayano J. (2001). Augmentation of respiratory sinus arrhythmia in response to progressive hypercapnia in conscious dogs. *American Journal of Physiology: Heart and Circulatory Physiology*, 280, H2336–2341.

(最終版平成 26 年 1 月 10 日受理)

Association of State-anxiety before Bedtime with Cardiorespiratory Resting Function during Sleep

Masahito SAKAKIBARA, Junichiro HAYANO

Abstract

This study examined whether state-anxiety before bedtime is associated with cardiorespiratory resting function during sleep. Seventy-eight non-smoking young adults (32 males and 46 females), with a mean age of 22.6 years ($SD=3.9$), participated in this study. After state-anxiety before bedtime was measured using the Spielberger State-Trait Anxiety Inventory (STAI) at their own residences, pulse wave signal during sleep was measured continuously with a wristband-shaped wireless transdermal photoelectric sensor. The cardiorespiratory resting function was assessed quantitatively as the power of high-frequency (HF) component of pulse rate variability, a surrogate measure of the magnitude of respiratory sinus arrhythmia. We also calculated the power of low-frequency (LF) component for evaluating the LF-to-HF ratio. State-anxiety scores were negatively correlated with HF powers ($r=-.246$, $p<.05$), and the LF-to-HF ratios ($r=.305$, $p<.05$). These findings suggest that levels of state-anxiety before bedtime may be an important factor for impairing cardiorespiratory resting function during sleep.

Keywords: state anxiety, sleep, heart rate variability, cardiorespiratory resting function, autonomic function