

原 著

Bispectral Index (BIS) による自然下における睡眠評価の有用性について

松成 裕子¹⁾, 伊東 朋子²⁾, 品川 佳満²⁾小林 敏生¹⁾, 藤井 宝恵¹⁾, 宮腰由紀子¹⁾¹⁾ 広島大学大学院保健学研究科²⁾ 大分県立看護科学大学

(平成16年12月6日受付)

要旨：睡眠は生体の疲労回復・健康維持に重要な役割を果たしている。睡眠は切実な問題であり、看護者は睡眠環境を整え支援する必要がある。近年、催眠・鎮静レベルの指標として開発された測定器具 Bispectral Index (以下 BIS と記す) を用いた実験が増えている。本研究では開発された BIS を用いて、女子大学生5名の自然下における睡眠状態の評価について、生理学的パラメーター（血圧、心電図、脈拍、R-R 間隔）との整合性、関連性を検討した。睡眠の深さを測定する指標として脳波計とは異なる身体侵襲性のない測定器具を用いて、睡眠そのものを障害することなく自然睡眠を測定できた。その結果、レム睡眠期およびノンレム睡眠期における生理学的パラメーターの値に違いが認められ、睡眠脳波測定の後継として BIS モニタの応用が可能性である。看護における睡眠研究への応用が可能であることが認められた。

(日職災医誌, 53: 97—105, 2005)

—キーワード—

睡眠, BIS

I. 緒 言

近年の睡眠環境の劣悪化、社会的環境の変化から、睡眠障害に悩まされている者が多くなり、また、睡眠時無呼吸症候群 (Sleep Apnea Syndrome) などは勤労者にとっては切実な問題であり、大きな社会問題となっている。睡眠は疲労回復・健康維持に重要な役割を果たし、その機能や効果についての解明が続けられている。また、快適な睡眠を得るには環境に左右される事が多く、どのような環境要因が関わるのか解明の待たれるところである。このような睡眠環境と睡眠状態の関連について、実験を行うにあたって、睡眠の生理学的測定法として一般に用いられている睡眠ポリグラフ検査は¹⁾、装置が大がかりであり、測定することで睡眠そのものを障害することが起こる。また、脳波の判読にも熟練した技術と知識が必要であるために簡便に実施することは困難である。このようなことから、これまで BIS モニタ (Bispectral Index モニタ 日本光電工業株式会社, A-2000, 以下 BIS と略記する) を使って、睡眠を障害することなく、睡眠環境要因を操作し、被験者の睡眠状態の把握を試みしてきた。この BIS は臨床的にも信頼性が高い測定システ

ム^{2)~4)}であり、健常者に行った先行研究^{5)~7)}において BIS が自然睡眠時に睡眠の深さに従って大きく変動することが示唆されている。しかし、自然下における睡眠状態の観察についての BIS の使用は、今だ社会的認知が浅狭である。そこで、今回、その有用性と整合性を検討するために、文献検索から BIS 使用における現状と問題点を把握し、生理学的パラメータとの併用によって実証研究を行った。そして、それらの結果から、自然下における睡眠状態の把握に BIS の活用ができると示されたので、報告する。

II. BIS について

1. BIS の歴史と変遷

BIS は米国アスペクト社の登録商標であり、BIS 算出アルゴリズムについては企業秘密とされているが、麻酔薬の脳への作用モニターとしての使用が1996年に合衆国 FDA から認可されている。この BIS 値は、計測した脳波をデジタル化し、アーチファクト (心電図、眼球運動など) 除去を行い、分析した上で脳波の諸指標の割合からサブパラメータとし、さらに既存の症例から催眠・鎮静レベルのスコアリングによる重み付け等により算出するものである⁸⁾。本来、麻酔深度評価の指標として実用化されているものであり、特にプロポフォールの麻酔

深度指標という認識が広くあり、プロポフォールの濃度がBISに与える影響やさらには吸入麻酔薬における有用性について議論され、その多くは麻酔領域におけるBISが有用ではない患者の存在や麻酔中の深度予測におけるBISの有用性や限界が論じられている。そして、それは、解析手法の詳細に一部が非公開とされているところや、過去の麻酔中脳波のデータベースを利用して処理がなされていることから、これまでに使用されてきていない麻酔薬使用中の深度予測に限界があるのは当然のことであり、患者の身体的機能の差異など一定にできない因子が多数存在するからであろう。

ここではBISの有用性や限界についての議論は、1998年Rampilのレビュー⁹⁾、1998年松木らの著書⁵⁾、1999年鎮西ほかの文献⁸⁾、2001年尾崎¹⁰⁾、萩平¹¹⁾、長田¹²⁾の文献に詳細されていることに譲る。しかし、このような賛否の議論が続くなかでも、BISは改良され、他の用途へもなされるとし、高橋ら^{13) 14)}の実験ではBIS値は自然睡眠時にも睡眠の深さに従って変動することが示されている。

そこで、今回、自然下における睡眠状態の観察¹⁵⁾におけるBISの有用性を検討することにする。特に国内の自然下における睡眠中のBISについては、文献検索の結果、筆者らの他には、以下の文献がみられる。「照明が睡眠に及ぼす影響—BISを用いた検討—」¹⁶⁾については、5～40ルクスの照明の変化では、BISに影響はあたえなかったとの報告がある。「BISを使った睡眠の評価」¹⁷⁾については、患者の主観的睡眠感と看護師の観察評価が一致したとの報告がある。「当直医の睡眠中のBIS値変化」¹⁸⁾については、BISによって得られる情報、SEF (95 spectral edge frequency)、MF (median frequency)、TP (total power) の同時測定から、BIS値の変化と一致して変化し、睡眠の簡単な監視装置になるとの報告がある。「BIS (Bispectral Index) モニターによる術後患者の睡眠評価」¹⁹⁾については、睡眠の質とBISが一致しない症例があるとの報告がある。「生理的睡眠パターンを考慮した音楽の活用方法；BISによる評価を試みて」²⁰⁾については、BISを用いることで、意識障害患者の睡眠と覚醒状態の把握が可能であるとの報告がある。また、前出の「自然睡眠評価における催眠深度測定指標 (BIS) の有効性の検討—健康成人を対象として—」⁷⁾、「催眠深度測定指標 (BIS) を用いての夜間入浴の睡眠への効果の検討—老人保健施設入居者を対象として—」⁶⁾については、看護ケアの評価としてBISが有効性との報告である。しかし、いずれも短報、会議録に属していて原著論文としての社会的コンセンサスを得ていない状況にある。

2. BISと得られる情報

さまざまな用途に用いられているBISは、そもそもは麻酔中の患者における催眠レベルの指標を得るために開

発された医療器具⁹⁾であり、術中覚醒防止や麻酔薬使用量を必要最小限に調節する目的で使用されている^{21) 22)}。従来は、国際脳波学会連合標準電極配置法 (10-20電極配置法) で示されているFp_z、Fp₂、F₇、F₈の位置に「Ziprep」を貼用するように指示され、誘導していた。現在は、専用のBISモニタセンサー「電極」を用いて、Fp_z、Fp₂の位置に貼用し、誘導している。また、BIS値は、これまでの脳波モニタに比べて、高周波 γ 波 (31～47Hz) の出す力と、その同期性を捉えていることが知られている。そして、この計測した脳波をBispectral Analysisする確率統計学的手法にもとづく解析方法で数値化してある、そのため、必ずしも真の値を示すとは限らない¹¹⁾などの問題も指摘されているが、現在では意識状態の評価を科学的に解明する手段としては優れている¹²⁾とされている。このBISによって得られる情報には、BIS index (完全覚醒時の100から平坦脳波の0までの連続した数値で表される)、前額部の筋電図 (70～110Hzのシグナルの絶対値 (dB)、以下筋電図データと略記する)、リアルタイムの脳波、脳波中の平坦脳波の割合を示すSR (suppression ratio)、良好な脳波シグナルの割合であるSQI (signal quality index)、Power Spectral Analysisによって計算されたCSA (compressed spectral array) およびSEF (95 spectral edge frequency)、その他にDSA (density modulated spectral array)、MF (median frequency) が測定されている。また、瞬時のBIS値が表示されるのではなく、現時点の5秒前のBIS値が得られる。そして、5秒ごとにBIS値が測定されていく経時データである。睡眠段階の客観的指標として数値での表示は誰にでもわかりやすく睡眠状態を0～100の数字で把握することができる。0は脳波抑制の状態であり、100が覚醒状態を示している。

以上のことから、測定結果はより平常の睡眠状態を捉え、催眠・鎮静レベルを表わす指標と推察できる。

3. BISの問題点

BIS解析手法の詳細について一部が非公開とされているところ、用いられている解析方法がBispectral Analysisであり難解であること、さらには、今までに認知されてこなかった γ 波を測定していること、自発脳波のみを解析している²³⁾ことに問題等があると考えられる。

しかし、計算方法を理解するのに難解であるが、Bispectral AnalysisおよびPower Spectral Analysisによって解析されていることは優れている点でもある。これまでの脳波の解析手法は、通常最もよく行われる方法としては、スペクトル解析がある。スペクトル解析とは波形を周波数によって分類し、それぞれの周波数成分のPower (振幅の2乗) の分布をみる解析方法である。しかし、Power Spectral Analysisでは、最も一般的に用いられる解析方法であるFourier解析によって、脳波をFourier変換して麻酔深度として評価する。一般に波動

は振幅と周期（周波数）および位相で表されるが、通常の波形解析では位相の情報は使用されず、その振幅の2乗であるPowerのみが情報として用いられているために、個々の波の成分の関係が全く無視されている。しかし、個々の波の成分の関係を加味した方法である、Bispectral Analysisでは位相の概念を取り入れ、波動の成分要素の間に存在する関係を情報として生かした方法¹¹⁾をとっている。すなわち、高周波 γ 波（31～47Hz）の出す力と、その同期性を捉えているところにある。また、Bispectral Analysisは、1個の観測から値を算出しているのではなく多くの観測から確率統計学的に算出する手法にもとづき数値化してある。

このようにBIS値は γ 波の出す力とその同期性を捉えている、このことは、近年 γ 波が注目され、 γ 波は言語を認知することによって出力されているとの報告²⁴⁾からも、期待の持たれるところである。

さて、自然下における睡眠状態の観察として、このBIS値と睡眠ポリグラフとの測定による整合性は、Jamesら¹⁵⁾高橋ら^{13) 14)}の実験や小林らによってなされている。そこで、今回、血圧、心電図、R-R間隔および前額部筋電図データ、これら諸指標の睡眠中の変動を同時に測定することで、BIS値との整合性、関連性を検討することを目的とする。

III. 研究方法

1. 対象およびその倫理的配慮

被験者には、A大学に在籍する21～23歳の健常女性の協力を得ることとした。

実験協力依頼にあたっては、口頭並びに文書、実物提示によって次の事項の説明を行った。(1) 実験の目的・方法の概要、(2) 測定方法は身体侵襲性が無く安全であること、(3) 夜間実験中の安全確保のため前室に実験者が待機していること、(4) 研究中断や協力拒否の申し出も保障されること。

説明後に、被験者から口頭による理解と参加協力の了承を得た上で、研究協力承諾書に署名を得た。

2. 実験条件

1) データ収集環境

(1) ベッド

ベッドは、エスティアシリーズベッド（パラマウントベッド株式会社、KA-P310）を使用し、ベッド上にベッドマットレス（パラマウントベッド株式会社、コンフォケアマットレス）を置き、マットレスパッド（綿100%）、シーツ（綿100%）で被った。そのほか、タオルケット（綿100%）、枕（中詰は高さ調節可能な小パイプ）、枕カバー（綿100%）を使用した。

(2) 室内環境

実験室は、2.89m × 7.34mの大きさで、屋内気候はエアー・コンディショナーを用いて各被験者の嗜好する快

適な温度（25度前後）に設定し、湿度50%前後に保持した。就寝時の照度は3ルクス以下に、騒音は通常時の50デシベル前後に保持した。

(3) 被験者

実験協力者の中から、年齢・体格条件などが近似な被験者を選択した。

実験日は、精神的な不安や緊張・苦痛・重労働・月経周期などの睡眠に影響をおよぼす因子がバイアスとならないように考慮して、被験者ごとに決定した。

2) 実験測定手順

(1) 測定時間

測定対象時間は、被験者から聴取した日常の過ごし方を検討して設定した。その結果、睡眠前の覚醒活動時間として午後8時～10時の2時間を、睡眠時間として午後10時～翌朝6時までの8時間をあてることとした。

(2) 測定器具と測定値

BISによるBIS値および前額部筋電図データの測定、すなわち、前額部筋電図とは表面筋電図波形に全波整流を行い絶対値化して得られる。携帯型自動血圧・心拍計（レコーダTM-2425、プロセッサTM2025-15；AND株式会社）による15分ごとの血圧値、1分間ごとに心電図波形のR波形をカウントした脈拍値を測定した。また、解析ソフトによるR-R間隔パワースpektral分析、自律神経機能評価解析結果を求めた。

(3) 測定期間の被験者の状態

被験者の行動制限については、身体的・精神的負荷を最小限とするために普段通りに過ごさう伝えただけは、特に指示しなかった。

実験当日は夕食・入浴等を被験者自身で済ませてから、午後7時45分に入室してもらい、BISセンサーPulsを前額部に装着し、モニタへ接続して8時から測定を開始した。

午後8時～午後10時の活動時間帯は自由に過ごしてもらい、午後10時～翌朝6時までの睡眠時間帯はベッド臥床と睡眠を依頼した。睡眠時間帯では実験による負荷を軽減するために、眠れない場合や途中覚醒時には無理に睡眠する必要はなく、睡眠は自然に任せて良いこととした。

なお、被験者の睡眠中の安全性・安楽性およびプライバシーを保護するために、実験室のある建物は夜間セキュリティ・システムが作動しているが、実験室は被験者が入室後に内部から施錠するとともに、実験者が前室に待機した。

3) 分析

(1) BIS値について

最初に各被験者のBIS値データを、経時的变化図（折れ線グラフ）で得てから、その図の視覚的な全体像を把握した後、次の3点について、分析・検討を行った。

①睡眠レベルの経過については、覚醒のレベル・第一

段階・第二段階・第三段階・第四段階と深い睡眠に達し、レム睡眠終了までを1周期²⁵⁾を参考にし、BIS値では40以下となったときを第三段階・第四段階である徐波睡眠期とし、その期間を特定する。そして、その期間のBIS値および前額部筋電図データとの変動について観察する。

②次に、20分間ごとの血圧値、1分間ごとの脈拍値（心電図波形のR波形をカウント、以下省略する）による睡眠中の変動を同時に測定することで、BIS値との整合性、関連性を確認する。すなわち、これらの諸指標（生理学的パラメータ、以下省略する）についてが、一般に言われている睡眠中に観られる変化、すなわち、Non-Rem睡眠期には副交感神経優位の反応、Rem睡眠期には交感神経と副交感神経の反応が優位つけがたい「自律神経系のあらし」と言われる反応に伴い、BIS値にもその変化が示されてか否かを確認する。

③さらに、BIS値および前額部筋電図から、Rem睡眠期とNon-Rem睡眠期と推定される区間において、R-R間隔周波数解析から、交感神経および副交感神経機能を表わす0.05Hz～0.15Hzの低周波数領域（LF、以下略記する）、副交感神経機能を表わす0.15Hz～0.40Hzの高周波数領域（HF、以下略記する）、交感神経機能をより純粋に表わすLF/HFの3つの指標を用いて、Rem睡眠期とNon-Rem睡眠期において、そのことを示す変化が観られるか確認する。

IV. 結 果

1. 被験者

被験者には、協力が得られたA大学に在学する女子学生の中から、上記条件に合致する21歳から23歳の女性5名を選択した。5名の特性は表1に示したとおりであった。

表1 対象者

	年齢	身長 cm	体重 kg
被験者 1	21	155	45
被験者 2	22	161	52
被験者 3	22	158	48
被験者 4	23	157	48
被験者 5	22	156	43

2. BIS 値および前額部筋電図データの変化と諸指標の変化

各被験者から得られたBIS値および前額部筋電図データの経時的变化と諸指標は表2、3に示す通りである。

また、各被験者ごとに前述した分析・検討の3点についての結果を述べる。

被験者1（図1、2）では、大熊らの第三段階・第四段階である徐波睡眠期と推定される、BIS値では40以下となった期間が3度あり、その期間は他の被験者に比べて長いことが確認される。このBIS値40以下の低い時期には、前額部筋電図データでは、変動幅が小さくなっている。そして、この後、前額部筋電図データは、変動幅の大きい、かつ値の高い、上下に変動する時期を観察する。この時期は、Rem睡眠期と推定され、BIS値でも値の高い、変動の激しい時期となる。一方、20分間ごとの血圧値、1分間ごとの脈拍値の変動については、BIS値40以下の徐波睡眠期では、血圧値は低下安定し、R波カウントによる1分間の脈拍値の低下安定が認められる。さらには、BIS値および前額部筋電図データから、Rem睡眠期とNon-Rem睡眠期と推定される区間の時刻には、R-R間隔周波数解析による心臓交感神経・副交感神経機能評価の結果では、Rem睡眠期には交感神経優位を示すLFの山型の変化、そして、Non-Rem睡眠期には、副交感神経優位を示すHFの山型の変化が出現している。

被験者2では、徐波睡眠期と推定される、BIS値40以下の期間が4度あるが、その期間は他の被験者1に比べて短いことが確認される。このBIS値の低い時期の前額部筋電図データでは、変動幅が小さくなり、その後には、変動幅の大きい、かつ値の高い、上下に変動する時期となる。この時期は、BIS値でも値の高い、変動の激しい

表2 BIS 値および前額部筋電図データ

	BIS	EMG
被験者 1	72.49 ± 21.80	33.94 ± 7.63
被験者 2	60.94 ± 16.3	33.74 ± 6.49
被験者 3	76.46 ± 16.52	36.66 ± 7.24
被験者 4	77.11 ± 14.38	34.83 ± 6.72
被験者 5	77.75 ± 20.80	42.37 ± 9.86

Mean ± S.D.

表3 生理学的パラメータ

	収縮期血圧 mmHg	拡張期血圧 mmHg	脈拍 /min	LF msec/sqr[Hz]	HF msec/sqr[Hz]	LF/HF Ratio
被験者 1	102 ± 19.90	59 ± 6.41	60 ± 10.30	55.68 ± 29.35	77.76 ± 19.42	0.73 ± 0.34
被験者 2	109 ± 8.40	69 ± 6.62	57 ± 8.74	47.58 ± 21.90	52.96 ± 12.58	0.92 ± 0.43
被験者 3	97 ± 5.84	59 ± 4.24	60 ± 11.44	47.01 ± 24.86	44.41 ± 7.11	1.06 ± 0.51
被験者 4	98 ± 6.03	63 ± 4.47	47 ± 6.06	39.87 ± 23.14	57.56 ± 21.91	0.80 ± 0.81
被験者 5	105 ± 9.76	63 ± 6.96	74 ± 12.82	40.75 ± 36.57	32.28 ± 28.15	0.98 ± 0.75

Mean ± S.D.

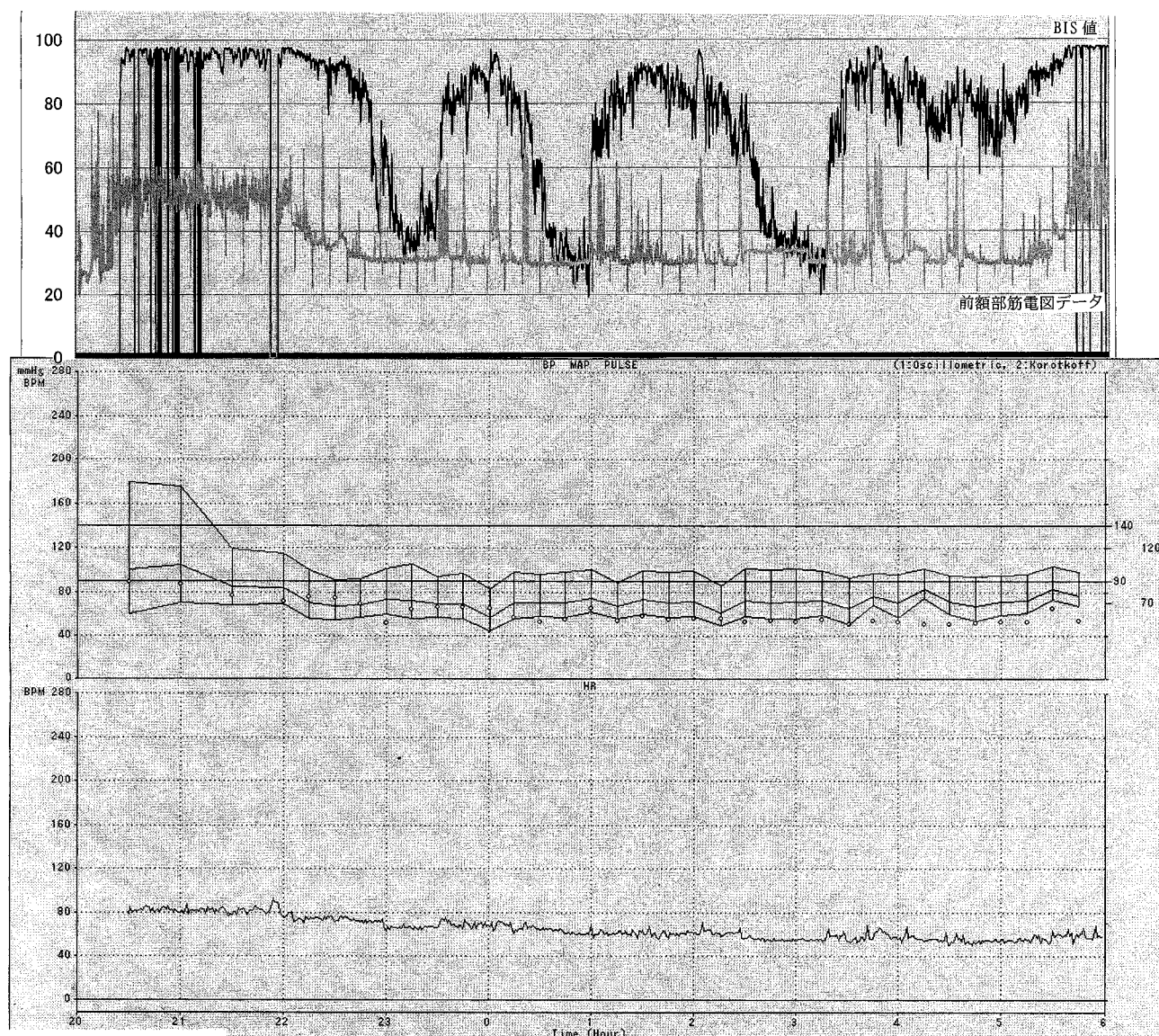


図1 被験者1のBIS値および前額部筋電図データと諸指標

時期となり、Rem睡眠期と推定される。20分間ごとの血圧値、1分間ごとの脈拍値の変動についても、BIS値での徐波睡眠期と推定される時期では、血圧値は低下安定し、R波形カウントによる1分間の脈拍値の低下安定が認められる。さらに、Rem睡眠期とNon-Rem睡眠期と推定される区間の時刻には、R-R間隔周波数解析の結果については、Rem睡眠期には交感神経優位を示すLFの山型の変化、そして、Non-Rem睡眠期には、副交感神経優位を示すHFの山型の変化が出現している。

被験者3では、徐波睡眠期と推定される、BIS値40以下の期間が2度しかなく、その期間も短いことが確認される。BIS値40以下の期間には、前額部筋電図データでは、変動幅が小さい時期がみられ、この後、変動幅の大きい、値の高い、上下に変動する時期として、Rem睡眠期と推定され、BIS値は高く、変動の激しい時期になる。この間の血圧値、脈拍の変動については、徐波睡

眠期では、血圧値は低下安定し、R波形カウントによる1分間の脈拍値の低下安定が認められる。Rem睡眠期とNon-Rem睡眠期と推定される区間の時刻には、Rem睡眠期には交感神経優位を示すLFの山型の変化、そして、Non-Rem睡眠期には、副交感神経優位を示すHF山型の変化が出現している。また、中途覚醒期には、前額部筋電図データには、値は高く、上下に変動し、交感神経優位を示す大きな山型が出現している。

被験者4 (図3, 4) では、徐波睡眠期とみられるBIS値60から40以下の期間が3度あるが、その期間のBIS値は他の被験者1に比べて高いことが確認される。この期間の前額部筋電図データでは、変動幅が小さい時期がみられ、この後、変動幅の大きい、値の高い、上下に変動する時期として、Rem睡眠期と推定され、BIS値は高く、変動の激しい時期になる。この間の血圧値、脈拍の変動については、徐波睡眠期では、血圧値は低下安定し、

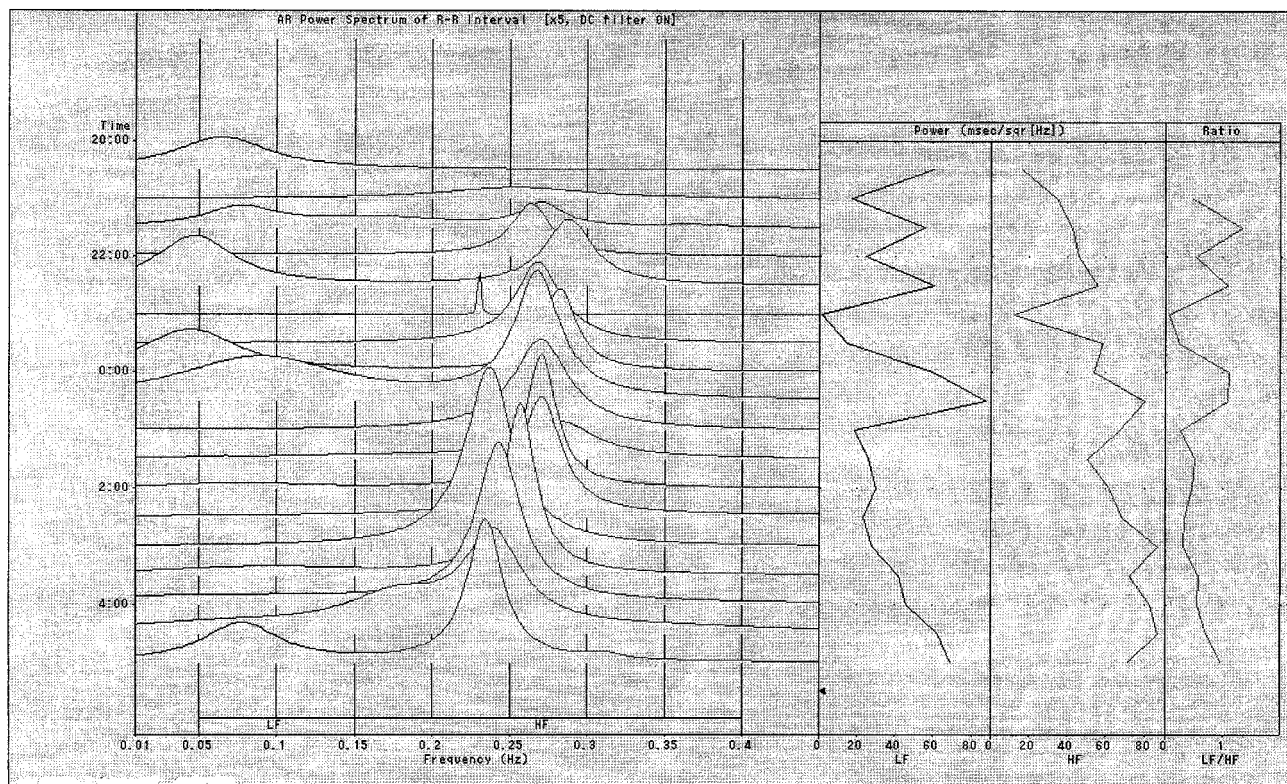


図2 被験者1のR-R間隔周波数解析による心臓交感神経・副交感神経機能評価

R波形カウントによる1分間の脈拍値の低下安定が認められる。R-R間隔周波数解析の結果には、Rem睡眠期には交感神経優位を示す山型の変化が3度、そして、Non-Rem睡眠期には、副交感神経優位を示す高い山型の変化が3度出現している。

被験者5では、徐波睡眠期とされるBIS値40以下の期間は1度であるが、他の期間はほとんど覚醒状況に近いことが確認できる。しかし、BIS値40以下の期間には、前額部筋電図では、変動幅が小さくなり、この後、変動幅の大きい、値の高い、上下に変動する時期として、Rem睡眠期と推定され、BIS値は高く、変動の激しい時期になる。この間の血圧値、脈拍の変動については、徐波睡眠期では、血圧値は低下安定し、R波形カウントによる1分間の脈拍値の低下安定が認められる。R-R間隔周波数解析の結果には、Rem睡眠期には交感神経優位を示す山型の変化が1度、Non-Rem睡眠期には、副交感神経優位を示す山型の変化が1度出現している。

V. 考 察

1. 被験者について

今回の実験にあたって、被験者の選定には限界があり、①研究主旨がBIS値からみた夜間睡眠経過の観察であること、②そのために睡眠に影響を及ぼす因子をできるだけ近似させる必要があること、③そのため、簡単にできるところで性差による違いを排除したこと、④実験期間

が深夜によるために被験者が確保しづらい、ということがあった。

今回は全体的な傾向を確認できたことから、次回はデータを数値化し、比較検討する。

また、被験者には睡眠に影響を及ぼす因子である環境条件を一定とし、生活環境の変化を来さないように、実験日の睡眠と日ごろの睡眠状態を近づけることを実験条件とし、身体的苦痛や不安、緊張による負荷やバイアスを軽減するように努めた。しかし、快適な睡眠の条件は個人の好みによるところも大きく、身体的・精神的負荷の条件を同一にできなかったことも否めない。この点についても今後検討を深めたい。

2. BIS値および前額部筋電図データの変化と諸指標の変化

今回使用した催眠・鎮静レベルの指標として開発された、測定システムBISと、それによって算出するBIS値とその解釈については、すでに詳述している。今回の被験者5名の測定値からも判るように、BIS値が周期的に変動し、睡眠状態を把握するには、臨床的にも信頼性のある測定システムであるといえる。

1) 被験者ごとの比較

各々の被験者ごとの睡眠状態については、被験者1では、第三段階・第四段階である徐波睡眠期と推定されるBIS値40以下の期間は長く、3度ある。被験者2では、BIS値40以下の期間は短いものの、4度ある。被験者3

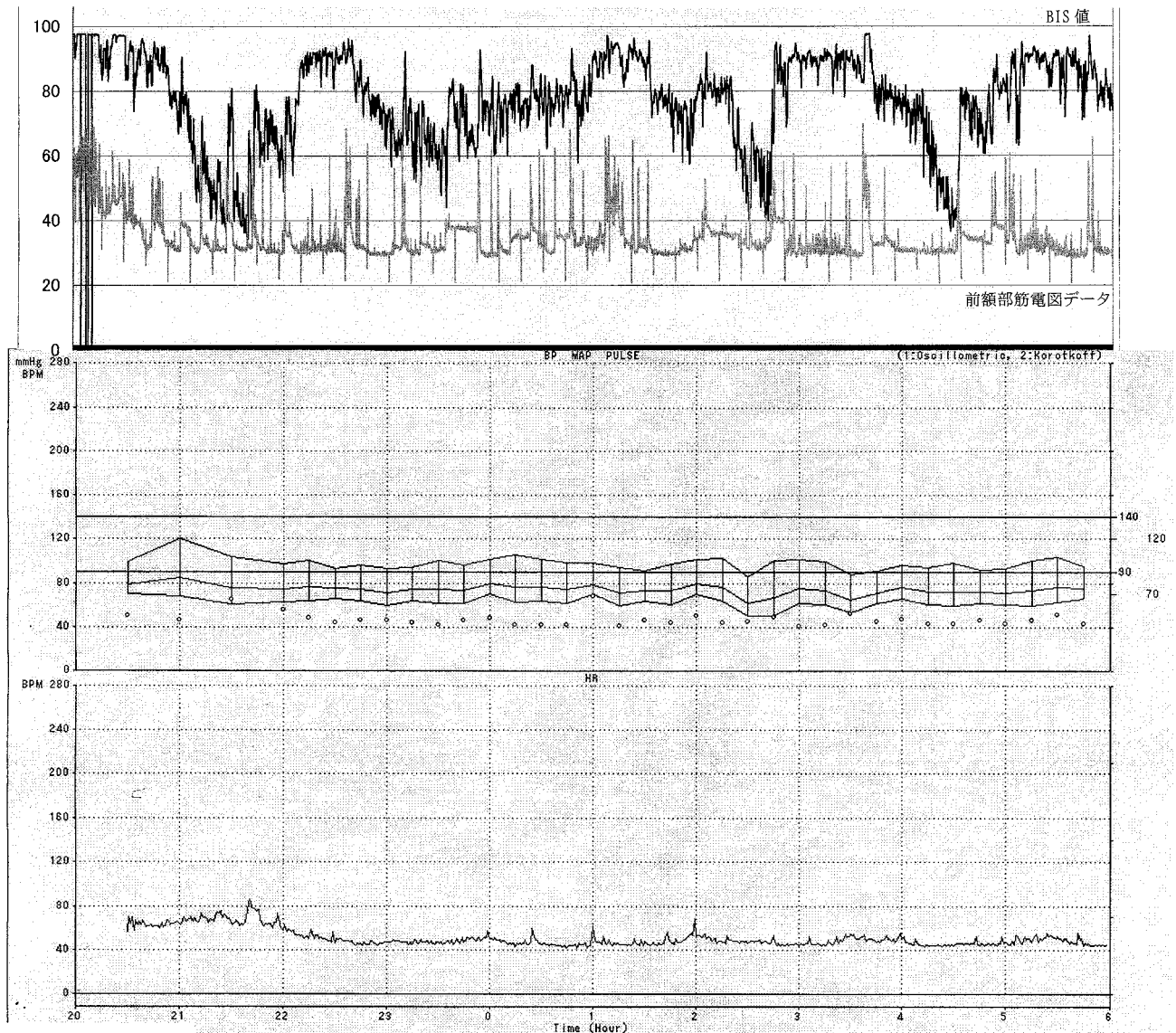


図3 被験者4のBIS値および前額部筋電図データと諸指標

では、BIS値40以下の期間は短く、しかも2度である。被験者4では、他の被験者に比べてBIS値60から40以下の値で推移し、その期間が3度ある。被験者5では、ほとんど眠れなかったと訴え、BIS値40以下の期間は1度である。今回、BIS値の経時的変化における被験者の睡眠状態はさまざまである。これまで、BIS値のみでは、Rem睡眠期の同定が困難であった⁵⁾が、前額部筋電図データとの観察によれば可能となることが判った。この前額部筋電図データとBIS値の同時の観察は、今回の試みであり、同時に観察することでNon-Rem睡眠期の徐波睡眠期には、前額部筋電図データの振幅幅が小さくなる新しい知見を得ることができた。Rem睡眠期には、前額部筋電図データの振幅幅の大きい、値の高い、上下に変動する時期として、推察できることが判った。

次に、BIS値が示したNon-Rem睡眠期の徐波睡眠期と推定される区間においては、血圧値の低下安定、脈拍

値の低下安定が認められた。また、BIS値と前額部筋電図データによるRem睡眠期と推定される区間では、血圧値の上昇、脈拍値の上昇が、それぞれの被験者に認められた。さらに、R-R間隔周波数解析による心臓交感神経・副交感神経機能評価を試みた。交感神経および副交感神経機能を表わすLF、副交感神経機能を表わすHF、交感神経機能をより純粹に表わすLF/HFの3つの指標を用いることで、BIS値および前額部筋電図データからRem睡眠期とNon-Rem睡眠期と推定される区間には、いずれの被験者においてもRem睡眠期にはLFの山型、Non-Rem睡眠期にはHFの山型が観察された。

2) 今後の課題

BISによる測定は、装置や測定部位が限局されたことによって、被験者においては、睡眠そのものを障害することなく、より平常の睡眠状態を表わすものである。また、BISによる測定の結果は、測定部位が限局されてい

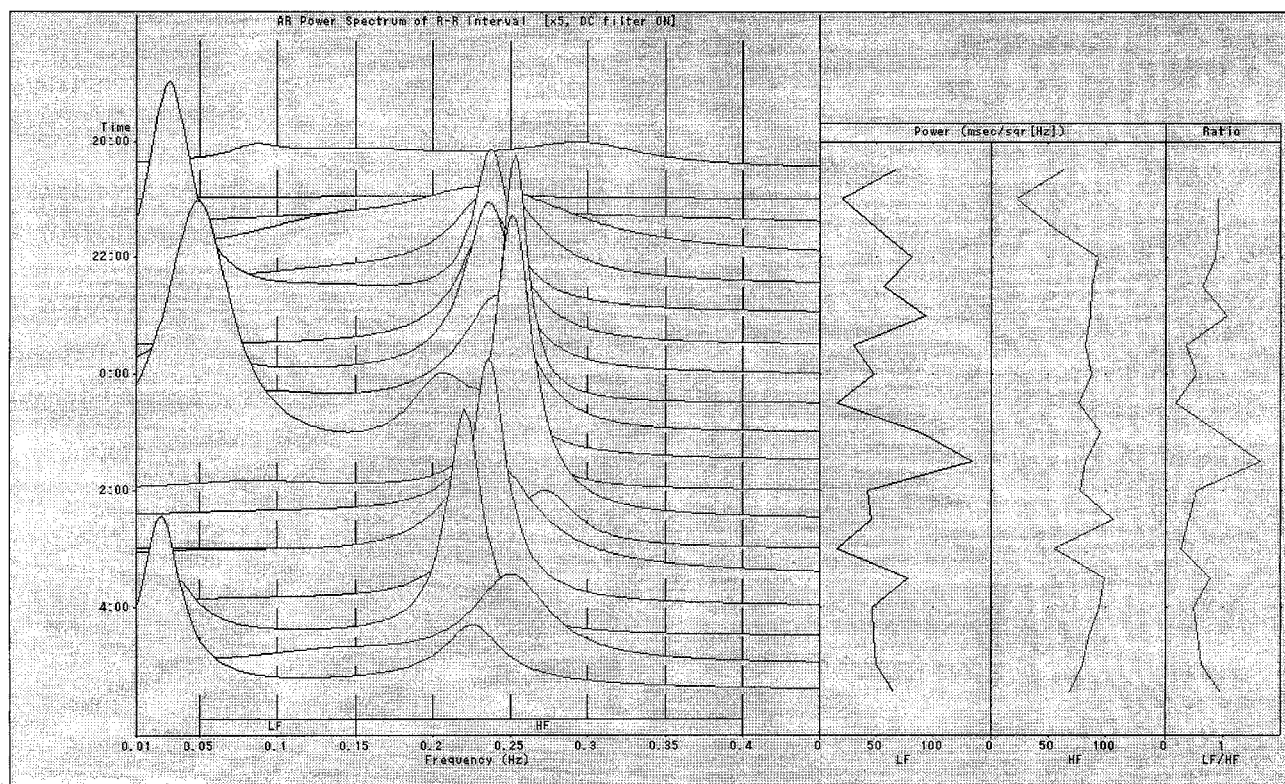


図4 被験者1のR-R間隔周波数解析による心臓交感神経・副交感神経機能評価

るが、被験者の催眠・鎮静レベルを表わす指標としては優れていると言える。

そして、今回の結果から、自然下における睡眠状態の把握には、BISを活用できることが示された。次回は、これらの変化を数量化し、比較検討することによって、よりエビデンスの高い実証が可能となる。また、今後の課題としては、BIS測定システムで得られる解析データと今回比較した以外の生理学的パラメータとの関連性を確認する作業が必要である。なお、サンプルが極めて少ないことから、普遍化するには十分なものではなく、被験者間だけの関連性であったのかという限界がある。

結 論

1. BIS値のみでは、Rem睡眠期の同定が困難であるが、前額部筋電図データとの観察によれば可能となる。
2. BIS値が示したNon-Rem睡眠期の徐波睡眠期と推定される区間においては、血圧値の低下安定、脈拍値の低下安定が認められた。
3. R-R間隔周波数解析による心臓交感神経・副交感神経機能評価については、Rem睡眠期とNon-Rem睡眠期と推定される区間のBIS値および前額部筋電図データに、Rem睡眠期には交感神経優位を示すLFに山型の変化とNon-Rem睡眠期には、副交感神経優位を示すHFに山型の変化が観察された。

謝辞：本研究にご協力をいただいたパラマウントベッド社の皆様へ感謝申し上げます。また実験協力をしてくださいました学生ならびに日本光電中四国株式会社安永祐二氏に深謝いたします。

文 献

- 1) 新美良純，堀 忠雄：睡眠研究の方法；日本睡眠学会編：睡眠学ハンドブック，東京，朝倉書店，1998，pp 442.
- 2) Glass PSA, Bloom MJ, Kears L, et al : Bispectral Analysis Measures Sedation and Memory Effects of Propofol, Midazolam, Isoflurane and Alfentanil in Healthy Volunteers. *Anesthesiology* 86 : 836—847, 1997.
- 3) 鎮西美栄子，津高省三，鎮西恒雄：Bispectral Indexと心拍変動からみた麻酔法の特徴セボフルラン麻酔とプロポフォール麻酔との比較—。日臨麻会誌 20 (7) : 430—438, 2000.
- 4) 風間富栄：脳波解析と臨床応用—BIS, EEG—。臨床麻酔 21 (12) : 1853—1859, 1997.
- 5) 松木明知，石塚弘規，坂井哲博：周術期におけるBISモニターの臨床応用，改定第2版，東京，克誠堂出版，2002，pp 97—98.
- 6) 堤 雅恵，小林敏生：催眠深度測定指標（BIS）を用いての夜間浴入の睡眠への効果の検討—老人保健施設入所者を対象として—。第28回日本看護研究学会 25 (3) : 100, 2002.
- 7) 小林敏生，堤 雅恵：自然睡眠評価における催眠深度測定指標（BIS）の有効性の検討—健康成人を対象として—。第28回日本看護研究学会 25 (3) : 301, 2002.
- 8) 鎮西美栄子，鎮西恒雄，田上 恵，花岡一雄：Bispectral Indexの特徴と臨床使用上の注意点。臨床麻酔 23

- (4) : 647—655, 1999.
- 9) Rampil IJ : A primer for EEG signal processing in anesthesia. *Anesthesiology* 84 : 980—1002, 1998.
- 10) 尾崎 眞 : BIS (Bispectral Index) の最近の動向. *LiSA Life Support and Anesthesia* 8 (10) : 898—902, 2001.
- 11) 萩平 哲 : 脳波の Bispectral Analysis と BIS. *LiSA Life Support and Anesthesia* 8 (10) : 904—909, 2001.
- 12) 長田 理 : BIS モニターを麻酔領域に正しく使用するために. *LiSA Life Support and Anesthesia* 8 (10) : 922—927, 2001.
- 13) Takahashi S, Sakai T, Matsuki A : Bispectral Index periodically changes during spontaneous sleep in man. *Anesth Analg* 86 : S234, 1998.
- 14) Takahashi S, Sakai T, Matsuki A : Relationship between bispectral index and sleep stage in man. *Anesth Analg* 88 : S57, 1999.
- 15) James WS, John A, Alistair SR, et al : The Bispectral Index : A Measure of Depth of Sleep? *Anesth Analg* 88 : 659—661, 1999.
- 16) 田名部真紀, 佐々木留美, 横沢千秋, 他 : 照明が睡眠に及ぼす影響—BISを用いた検討—. *日本集中治療医学会雑誌* 11 Supplement : 278, 2004.
- 17) 小向豊彦, 赤坂知香子, 中居幸子, 他 : BISを使った睡眠の評価. *日本集中治療医学会雑誌* 10 Supplement : S274, 2003.
- 18) 宮川慈子, 上農喜朗, 夫万 秀, 他 : 当直医の睡眠中の BIS 値変化. *日本臨床麻酔学会誌* 22 (8) : S274, 2002.
- 19) 山田茂行, 梅田英一郎, 尾崎孝平, 佐藤哲雄 : BIS (Bispectral Index) モニターによる術後患者の睡眠評価. *臨床モニター* 12 Supplement : 27, 2001.
- 20) 浅香えみ子, 及川晴美, 多田則子 : 生理的睡眠パターンを考慮した音楽の活用方法 BIS による評価を試みて. *日本救急看護学会雑誌* 2 (1) : 151, 2000.
- 21) Gan TJ, Glass PS, Windsor A, et al : Bispectral Index monitoring allows faster emergence and improved recovery from propofol, alfentanil, and nitrous oxide anesthesia. BIS Utility Study Group. *Anesthesiology* 87 : 808—815, 1997.
- 22) Song D, Joshi GP, White PF : Titration of volatile anesthetics using bispectral Index facilitates recovery after ambulatory anesthesia. *Anesthesiology* 87 : 842—848, 1997.
- 23) 後藤隆久 : 脳波のスペクトル解析と麻酔深度—BISからの洞察—. *麻酔* 50 (増刊) : 131—136, 2001.
- 24) Rodrigue E, George N, Lachaux JP, et al : Perception's shadow : long-distance synchronization of human brain activity. *Nature* 397 : 430—433, 1999.
- 25) 大熊輝雄 : 臨床脳波学第5版, 東京, 医学書院, 1999, pp 126.

(原稿受付 平成16.12.6)

別刷請求先 〒743-8551 広島市南区霞1-2-3
 広島大学大学院保健学研究科
 松成 裕子

Reprint request:

Yuko Matsunari
 Graduate School of Health Sciences, Hiroshima University 1-2-3 Kasumi, Minami-ku, Hiroshima 734-8551, Japan

AN UTILITY OF SLEEP EVALUATION BY BISPECTRAL INDEX

Yuko MATSUNARI¹⁾, Tomoko ITO²⁾, Yoshimitsu SHINAGAWA²⁾
 Toshio KOBAYASHI¹⁾, Tomie FUJII¹⁾ and Yukiko MIYAKOSHI¹⁾

¹⁾Graduate School of Health Sciences, Hiroshima University

²⁾Oita University of Nursing and Health Sciences

Sleep is an essential phenomenon for the maintenance of health and life. Disturbance of sleep is a serious problem for the living beings as they recover their vitality from fatigue during the sleep. Nurses manage favorable environment for the induction as well as for the maintenance of the night sleep of their clients both in the clinical and community settings. Recently, the evidence of increase in research using the Bispectral Index (abbreviated as BIS) developed as an index of depth of anesthesia and sedation level is confirmed. In an attempt to evaluate the feasibility of the BIS in the assessment of the natural night-sleep, 5 female university students were examined, and to examine the relevancy and the consistency with the physiological parameters, blood pressure, electrocardiogram, pulse and RR50 were measured simultaneously. Measurement of physiological parameters and BIS both revealed the difference between the REM and the NREM sleep, accurately, thus, the feasibility of BIS monitor, as a non-disturbing device in the measurement of night sleep was confirmed. The use of the BIS for sleep research is recommended.