

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 23 日現在

機関番号：34315

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22790575

研究課題名（和文） こどものための非接触型睡眠診断法の開発とその臨床応用

研究課題名（英文） Non-Restrictive Sleep Monitor Method for Children Using Video Images

研究代表者

岡田 志麻（OKADA SHIMA）

立命館大学・理工学部・助教

研究者番号：40551560

研究成果の概要（和文）：本研究では、小児のための非接触型睡眠診断法の開発の確立とその臨床応用を目指してきた。センサ類から計測対象を全く切り離れた完全な無拘束・非接触計測である、ビデオ計測による動画処理から体動を検出し、体動の情報のみから小児の睡眠深度を推定する手法を開発した。定型発達児に対し、PSG検査と動画による体動計測を行い、計測した体動により、“REM睡眠と軽い睡眠”、“深い睡眠”、“覚醒”を判別する判別式を確立した。この判別式を用いて計算される睡眠段階とPSGにより判定される睡眠段階の一致率を各睡眠段階において計算し、一致率は70%以上を達成した。次に、ADHD児の睡眠時の体動に特化した睡眠深度を推定する判別式を確立することを当初の目的としていた。しかし、これらの発達障害児では睡眠時の体動様式が定型発達児と著しく異なり、睡眠深度の推定式を確立することは困難であった。そこで、新しく発見した発達障害児、特にADHD児の夜間体動特徴から、就寝中の体動のみから発達障害児を診断する手法を開発した。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to develop sleep monitor systems for children using a non restrictive way, and to this end we proposed a new diagnosis method for developmental disorders. We examined normal developed children using polysomnography (PSG) and video analysis. The linear discriminant function method was used to estimate the sleep stage from body movements calculated from video image. Overall, the average agreement rate for sleep stage was approximately 70%. The results revealed that the transition between sleep stages could be successfully estimated by body movement during sleep. Next, we made a comparison between normal developed children and ADHD children in body movement by video images as a clinical application. As the results, there was a remarkable difference in Stage 3 and we suggest that this difference may be used as a marker in the diagnosis of ADHD.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	600,000	180,000	780,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,200,000	360,000	1,560,000

研究分野：睡眠関連分野

科研費の分科・細目：社会医学・公衆衛生学・健康科学

キーワード：睡眠，生体計測，睡眠障害

1. 研究開始当初の背景

睡眠は生体リズムの1つとして生活に組み込まれていることがわかっており、人間にとって睡眠の質は生活の質をも左右する重要な指標である。近年、小児においても、睡眠の質と量が低下することにより、集中力や実行機能等の前頭前野機能が低下、この結果、昼間の不注意や多動性などの行動障害をきたすことが知られている。広汎性発達障害（PDD）児や注意欠陥多動性障害（ADHD）児等の発達障害児では睡眠障害を高頻度に合併し(Hill et al. 2006)、合併率は40~60%に及ぶといわれている。以上のことから、小児の睡眠の問題が発達にどのような影響を及ぼすのかを知ることは極めて重要なことである。また、無呼吸症候群の合併により睡眠の質が低下した子どもでは昼間の行動異常が増強され、適切な治療により行動は改善するといわれている (Marlow et al., 2006)。以上のことから、検査により小児の睡眠障害や睡眠異常を早期に発見し、治療していくことが重要となる。

しかし、小児の睡眠を検査していく上で下記の問題点が生じる。まず、臨床における睡眠評価は終夜睡眠ポリグラフ（PSG）が用いられるが、多大な設備投資と人件費がかかるため、小児睡眠検査室は全国的に希少である。次に、PSGでは多数の電極を装着することになる。小児やPDD児は新規体験にパニックを起こしやすいので、入院して拘束感の高いPSG検査を行うことは大きなストレスとなる。最後に、小児は感覚過敏が強いことや、センサの配線による事故がある。これらを解決するために、PSGに代わる無拘束・非接触な検査方法の開発が強く望まれる。

2. 研究の目的

これまでの研究において、動画像を静止画に変換し、連続的に差分処理することにより、睡眠中の体動を無拘束・非接触に検出することを可能にした。この結果、PSGによる睡眠深度と動画像から検出した体動に、密接な関係があることが確認できた。しかし、今後、PSGに代わる無拘束・非接触な睡眠検査方法として確立するためには、体動から睡眠深度を推定する必要がある。

そこでまず、小児における非接触型睡眠診断法の開発の開発を行う。睡眠評価のゴールドスタンダードであるPSG検査は、協力的でない小児に施行することは極めて難しい。終夜睡眠ビデオから自動解析した体動データと、PSG同時記録比較することにより睡眠深度を推定する判別式を確立する。次に、開発した非接触型睡眠診断法の臨床応用として、発達障害児の症状診断法を開発する。PDDやADHD児の睡眠や体動の特徴を明らかにし、PDDやADHD患者に特化した睡眠診断法を開発する。

3. 研究の方法

本章では動画像を用いて体動を計測し、その体動情報から睡眠深度を推定する非接触型睡眠診断法の開発、またその臨床応用として体動情報からの発達障害診断法についての方法を述べる。

(1) 非接触型睡眠診断法の開発

動画像撮影は、赤外線カメラを用い、カメラは三脚で固定し、就寝中の被験者に対して全身がフレーム内に入るように動画像を撮影、撮影した動画像を用いて体動抽出の処理を行った。カメラから入力された動画像を、BMP形式の静止画に変換を行い、連続的に読み込む。ROI（被験者の領域）設定の後、画像のグレースケール化を行い、差分処理によ

りフレーム間の濃淡値の変化を検出，この変化に対し，1) 濃度が増加，2) 濃度が減少，3) 変化なしの3つに場合分けを行ない，それぞれの総平均座標位置を算出した．1) の場合の総平均座標位置と2) の場合の総平均座標位置の midpoint から被験者の画像内における座標位置を推定した．その後，以下の(1)式により，体動量の算出を行った．なお， $L(t)$ は時刻 t における体動量， $x(t)$ は被験者の画像内における時刻 t の x 座標， $y(t)$ は y 座標を指す．

$$L(t) = \sqrt{\{(x(t+1) - x(t))\}^2 + \{(y(t+1) - y(t))\}^2} \quad (1)$$

次に，算出した体動情報を用いて睡眠深度を推定する手法を述べる．大阪大学付属病院小児科に来院し，PSG 検査を行った健常な小児8名(A~H)を対象とした．各被験者の終夜の体動をビデオカメラを用いて計測すると同時に，睡眠深度の比較のために，PSG 計測を行った．なお，この研究は大阪大学医学部の倫理委員会の承認を受け，被験者とその保護者に十分な説明をし，同意を得たうえで行った．

体動は睡眠深度が SWS(Slow Wave Sleep)の時は抑制状態になる．したがって，体動が抑制されている区間，体動静止持続時間を抽出することで，睡眠中の SWS の抽出ができると考えた．また，睡眠深度が Wake のとき，体動は非抑制状態にある．したがって，体動が抑制されていないときの体動の大きさに関するパラメータを考慮することで，睡眠中の Wake を抽出することができると考えた．これらの2つの体動パラメータを用いて，線形判別分析により睡眠深度推定を行った．独立変数として，体動静止持続時間と体動量を用い，目的変数を Wake, Light & REMSWS の3群とし3段階の睡眠深度を推定した．

(2) 発達障害診断法の開発

本研究では，睡眠障害を主訴として大阪大学付属病院小児科来院した3~6歳の小児のうち，正常と診断された13名，ADHDと診断された7名の計20名を対象被験者とした．被験者に対し，終夜の PSG 検査と動画像計測を行った．睡眠段階の判定は，PSG を用い，データから30 s 毎の睡眠段階を判定した．また，体動については，前節において，動画像の差分処理を行ったデータを採用し，体動回数，静止持続時間を算出した．体動回数は各睡眠段階の時間に占める体動時間の割合を算出したものである．また，体動静止持続時間は，差分処理によって得られた1秒ごとの体動データの中から GMs (Gross Movements)のみを抽出し，2秒以下の体動持続区間は除外する．そのデータの中から体動が連続して静止している時間を加算し，算出したものである．これらのデータから，各睡眠段階により，定型発達児と ADHD 児の睡眠中の体動にどのような違いがあるか検証した．

4. 研究成果

本章では非接触型睡眠診断法の開発，またその臨床応用として体動情報からの発達障害診断法の開発についての方法についての研究成果を述べる．

(1) 非接触型睡眠診断法の開発

結果の1例として図1に1名の被験者についての PSG と線形判別による推定睡眠深度を示す．図1より，おおよその睡眠サイクルの一致が確認でき，睡眠中の体動からおおよその睡眠深度の推移を推定できているといえる．

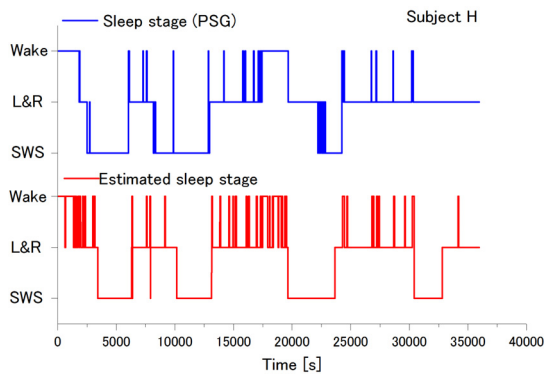


図 1. 睡眠深度推定結果

また、表 1 に全ての被験者についての睡眠深度の一致率を示す。すべての被験者の平均として 70%の一致率を得ることができた。

表 1. 体動による睡眠深度推定の一致率

Subject	Agreement [%]			
	ALL	WAKE	L&R	SWS
Sub.A	76.65	46.50	59.50	83.20
Sub.B	73.59	80.08	77.43	64.54
Sub.C	71.71	54.53	72.29	75.36
Sub.D	73.14	74.10	87.10	47.40
Sub.E	75.78	62.20	82.30	59.50
Sub.F	61.90	76.29	62.77	66.69
Sub.G	66.14	81.53	70.74	66.03
Sub.H	67.85	63.00	69.00	67.00
Average	70.85	67.28	72.64	66.21
S.D.	5.11	12.72	9.35	10.52

本研究では、完全非接触な睡眠評価システムの開発を目標に、ビデオから得た体動データのみから睡眠深度を推定する手法を開発した。これまで、小児の PSG が困難であることが問題となっており、睡眠質問表による評価にとどまっていることが多い。また、協力性のない小児に PSG を行える施設は極めて稀少であるため、小児の睡眠障害は看過されている。本研究は家庭での利用も可能であり、このような現状を打開する 1 つの問題解決となりうると考えている。

(2) 発達障害診断法の開発

図 2 に体動回数の結果を示す。正常児の体動回数は Wake >Stage1>REM >Stage2 >Stage4>Stage3 の順に減少しており、ADHD

児では Wake >Stage1 >Stage2 >REM >Stage3>Stage4 の順に減少していた。また、正常児と ADHD 児の体動回数を比較すると Stage2, Stage3, REM において、ADHD 児の方が体動回数は多く、Stage3 においてはデータのばらつきが大きくなっていた。また、Stage3 においてのみ有意差(P<0.05)を確認できた。

正常児と ADHD 児の体動静止持続時間の結果を図 3 に示す。正常児では Wake < Stage1 < Stage3 < REM < Stage2 < Stage4 の順で増加しており、ADHD 児でも同様の経過をたどる。しかし、どのステージにおいても ADHD 児において静止持続時間が短縮されることが確認できた。しかし、各睡眠段階において、有意差を確認することはできなかった。

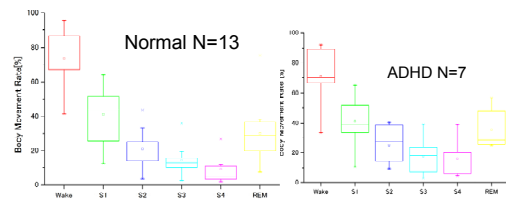


図 2. 正常児と ADHD 児の体動回数の比較

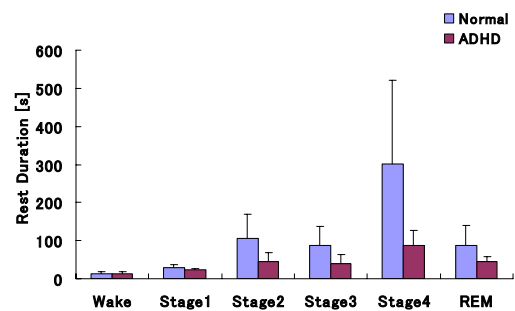


図 3. 正常児と ADHD 児の体動静止持続時間の比較

これらことから、ADHD 児は健常児に比べ深睡眠での睡眠が安定していないということが示唆された。原因として、ADHD 児は睡眠時の環境の変化に敏感である可能性が考えられ

る。また、ドパミンやノルアドレナリンの異常という可能性があることが考えられる。

このように、これまで PSG の施行が困難であった発達障害児の睡眠時の体動の特徴を特定することが可能となり、発達障害児の脳神経基盤についての新しい知見を得ることができ、小児発達障害の診断法の1つとして臨床現場で利用が検討されている。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計2件)

- ① Shima OKADA, Naruhiro SHIOZAWA, Masaaki MAKIKAWA, Body Movement in Children with ADHD Calculated Using Video Images, Proceedings of the IEEE-EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics, 60-61, 2012, 査読有
- ② Shima Okada, Yuko Ohno, Sachiko Shimizu, Kumi Kato-Nishimura, Ikuko Mohri, Masako Taniike and Masaaki Makikaw, Development and preliminary evaluation of video analysis for detecting Gross movement during sleep in children, BIOMEDICAL ENGINEERING LETTERS, 220-225, 2011, 査読有, 巻: 1

[学会発表] (計4件)

- ① Shima OKADA, Naruhiro SHIOZAWA, Masaaki MAKIKAWA, Body Movement in Children with ADHD Calculated Using Video Images, IEEE-EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics, 2012年1月5日, 深セン, (中国)
- ② Keisuke Koyama, Shima Okada, Sachiko Shimizu, Ikuko Mohri, Yuko Ohno, Masako Taniike, Masaaki Makikawa,

Analysis of body movement in children with ADHD calculated using video images, 第26回生体・生理工学シンポジウム, 2011年9月20日, 立命館大学, (滋賀県)

- ③ Shima Okada, Naruhiro Shiozawa, Masaaki Makikawa, An approach for sleep assessment using body movement, IADIS Multi Conference on Computer Science and Informations Systems, 2011年7月21日, ローマ, イタリア
- ④ 一色和慶, 牧川方昭, 岡田志麻, 異なる年齢層による運動が睡眠に及ぼす影響, ITヘルスケア, 2011年6月19日, 大阪大学 (大阪府)

[その他]

ホームページ等

<http://www.ritsumei.ac.jp/se/~makikawa/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡田 志麻 (OKADA SHIMA)

立命館大学・理工学部・助教

研究者番号: 40551560