

令和元年9月18日現在

機関番号：32657

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K16085

研究課題名(和文) OSAS検出のための呼吸推定に特化した心電図誘導法に関する研究

研究課題名(英文) Development of ECG Lead System to Estimate Respiration for OSAS Detection

研究代表者

酒井 元気 (SAKAI, Motoki)

東京電機大学・システムデザイン工学部・准教授

研究者番号：50597094

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：EDRは心電図から呼吸を推定する方法であり、心電図でOSASの判定を行う際に使われる技術である。これまでに、多くのEDR法が提案されてきたが、EDRに適した心電図誘導法については検討されていない。そこで、本研究では呼吸推定に適した誘導法の検討を行った。具体的には、胸郭下部の12の誘導法を提案した。実験では、47名の被験者の心電図と呼吸を計測し、推定-実呼吸の呼吸rate間の相関から、提案誘導法の呼吸推定精度を比較した。結果、陰極、陽極のいずれかが心臓付近で、且つ、胸郭のバケツハンドル、ポンプハンドル動作が最大になる位置に陽極、陰極電極を装着させたとき、高い呼吸推定精度が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、複数の呼吸推定アルゴリズム(EDR)で呼吸の推定をおこなった。提案心電図誘導法から得られた心電図からは、多くのアルゴリズムで、従来の誘導法から得られた心電図以上の精度での推定が可能であった。本研究により、呼吸計測のために特殊な機器を使用することなく、一般的なホルター心電図計測器のみで呼吸の推定を精度よく行うことができることが示された。今後は、提案心電図誘導法で計測された実際の睡眠時無呼吸症候群の患者から得られた心電図から、スクリーニングの段階で重症度を評価する手法の開発に努めたい。

研究成果の概要(英文)：EDR is a method to estimate the respiration from the ECG. The EDR has been used in the screening of OSAS to avoid the use of devices. To date, several EDR algorithms have been proposed, but no effective lead system for estimating the respiratory has been presented. This study attempted to investigate an effective ECG channel. In this study, 12 novel ECG channels placed around the lower chest were proposed, and estimation accuracies with the proposed channels were compared with those of six Holter ECG ones. To evaluate effective ECG channels, experiments using 47 subjects recorded ECG signals and actual respiration. The effectiveness of the adopted ECG channels was examined using the correlation coefficient between the actual respiratory rates and ones of EDR. As a result, the most accurate estimations were yielded when both electrodes were located in a way that they could measure both the bucket and pump-handle movements of the ribs and when one electrode was located near the heart.

研究分野：生体信号処理

キーワード：睡眠時無呼吸症候群 ECG 呼吸推定 ECG-Derived Respiration

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

閉塞性睡眠時無呼吸症候群(Obstructive Sleep Apnea Syndrome:OSAS)は上気道の閉塞によって睡眠時の呼吸が浅くなったり停止してしまう病気である。この病気を発症すると、発症していない場合に比べ、心筋梗塞やクモ膜下出血、脳梗塞の発症率が高まると言われている。例えば、重度のOSAS 患者になると、脳卒中で死亡するリスクがOSAS を発症していない場合に比べ、約3倍にもなるとの報告がある(H. Klar Yaggi, et. al., "Obstructive Sleep Apnea as a Risk Factor for Stroke and Death," N Engl J Med 2005)。また、カナダで行われた、中等度から重度のOSAS 患者の死亡率調査では、3年で約10%の患者が死亡しており、更に8年後には約40%もの患者の死亡が確認されている(J He, et. al., "Mortality and apnea index in obstructive sleep apnea," Chest. 1988)。この様に、OSAS はより重大な疾患を引き起こし、更には死亡につながるリスクが高いことから、早期発見、早期治療が必要な疾患と言える。

通常、病院内のOSAS 検査では、脳波計、心電図計、鼻カニューレ、圧力トランスデューサー、脈波計、いびきセンサー、ジャイロセンサーなど、数種類のセンサーで呼吸、睡眠に関する情報の計測が可能な睡眠ポリグラフ計が用いられる。その検査に先立ち、院外において、鼻カニューレ、心電図系、脈波計など、睡眠ポリグラフ検査に比べ、より少ないセンサーで簡易的にスクリーニング検査を行うことが一般的である。しかし、それでもセンサーの数が多く、院外の検査としては簡便性が欠け、また、測定を受ける患者の睡眠の妨げにもなりかねないことから、近年は心電図のみでのOSAS 検出が試みられている。

### 2. 研究の目的

閉塞性睡眠時無呼吸症候群(OSAS)は上気道の閉塞で起こる睡眠時の呼吸障害で、長期化すると脳梗塞、心筋梗塞を引き起こすため、早期発見早期治療が必要な疾患である。近年は、心電図による OSAS 検出の研究が行われている。しかし、既存の心電図による OSAS 検査では、無呼吸の継続時間が評価できないため、Apnea-Hypopnea Index(AHI)のように OSAS の重症度を知ることにはできない。もし、これが可能であれば、早期治療に貢献できる筈である。本研究は、OSAS の重症度を知るため、呼吸の情報を心電図からより効率的に抽出する心電図誘導法の研究開発を目的としている。

### 3. 研究の方法

実験では、心電図による呼吸推定に有効と考えられる誘導法を構築するため、既存のものとは異なる誘導法を数パターン試した。その際、既存の誘導法に対する優位性を検証するため、NASA誘導、CC5、CM1、CM2、CM3、CM5のホルター心電図誘導も計測し、呼吸の推定精度を比較した。

先行研究の実験から、呼吸推定に有効なのは、胸郭下部の誘導であることが分かっているため、今回は、胸郭下部を中心に電極を配置した。具体的には、1.5cm程度ずつずらしながら配置した電極を用いて、新たな12パターンの誘導について推定精度を評価した。なお、今回は移動モニタリング型睡眠時無呼吸症候群検出装置である、日本光電製のSAS-3200を利用して呼吸、心電図などを計測した。SAS-3200では、一度に3つの誘導の心電図が計測できる。しかし、上記のように、今回の実験では、ホルター心電図誘導6パターン、新たに試みる誘導12パターンの計測を行う必要があるため、3誘導ずつ複数回に分けて実験を行った。推定呼吸と実測呼吸の比較のため、心電図と同時に、胸部・腹部圧力トランスデューサーによる呼吸、気流センサーによる呼吸を計測した。

実験では、実験協力者に対し、3つの呼吸タスクを課し、その時の心電図、呼吸を計測することとする。実験協力者に課す呼吸タスクは、以下の3つである。

- a. 通常呼吸：意識的に呼吸を行うことはしない、通常の呼吸
- b. 深呼吸：呼気：吸気=10秒:5秒
- c. 努力呼吸：腹部を動かし、上気道で息を止める

努力呼吸以外の呼吸タスクは2分間継続するものとする。努力呼吸は30秒とする。なお、深呼吸を行った後は、実験協力者に1分間程度の休憩をとらせ、深呼吸の影響が次の呼吸タスクまで持続しないように配慮する。

#### 4. 研究成果

EDR は心電図から呼吸を推定する方法であり、心電図で OSAS の判定を行う際に使われる技術である。これまでに、多くの EDR 法が提案されてきたが、EDR に適した心電図誘導法については検討されていない。そこで、本研究では呼吸推定に適した誘導法の検討を行った。具体的には、胸郭下部の 12 の誘導法を提案した。実験では、47 名の被験者の心電図と呼吸を計測し、推定-実呼吸の呼吸 rate 間の相関から、提案誘導法の呼吸推定精度を比較した。結果、陰極、陽極のいずれかが心臓付近で、且つ、胸郭のバケツハンドル、ポンプハンドル動作が最大になる位置に陽極、陰極電極を装着させたとき、高い呼吸推定精度が得られた。

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

[1] M. Sakai, R. Sekine, and X. Zhu, "Single-channel ECG suitable for ECG-derived respiration," *Biomedical Physics & Engineering Express*, vol. 5, no. 5, pp. 1-13, DOI: <https://doi.org/10.1088/2057-1976/ab32bb>, August, 2019.

〔学会発表〕(計 0 件)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年：  
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

#### 6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2)研究協力者

研究協力者氏名：朱 欣

ローマ字氏名：Zhu Xin

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。