

●原 著

感圧センサシートを用いた慢性呼吸器疾患対応在宅見守り機器開発の試み

藤本 圭作 山本 彩香 西山 隆也

要旨：既存の感圧センサシート（スリープアイ[®]）を改良して、在床・離床、呼吸数、呼吸パターン、体動、SpO₂、脈拍数がモニターできる機器を開発し、高齢慢性呼吸器疾患患者の在宅見守りシステムとしての有用性を検討した。呼吸数は既存の機器と良好な相関が得られ、無呼吸・低呼吸および低換気イベント、低酸素状態、体動を捉えることが可能であり、また1週間の連続計測から、夜間の中途離床、日中の在床時間を把握することができた。我々が開発した在宅見守りシステムは高齢慢性呼吸器疾患患者の在宅管理に有用と考えられた。

キーワード：在宅見守り、感圧センサシート、慢性呼吸器疾患、在床、離床

In-home monitoring system, Pressure sensor sheet, Chronic lung disease, In-bed, Bed-leaving

緒 言

わが国は超高齢化社会を迎え、老老介護および独居老人が増加し、2015年の調査では65歳以上の高齢者のいる世帯は全世帯の47.1%を占め、そのうち26.3%が独居世帯、31.5%が高齢者夫婦のみの世帯となっている¹⁾。高齢者の多くはさまざまな病気を抱えており、訪問看護や訪問リハビリテーションの需要が高まっている。一方で在宅医療に供給できる医療資源は十分ではなく、医療機器とITを用いた遠隔医療支援が不可欠となる。この一環として在宅での見守りシステムの開発が盛んに行われてきた。見守りシステムは、接触型と非接触型に分類される。接触型センサでは生体情報を計測することが可能でリアルタイムのモニタリングに適合する^{2)~4)}。しかし、使い慣れない高齢者あるいは認知症の患者に日常的に装着させることは困難であり、センサの離脱や誤認識の可能性もある。一方、非接触型である監視カメラ、光センサ、超音波センサなどでは、リアルタイムに詳細な生体情報をモニタリングすることは難しい反面、生活空間に設置することで利用者の負担を軽減でき、危険な状況が発生する際に有効な検知が可能となる^{5)~7)}。しかし、機器が高価であるとともに、プライバシーに関わるトイレや浴室

などに設置することが困難なことや、被検者の精神的負担が生じる可能性もある⁸⁾⁹⁾。以上から可能な限り簡便に、センサを体表に装着せず無拘束で生体情報を検知する在宅見守りシステムの開発が必要になる。また、高齢化に伴い慢性閉塞性肺疾患（chronic obstructive pulmonary disease：COPD）などの高齢者の慢性呼吸器疾患（chronic lung disease：CLD）患者は増加し、呼吸器疾患に特化した在宅での見守りシステムが必要となる。我々は以前に株式会社デンソーと共同して、睡眠時無呼吸症候群（sleep apnea syndrome）の簡易検査機器としてスリープアイ[®]（株式会社デンソー、愛知県刈谷市）の開発を行い医療機器としての承認を得ている¹⁰⁾。このスリープアイ[®]を用いて、一部アルゴリズムを変更・追加し、在床・離床、呼吸数、呼吸パターン、体動、体位、経皮的動脈血酸素飽和度（percutaneous oxygen saturation：SpO₂）、脈拍数がモニターできる在宅見守り機器の開発を試み、CLDを対象とした在宅見守り機器としての有用性について検討を行った。

研究対象

信州大学医学部附属病院に通院加療中の高齢者CLD患者8人と大学生ボランティア6人を対象とした（Table 1）。なお、1週間の在床・離床記録の検討では大学生ボランティアの2人から承諾が得られず4人となった。高齢者CLD患者は同一患者8人で行った。CLD患者の内訳は、COPD 5人、気腫合併肺線維症（combined pulmonary fibrosis and emphysema：CPFE）1人、間質性肺炎（interstitial pneumonia：IP）2人で、7人は在宅における長

連絡先：藤本 圭作

〒390-8621 長野県松本市旭3-1-1

信州大学医学部保健学科

(E-mail: keisaku@shinshu-u.ac.jp)

(Received 10 May 2018/Accepted 15 Jun 2018)

期酸素療法 (long-term oxygen therapy : LTOT) が施行されている。肺拡散能力は全例で低下を示した。LTOT が施行されている CLD 患者は酸素を 2~5L/分吸入下で $\text{PaO}_2 > 60 \text{ Torr}$ が維持されていた。 PaCO_2 の軽度上昇を 3 例で認めた。本研究は、すべての対象者からインフォームドコンセントを书面で得て、International Conference on Harmonization-Good Clinical Practice とヘルシンキ宣言 (2008 年) に従い、ヒトを対象とした臨床研究として

信州大学医学部医倫理委員会の承認を得て行われた (承認番号 : 3201, 承認日 : 2015 年 7 月 7 日)。

方 法

1. 接触型無拘束タイプの在宅見守りシステムの構築 (既存の感圧センサシートの改良)

既存のスリープアイ[®]には、呼吸波形の出力と無呼吸・低呼吸検出のためのアルゴリズム、体位および体動検知が標準として装備されており、さらにオプションでパルスオキシメーターの端末と接続し、 SpO_2 のモニターが可能となっている。すべてのデータはフラッシュメモリにて記録される。さらに以下の機能を追加した。①フラッシュメモリの記憶容量を増やし、1 週間のデータ蓄積と乾電池で 1 週間の連続記録ができるようにした。②フラッシュメモリに記録された呼吸波形データから、1 分間の呼吸数を自動的に計算するアルゴリズムを実装した。③概日リズム表示機能として、就寝に伴う在床、就寝以外での在床 (昼寝など)、離床の 1 週間のトレンド表示機能、④呼吸数、呼吸波形、体動、荷重域、 SpO_2 、脈拍数のトレンド表示機能を追加した (Table 2)。

2. 在宅見守りシステムによる夜間の呼吸数、呼吸波形、 SpO_2 、脈拍、体動信号検出およびトレンド表示と CLD 患者における特徴の検討

信州大学医学部附属病院睡眠検査室にて、ベッドシーツの下に改良感圧センサシートを敷き、被検者の指にパルスオキシメーターと胸腹部に呼吸運動を検出するためのインダクタンス式呼吸プレティスモグラフ (respiratory inductive plethysmograph : RIP) を装着し、21 時から翌朝 6 時までの 9 時間就寝中の測定を行った。

2-1. 呼吸数自動測定の妥当性の検討

改良感圧センサシートによる呼吸波形から、呼吸波形のピークを自動的に認識させ、ピーク間の時間を算出し呼吸数を求めた。ピーク間の時間に大きなズレが生じる

Table 1 Characteristics and results of pulmonary function test and arterial blood gas analysis in healthy subjects (control group) and patients with chronic lung disease (CLD group)

	Control	CLD
Number	6	8
COPD, n		5
CPFE, n		1
IP, n		2
LTOT, n		7
Age, years of old	22.7 ± 0.6 (21-24)	76.8 ± 3.0 (65-86)
Sex, male/female	2/4	6/2
BMI, kg/m ²	21.6 ± 1.7	21.6 ± 1.1
VC, %pred	101.5 ± 5.2	72.5 ± 8.8
FEV ₁ , %pred	105.1 ± 4.4	46.3 ± 6.3
FEV ₁ /FVC, %	86.8 ± 3.1	53.6 ± 10.0
FRC, %pred		122.9 ± 15.0
RV, %pred		207.8 ± 40.8
TLC, %pred		121.3 ± 14.6
RV/TLC, %		56.9 ± 4.6
DLco, %pred		29.6 ± 3.3
PaO_2 , Torr		73.4 ± 5.4
PaCO_2 , Torr		42.6 ± 1.8
HCO_3^- , mmol/L		26.1 ± 0.9

Values are means ± SEM. COPD : chronic obstructive pulmonary disease, CPFE : combined pulmonary fibrosis and emphysema, IP : interstitial pneumonia, LTOT : long-term oxygen therapy, BMI : body mass index.

Table 2 Characteristics and available measurements of the newly developed apparatus for an in-home monitoring system

Characteristics
1. Portable and non-constrictive apparatus [W 812 × D 555 × H 5 mm (control box: H 33 mm), weight: 1.6 kg]
2. Non-invasive sheet-typed apparatus spread with membran-typed pressure sensors
Available measurements
1. Respiratory rate (RR)
2. Display function of respiratory wave form (RWF)
3. Respiratory disturbance index (RDI)
4. SpO_2 and pulse rate (PR)
5. Display of body weight pressure distribution (BWPD)
6. Body movement (BM)
7. Trend display function of RR, RWF, SpO_2 , PR, BWPD, and BM
8. Display function of in-bed and bed-leaving

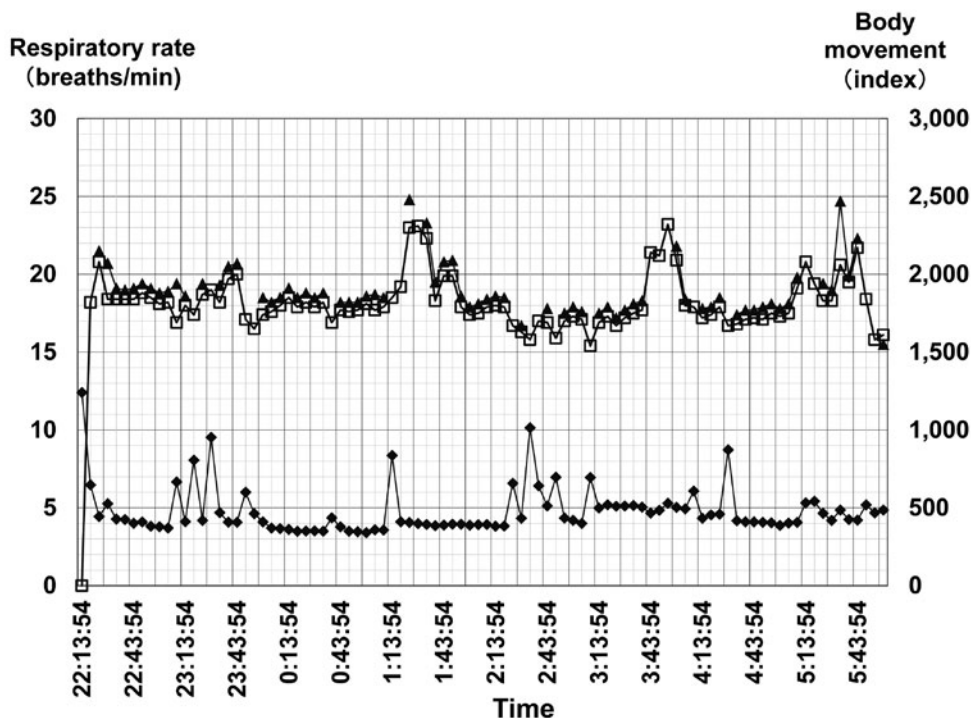


Fig. 1 Representative trend graph of mean respiratory rate for 5 minutes (RR) measured by sensor sheet automatically ($\square$) and respiratory inductive plethysmograph (RIP) ($\blacktriangle$), and of body movement ($\blacklozenge$) at night in one healthy volunteer.

The mRRs measured from the different sensor were almost same.

場合には体動によるアーチファクトと判定し除外するスムージング処理を施した。改良感圧センサシートから計測された呼吸数の妥当性を検討するために、胸腹部に装着したRIPによる呼吸数と比較した。

2-2. 在宅見守りシステムによる生体信号の比較

8人のCLDから得られた脈拍数の変動、 SpO_2 の変動、呼吸数の変動、睡眠呼吸障害指数 (respiratory disturbance index: RDI)、体動回数を学生ボランティアと比較した。

3. 在宅見守りシステムを用いた1週間の在床・離床の比較

安定期にあるCLD患者8人と学生ボランティア4人に、自宅へ改良感圧センサシートを持ち帰らせ、敷き布団とシーツの間に敷き、電源を入れたままの状態ですべて1週間計測を行った。1週間後に回収し、フラッシュメモリに記録されたデータの解析を行った。

4. 統計

本文およびTableの数値は平均 $\pm$ 標準誤差 (standard error of the mean: SEM) で表示した。センサシートによる呼吸数とRIPによる呼吸数の単回帰分析にはSpearmanの順位相関係数を用いた。健康学生ボランティアとCLDとの比較は、健康学生ボランティアの例数が少ないことから、統計学的差を求めることに意味がないと判断し、

また健康者のみならずCLD患者でも妥当な測定ができ、特徴的な所見が得られたことが重要と考え、統計学的解析は行わなかった。

成 績

1. 在宅見守りシステムによる自動計測呼吸数とRIPによる呼吸数の比較

Fig. 1に1人の学生ボランティアの夜間呼吸数の変動と体動の例を示す。呼吸数は改良感圧センサシートによる測定とRIPによる測定とを比較したものである。呼吸数のプロットは5分間の平均を示す。両者による測定はほぼ一致していることがわかる。また、体動は感圧センサからの体圧信号の変動から呼吸信号を除去し、移動時間のアルゴリズムを含めて算出された数値であるが、1,000 index以上を有意な体動と判定した。これは、寝返りをうつのはもちろん、大きな体の動きを判定する閾値に相当する。Fig. 2に全対象者で検討した感圧センサシートから自動計算された呼吸数とRIPで得られた呼吸数の相関を示す。相関係数が0.988ときわめて良好な相関が得られた。学生ボランティアおよびCLD患者群での相関係数の平均は、各々 0.94 ± 0.02 , 0.91 ± 0.03 と両者に差はなくきわめて良好な相関が得られた。

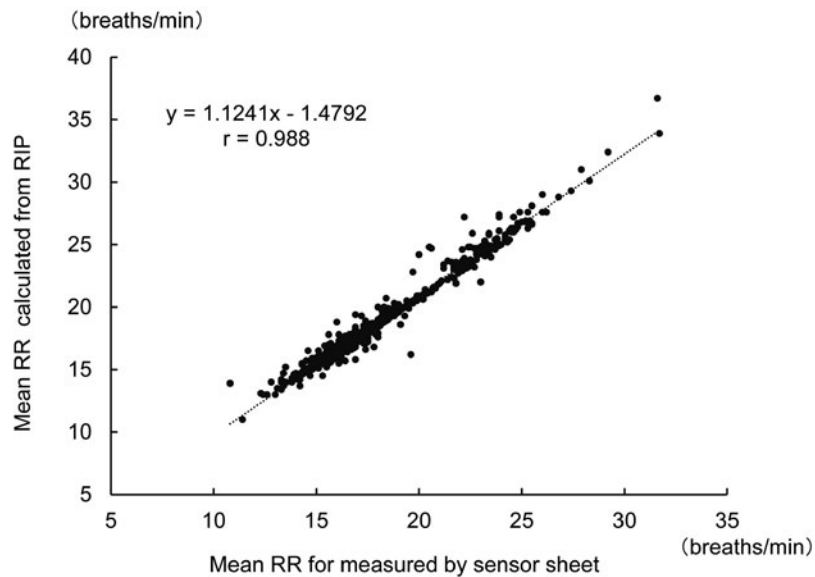


Fig. 2 Relationship between mean respiratory rates (RR) for 5 minutes measured by sensor sheet and calculated from respiratory inductive plethysmograph (RIP) (n=14). There is a significant correlation of RR between the different sensors.

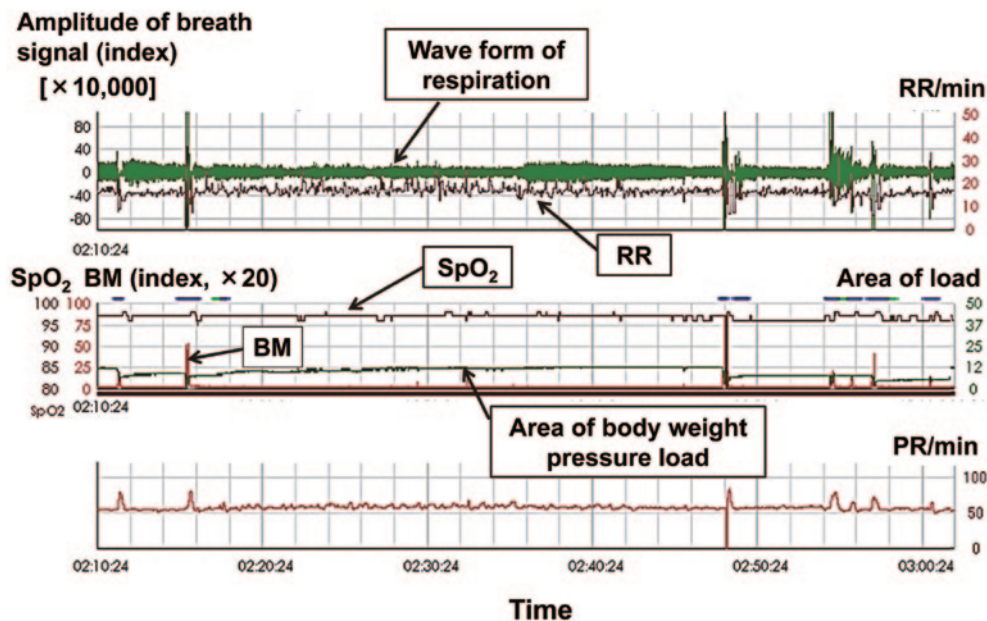


Fig. 3 Representative trend graph of vital signs during a part of night in one healthy volunteer by an in-home monitoring system.

The upper panel showed the trends of wave form of respiration and mean respiratory rates for 5 minutes (RR), middle panel showed the trends of percutaneous oxygen saturation (SpO_2) measured by a pulse oximeter, body movement (BM), and load area of the body pressure, and lower panel showed the trend of pulse rates from a pulse oximeter.

2. 在宅見守りシステムによる夜間生体信号の学生ボランティアとCLD患者との比較

Fig. 3に1人の学生ボランティアの呼吸波形, 呼吸数, SpO_2 値, 体動, 荷重域, 脈拍数のトレンドグラフを示す。

呼吸波形の振幅は, 呼吸に伴う体圧の変化と, 選択された感圧センサの荷重域およびセンサの数によって自動的に計算され, インデックスとして表示される。Table 3に8人のCLD患者と6人の学生ボランティアで得られた夜

Table 3 Vital signs obtained from a sensor sheet in healthy subjects (control group) and patients with chronic lung disease (CLD group)

	Control	CLD
Number	6	8
Mean PR, beats/minute	59.3 ± 2.4	66.1 ± 4.0
PRmin, beats/minute	44.8 ± 3.6	53.0 ± 3.1
PRmax, beats/minute	97.6 ± 2.8	93.9 ± 5.3
Mean SpO ₂ , %	96.5 ± 0.3	95.5 ± 0.7
Lowest SpO ₂ , %	91.2 ± 1.2	88.5 ± 1.3
CT90, %	0.08 ± 0.05	1.34 ± 0.72
Mean RR, breaths/min (RRind)	16.0 ± 0.5 (16.8 ± 0.5)	19.9 ± 1.6 (19.9 ± 1.5)
RRmin, breaths/min (RRind)	12.1 ± 0.9 (14.1 ± 0.7)	13.5 ± 1.9 (17.3 ± 1.3)
RRmax, breaths/min (RRind)	19.7 ± 0.8 (20.3 ± 0.9)	24.4 ± 2.1 (23.5 ± 2.6)
Hypoventilation, events/night	0	21.5 ± 1.9
RDI, events/hour	7.5 ± 1.2	12.6 ± 2.8
Body movement, events/hour	15.4 ± 3.1	27.3 ± 3.6

Values are means ± SEM. Hypoventilation was defined as an event of decrease in SpO₂ more than 3% and lasting for more than 5 minutes. PR : pulse rate, PRmin : minimum PR, PRmax : maximum PR, CT90 : cumulative time with SpO₂ < 90%, RR : respiratory rate, RRmin : minimum RR, RRmax : maximum RR, RRind : RR calculated from respiratory inductive plethysmograph, RDI : respiratory disturbance index.

間の生体信号の結果を示す。CLD群において、SpO₂ < 90%を示す割合 (CT90) は大きく、呼吸数の平均および最大値は高値であった。学生ボランティアでは認められなかったが、すべてのCLD患者において、SpO₂が3%以上緩徐に低下し、5分間以上継続する低換気と考えられる所見が平均21.5 ± 1.9回/night認められた。センサシートから検知された周期的な無呼吸低呼吸の指数であるRDIはCLD患者のうち4人においてRDI ≥ 15回/時間の中等度以上の睡眠呼吸障害を認めた。また夜間の体動はCLD群で高値であった。

3. 1週間の在床・離床記録

Fig. 4に57歳女性、IP患者 (%VC 37.7%) の連続1週間の在床・離床記録の例を示す。就寝・起床時刻は23時から7～8時とほぼ一定で8～9時間の在床時間である。夜間の中途離床は0～1回で、1日目と5および6日目は体調が良くないためか日中に何度も在床していることがわかる。Table 4にCLD患者8人と学生ボランティア4人の1週間の在床・離床状況の平均を示す。学生ボランティアでは就寝時刻が遅く、その標準偏差が大きく就寝時刻および在床時間の変動が大きかった。CLD患者では夜間在床時間は長く、夜間の中途離床が平均1.59回と多かった。日中の在床は学生ボランティアではみられないが、CLD患者では在床回数は多く、日中の在床時間の合計の平均は172.3分であった。

考 察

既存の感圧センサシートを改良し、在床・離床、呼吸

数、呼吸パターン、体動、SpO₂、脈拍数がモニターできる見守り機器の開発を行い、学生ボランティアと高齢者CLD患者で検証した。呼吸数はRIPで計測した呼吸数と比べて良好な相関が得られた。健常ボランティアだけでなく高齢者CLD患者においても良好な記録が得られ、CLD患者では夜間の呼吸数、無呼吸・低呼吸と低換気の回数、低酸素の占める割合および体動は学生ボランティアと比較して多く、自宅での24時間1週間連続計測では、CLD患者において夜間在床時間が長く、夜間の途中離床が数回認められた。また、日中の在床時間が長く、体調不良との関連も示唆された。以上から、感圧センサシートを用いた在宅見守りシステムは高齢CLD患者の在宅管理に有用と考えられた。

在宅見守りシステムの寝心地については、問題となるような有害事象はなく、一部の被検者でシートが硬い、凹凸を少し感じるという意見はあったが、毛布をシートの上に敷くことで問題は解決された。センサシートを敷布の下に敷くだけで無拘束下で在床・離床の生活リズムを観察することが可能であった。日中の過眠の原因として多いのは、睡眠時間の短縮、不規則睡眠、睡眠相前進あるいは後退症候群、長時間睡眠者などがあるが、その診断に睡眠日記が使用されている¹¹⁾。このセンサシートを用いれば、就寝時刻、起床時刻、睡眠時間が客観的に記録され、診断および評価に用いることができる。学生ボランティアでの1週間の在床・離床の記録をみると、就寝時刻、起床時刻、睡眠時間の変動が大きく、不規則睡眠と考えられる。CLD患者の記録をみると、睡眠時間は

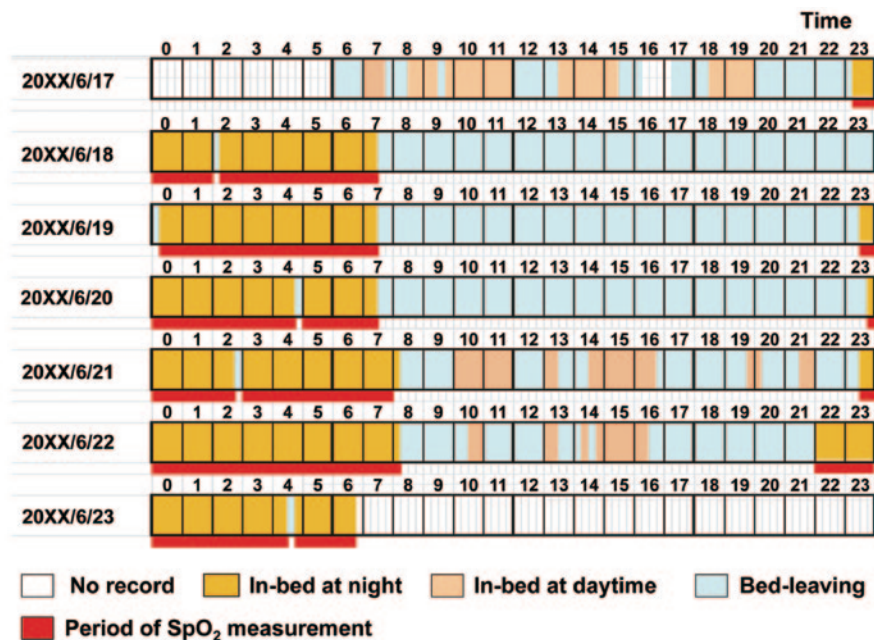


Fig. 4 Representative records of in-bed and bed-leaving for one week judged by a pressure sensor sheet in one patient with interstitial pneumonia.

Interrupted in-bed at night was found sometime whereas the time in-bed and leaving from bed and the duration of in-bed at night was almost constant. The frequency and sum of time of daytime in-bed was increased due to poor physical condition on first, fifth, and sixth day, but not found on second, third, and forth day.

Table 4 Results of one-week recording of in-bed and bed-leaving judged by a pressure sensor sheet in healthy subjects (control group) and patients with chronic lung disease (CLD group)

	Control	CLD
Number	4	8
Mean time for going to bed at night	1:16	21:32
SD of mean time for going to bed, minute	62	43.9
Wake-up time in the morning	8:03	7:15
SD of wake-up time in the morning, minute	88.7	41.1
Time duration of in-bed at night, minute	399.4 ± 44.0	577.9 ± 31.8
SD of time duration of in-bed at night, minute	86	44.5
Events of bed-leaving at night, events/night	0.18 ± 0.12	1.59 ± 0.47
Events of in-bed in the daytime, events/daytime	0.00 ± 0.00	3.30 ± 1.02
Time duration of in-bed in the daytime, minute	0.00 ± 0.00	172.3 ± 58.1

Values are means ± SEM. SD : standard deviation.

長い、中途離床が多く、日中の在床時間が長い。この在床時間と体調不良とは関連があり、体調が悪いときは日中の在床時間が長い。これは慢性疾患患者の在宅での体調見守りとして有効な機能となり得る。また、夜間中途離床が多い場合には、膀胱機能障害による頻尿、左心不全、睡眠障害などの存在が示唆され¹²⁾、その原因究明につながる。また、夜間の体動と睡眠効率との間には密接な関係があり、アクチグラフィを用いた体動の評価で

は、夜間の覚醒回数および覚醒時間との間に相関を認め、客観的な睡眠の質の評価に有用とされる^{13) 14)}。感圧センサシートによる体動とアクチグラフィによる体動の間にはきわめて良好な相関があり（デンソー社内データ）、感圧センサによる体動は睡眠効率の低下を反映していると考えられる。CLD患者では不眠、中途覚醒などの睡眠障害を有する比率が高いことが示唆されており¹⁵⁾、本研究結果とも一致する。また、COPDにおいては、不眠は

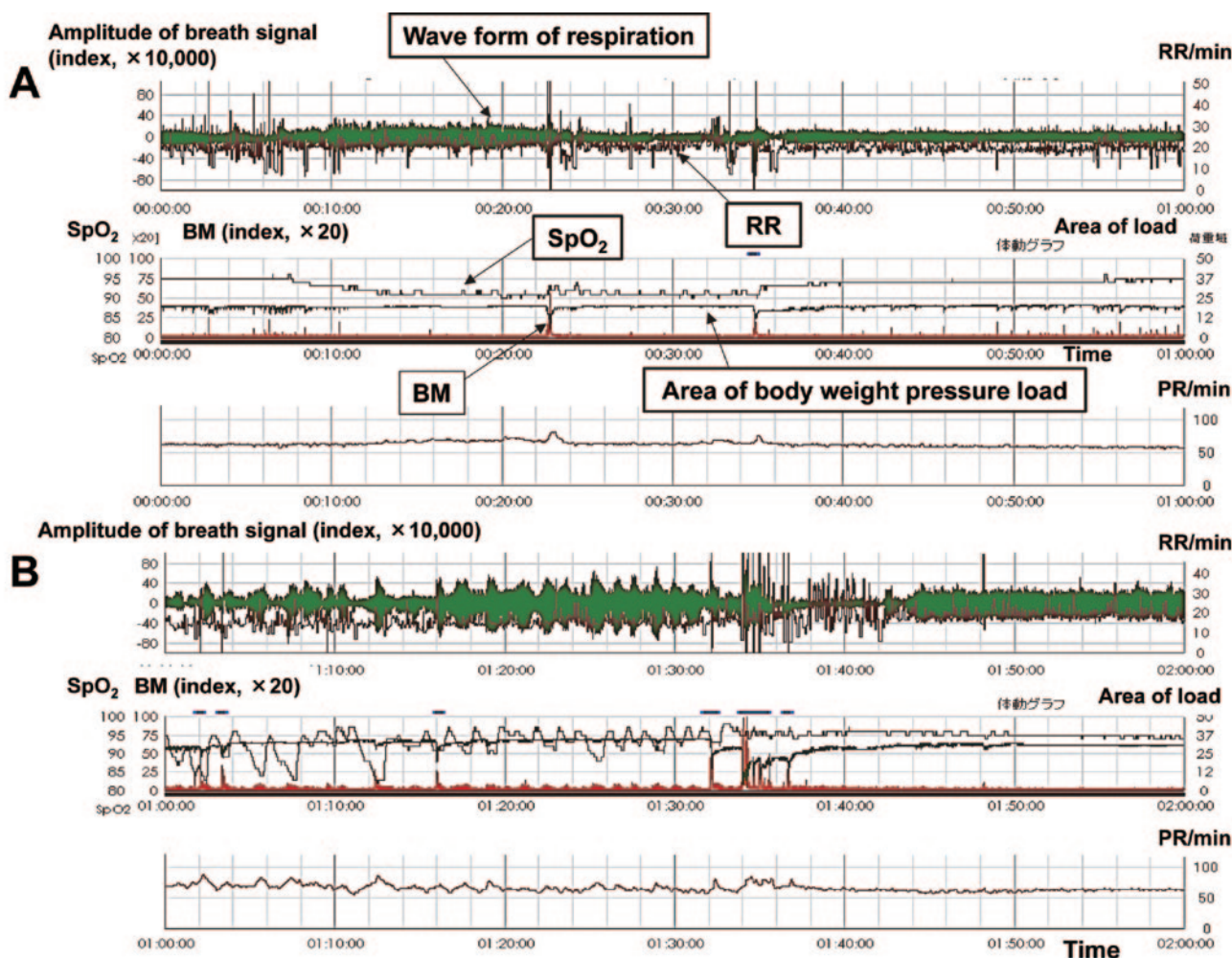


Fig. 5 Representative part of records of hypoventilation (A) and periodic apnea and hypopnea (B) in patients with CLD.

The upper panel shows a gradual drop of SpO₂ and the desaturation lasts for about 28 minutes, which may be due to hypoventilation (A). This patient also showed slight and periodic body movements due to periodic limb movements (PLM). The lower panel shows periodic drops of SpO₂ consistent with the periodic changes in amplitude of breathing, which may be due to periodic apnea and hypopnea (B).

RR : respiratory rate, BM : body movement, PR : pulse rate.

COPD増悪や死亡率とも関連があると報告されている¹⁶⁾.

CLD患者に特化させた在宅見守りシステムによる呼吸数算定のアルゴリズムは既存のRIPでの呼吸数ときわめて良好な相関があり、ほぼ同等であった (19.9 ± 1.6 vs 19.9 ± 1.5) が、むしろ呼吸数の変動が重要と思われる。CLDの代表疾患であるCOPDの10~30%に閉塞性睡眠時無呼吸 (obstructive sleep apnea : OSA) を合併し¹⁷⁾, overlap syndromeと呼ばれる¹⁸⁾。この合併頻度は一般のpopulationと同様であるが、OSAを合併しない群と比較し、睡眠中のSpO₂の低下 (desaturation) および睡眠障害は顕著であり、増悪頻度および死亡率は有意に高く、持続性陽圧呼吸 (continuous positive airway pressure : CPAP) 治療はその死亡率を有意に軽減する¹⁹⁾。また、呼吸機能障害を有するCLDでは、特にREM睡眠時の低換気に

よってdesaturationがみられる²⁰⁾。さらにCLDの増悪時にはdesaturationが顕著となる。以上のことから、CLD患者の在宅での管理において、特に夜間のSpO₂のモニタリングは低換気および睡眠時無呼吸低呼吸 (sleep apnea hypopnea : SAH) の発見に重要であり、治療必要性の判断にもつながる。また、両者の区別も可能であり、SAHでは周期的に変動し鋸歯状を呈するが、低換気ではなだらかに低下していくのが特徴である。Fig. 5にCLD患者で観察された低換気の例 (A) と周期性無呼吸低呼吸イベントの例 (B) を示す。今回は、低換気をSpO₂の低下で判断した。呼吸波形や呼吸数から低換気が判断できるのかという点について、本センサシートでは、呼吸波形の振幅は、呼吸に伴う体圧の変化を感知する感圧センサの荷重域および選択されたセンサの数によって自動的に変

動するため一定にはならない。よって、体動があると低換気を判定することは困難となってしまう。今後、この点を改良する必要がある。

CLDの在宅見守りとして、いかに体調不良や疾患の増悪を早期に発見し、適切な対処につなげるかが重要である。また、日常生活の活動量を維持することも重要であり、活動量の低下は増悪頻度の増加²¹⁾や独立した生命予後不良因子²²⁾となる。この在宅見守りシステムを使うことによって、SpO₂の低下、体動の増加、および日中の臥床時間の増加から体調不良を検知できると考えられる。また、日々の変動はないが毎日の平均在床時間が多い場合には、日常活動性が低下していることを反映している可能性があり、生活指導に役立てることが可能と考えられる。さらに本機器の特徴は無拘束で患者にセンサを装着せずに呼吸のモニターおよび在床・離床といった生活パターンが把握できることであり、さらにパルスオキシメーターを装着すれば、低酸素の有無、脈拍数もモニターが可能である。今後は通信機能を持たせ、クラウドに集積し、遠隔で患者のデータを観察、利用できるIoT (internet of things) の構築を目指す。

謝辞：本研究の遂行にあたって、多大なるご協力をいただきました信州大学医学部保健学科検査技術科学専攻学生であった伊藤かえで、今井寛子、柳沢美穂および臨床検査技師の百瀬寿朗さんに心から深謝いたします。

著者のCOI (conflicts of interest) 開示：藤本 圭作；研究費・助成金 (株式会社金沢村田製作所, 株式会社デンソー)。他は本論文発表内容に関して特に申告なし。

引用文献

- 1) 内閣府. 高齢者の家族と世帯. 第1章第2節 高齢者の姿と取り巻く環境の現状と動向. 平成29年版高齢社会白書 (全体版).
http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2017/zenbun/29pdf_index.html (accessed on July 23, 2018)
- 2) Chan M, et al. Smart wearable systems: current status and future challenges. *Artif Intell Med* 2012; 56: 137-56.
- 3) Hong YJ, et al. Mobile health monitoring system based on activity recognition using accelerometer. *Simul Model Pract Theory* 2010; 18: 446-55.
- 4) Li M, et al. Development of patch-type sensor module for wireless monitoring of heart rate and movement index. *Sens Actuators A Phys* 2012; 173: 277-83.
- 5) Huang B, et al. A method of abnormal habits recognition in intelligent space. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 2014; 29: 125-33.

- 6) Botia JA, et al. Ambient assisted living system for in-home monitoring of healthy independent elders. *Expert Systems with Applications* 2012; 39: 8136-48.
- 7) Nyan MN, et al. Distinguishing fall activities from normal activities by angular rate characteristics and high-speed camera characterization. *Med Eng Phys* 2006; 28: 842-9.
- 8) 品川佳満, 他. 人間性へ配慮した高齢者見守りシステムの開発—高齢者のプライバシー・抵抗感に視点をのいた意識調査. *川崎医療福祉会誌* 2001; 11: 199-204.
- 9) Nakashima S, et al. Restroom human detection using one-dimensional brightness distribution sensor. In: Lee R, ed. *Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing. Studies in Computational Intelligence*. 492. Heidelberg: Springer. 2013; 1-10.
- 10) Agatsuma T, et al. A novel device (SD-101) with high accuracy for screening sleep apnoea-hypopnoea syndrome. *Respirology* 2009; 14: 1143-50.
- 11) American Academy of Sleep Medicine. *International Classification of Sleep Disorders, 3rd ed (ICSD-3)*. IL: American Academy of Sleep Medicine. 2014.
- 12) 内村直尚. メタボリックシンドロームと排尿障害 メタボリックシンドロームと夜間頻尿—睡眠障害の観点から—. *排尿障害* 2011; 19: 18-23.
- 13) Ancoli-Israel S, et al. The role of actigraphy in the study of sleep and circadian rhythms. *Sleep* 2003; 26: 342-92.
- 14) Ibáñez-Del Valle V, et al. Subjective and objective sleep quality in elderly individuals: the role of psychogeriatric evaluation. *Arch Gerontol Geriatr* 2018; 76: 221-6.
- 15) Budhiraja R, et al. Prevalence and polysomnographic correlates of insomnia comorbid with medical disorders. *Sleep* 2011; 34: 859-67.
- 16) Omachi TA, et al. Disturbed sleep among COPD patients is longitudinally associated with mortality and adverse COPD outcomes. *Sleep Med* 2012; 13: 476-83.
- 17) Bednarek M, et al. There is no relationship between chronic obstructive pulmonary disease and obstructive sleep apnea syndrome: a population study. *Respiration* 2005; 72: 142-9.
- 18) Pronzato C. Chronic obstructive pulmonary disease and obstructive sleep apnea. Association, consequences and treatment. *Monaldi Arch Chest Dis* 2010; 73: 155-61.
- 19) Marin JM, et al. Outcomes in patients with chronic obstructive pulmonary disease and obstructive

- sleep apnea: the overlap syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 2010; 182: 325–31.
- 20) McNicholas WT, et al. Sleep disorders in COPD: the forgotten dimension. *Eur Respir Rev* 2013; 22: 365–75.
- 21) Waschki B, et al. Physical activity is the strongest predictor of all-cause mortality in patients with COPD: a prospective cohort study. *Chest* 2011; 140: 331–42.
- 22) Garcia-Rio F, et al. Prognostic value of the objective measurement of daily physical activity in patients with COPD. *Chest* 2012; 142: 338–46.

Abstract

Development of an in-home monitoring system for elderly patients with chronic lung disease using a pressure sensor sheet

Keisaku Fujimoto, Ayaka Yamamoto and Takaya Nishiyama

Department of Clinical Laboratory Sciences, Shinshu University School of Health Sciences

We adapted an existing pressure-sensor sheet for screening sleep apnea-hypopnea syndrome (Sleep EYE®, Denso Co. Ltd.) to develop an in-home monitoring system for patients with chronic lung disease (CLD) to monitor in-bed and bed-leaving, respiratory rate (RR), breathing pattern, body movement (BM), SpO₂, and pulse rate, and examined its effectiveness in 6 healthy volunteers and 8 elderly patients with CLD. When compared with the volunteers, the CLD patients experienced higher RR, increased apnea-hypopnea and hypoventilation, more cumulative time with SpO₂<90%, and increased BM at night. The measurements taken at home every day for 1 week showed that the CLD patients experienced significantly increased in-bed time, frequency of getting out of bed at night, and in-bed time during the daytime when compared with the volunteers. These findings suggest that the newly developed pressure sensor sheet system may be useful as an in-home monitoring system for elderly CLD patients.