

# Nowa metoda wykrywania epizodów bezdechu sennego oraz sptyczenia oddechu w zarejestrowanych zapisach sygnału przepływu powietrza

## A new method of detecting sleep apnea and hypopnea episodes in airflow signal recordings

Janusz Siebert<sup>1, A, E, G</sup>,  
Marcin Ciolek<sup>2, A, C-G</sup>,  
Stefan Sieklicki<sup>2, A, E, G</sup>,  
Jacek Drozdowski<sup>3, A, B, D, G</sup>,  
Andrzej Molisz<sup>1, B</sup>,  
Andrzej Jaroszyński<sup>4, B</sup>

<sup>1</sup>Katedra Medycyny Rodzinnej Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego

<sup>2</sup>Katedry Systemów Automatyki Politechniki Gdańskiej

<sup>3</sup>Katedra Pneumonologii i Alergologii Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego

<sup>4</sup>Katedra Medycyny Rodzinnej Lubelskiego Uniwersytetu Medycznego

A — przygotowanie projektu badania,  
B — zbieranie danych, C — analiza statystyczna,  
D — interpretacja danych, E — przygotowanie maszynopisu, F — opracowanie piśmiennictwa,  
G — pozyskanie funduszy

### STRESZCZENIE

**Wstęp:** W klinikach pneumonologicznych stosuje się komercyjne programy komputerowe do określania stopnia nasilenia bezdechu sennego. Poważnym problemem w tych programach jest niewystarczająca czułość zastosowanych algorytmów.

**Cel pracy:** Ocena czułości i swoistości nowo opracowanej metody wykrywania epizodów bezdechu sennego oraz sptyczenia oddechu.

**Materiał i metody:** Dokonano szczegółowej analizy 10 badań polisomnograficznych. Zbadano czułość i swoistość opracowanej metody oraz porównano ją z wynikami analiz uzyskanych z komercyjnych programów komputerowych.

**Wyniki:** Opracowana metoda osiąga czułość powyżej 80% (przy zachowaniu wysokiej swoistości), czułość porównywanego programu komercyjnego uzyskuje poziom 60% poprawnych rozpoznań.

**Wnioski:** Wyniki badań potwierdzają wysoką czułość i swoistość opracowanej metody oraz wskazują na konieczność poprawy algorytmów w obecnie stosowanych programach komercyjnych do badań polisomnograficznych.

Forum Medycyny Rodzinnej 2013, tom 7, nr 2, 75–79

słowa kluczowe: bezdech senny, sptyczenie oddechu

### ABSTRACT

**Background:** In sleep clinics commercial computer programs are used to determine the severity of sleep apnea. A major problem is the insufficient sensitivity of the algorithms used in these programs.

### Adres do korespondencji:

inż. Marcin Ciolek  
Katedra Systemów Automatyki  
Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki,  
Politechnika Gdańska  
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk  
tel.: (058) 347-25-32  
e-mail: marcin.ciolek@pg.gda.pl



## Syndrom bezdechu sennego oraz sypnięcia oddechu dotyczy 2–4% osób dorosłych

### WSTĘP

Syndrom bezdechu sennego oraz sypnięcia oddechu (SBSSO) podczas snu jest poważnym problemem zdrowotnym i społecznym. Dotyczy 2–4% osób dorosłych. Zauważalnym objawem syndromu SBSSO u pacjentów jest nadmierna senność w ciągu dnia wynikająca z fragmentacji snu. Jest ona konsekwencją wielokrotnie powtarzających się epizodów obturacji górnych dróg oddechowych prowadząc do obniżenia poziomu saturacji krwi tlenem [1, 2].

Opieka zdrowotna promuje badania polisomnograficzne oraz badania przesiewowe. Ich celem jest wczesne wykrycie oraz ocena stopnia nasilenia syndromu SBSSO u badanych pacjentów. W pracowniach polisomnograficznych są stosowane specjalistyczne programy komputerowe do analizy zarejestrowanych badań. Poważnym problemem jest wciąż niewystarczająca czułość zastosowanych algorytmów w tych programach [3]. Skutkiem tego jest możliwość nieprawidłowej automatycznej oceny stopnia nasilenia SBSSO oraz konieczność żmudnego poprawiania analizy przez lekarzy.

### CEL PRACY

Celem pracy jest przedstawienie efektów uzyskanych podczas realizacji projektu badaw-

**Objectives:** Evaluation of the effectiveness of a new method for detecting sleep apnea and hypopnea episodes.

**Material and methods:** A detailed analysis of 10 polysomnographic records was carried out. The sensitivity and specificity of the proposed method was examined and compared with the analysis carried out by commercial computer programs.

**Results:** The proposed method has an average sensitivity of over 80% (while maintaining high specificity), where the sensitivity of the computer program was recorded at 60% of correct detections.

**Conclusions:** The results confirm the high sensitivity and specificity of the new method and indicate the need to improve the algorithms in commercial computer programs which are currently used in sleep clinics to analyze polysomnographic records.

Forum Medycyny Rodzinnej 2013, vol 7, no 2, 75–79

**key words:** sleep apnea, hypopnea

czego. Projekt badawczy pt.: „Opracowanie adaptacyjnego algorytmu sterowania autorskim aparatem zapobiegającym powstawaniu epizodów bezdechu sennego” realizowany jest we współpracy Katedry Systemów Automatyki Politechniki Gdańskiej, Katedra Medycyny Rodzinnej oraz Katedra Pneumonologii i Alergologii Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego, i jest finansowany przez Narodowe Centrum Nauki. Jednym z celów projektu badawczego było opracowanie nowej metody wykrywania epizodów bezdechu sennego oraz sypnięcia oddechu poprzez analizę zarejestrowanych przebiegów parametrów snu. Zasadniczą cechą opracowanej metody jest wysoka czułość i swoistość analizy.

### MATERIAŁY I METODY

W badaniu wykorzystano 10 zarejestrowanych zapisów badań polisomnograficznych. Zapisy badań przeanalizowane zostały przez komercyjny program komputerowy Embla RemLogic. Wyniki automatycznej analizy poprawione zostały przez lekarza według obowiązujących kryteriów [4]. Otrzymana w ten sposób baza stanowiła punkt odniesienia dla oceny wyników analizy nowo opracowanej metody. Wyniki tych analiz przedstawione zostały w tabeli 1.

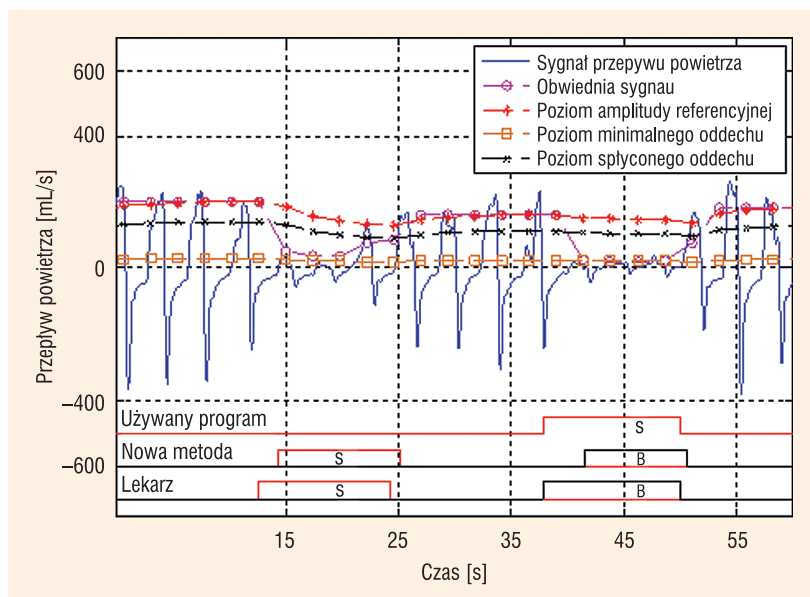
**Tabela 1**

Zestawienie wyników analiz: komercyjnego programu komputerowego, opracowanej metody oraz lekarza–eksperta

Pacjent	Używany program			Opracowana metoda			Lekarz		
	L	B	S	L	B	S	L	B	S
1	201	37	164	297	77	220	262	75	187
2	201	13	188	300	34	266	313	31	282
3	285	185	100	510	271	239	467	265	202
4	20	8	12	84	12	72	81	13	68
5	20	1	19	53	3	50	52	5	47
6	178	9	169	224	16	208	221	19	202
7	22	1	21	77	2	75	64	2	62
8	96	33	63	153	31	122	160	32	128
9	88	67	21	162	76	86	164	76	88
10	164	79	85	244	99	145	256	144	112
Suma	1275	433	842	2104	621	1483	2040	662	1378

L — liczba wykrytych epizodów, B — epizody sklasyfikowane jako bezdech senny, S — epizody sklasyfikowane jako sptyczenie oddechu

Opracowana metoda identyfikuje epizody bezdechu sennego oraz sptyczenia oddechu w sposób naśladujący podejście lekarza. W pierwszym kroku wyznaczona zostaje obwódka przefiltrowanego sygnału określająca kontur sygnału jaki widzi lekarz. Sposób określania obwódki sygnału jest odporny na występujące artefakty, np. nagłe, gwałtowne oddechy wynikające z poruszania się pacjenta podczas snu. W kolejnych działaniach algorytmy rekurencyjne i adaptacyjne służą do określenia poziomu amplitudy referencyjnej, względem której na bieżąco wyliczane są poziomy sptyconego oraz minimalnego oddechu. Wynikiem analizy obwódki sygnału przepływu powietrza jest sygnał detekcyjny określający czy dany fragment sygnału reprezentuje: poprawny oddech, sptyczenie oddechu czy bezdech senny (ryc. 1).



**Rycina 1.** Porównanie wyników analizy fragmentu oddechu: używany komercyjny program komputerowy, nowo opracowana metoda, lekarz–ekspert

## WYNIKI

Na podstawie danych zebranych w tabelach 1–3 można stwierdzić, że lekarz w każdym przypadku znacząco poprawiał wyniki analiz programu komputerowego. Liczby określające ilość wykrytych i sklasyfikowanych epi-

zodów obu typów różnią się prawie dwukrotnie. Opracowana, nowa metoda daje wyniki analiz zbliżone do wyników uzyskiwanych po korekcji przez doświadczonego lekarza, a nawet je przewyższa.



**Tabela 2**

Zestawienie ocen stopnia nasilenia bezdechu sennego według analiz: komercyjnego programu komputerowego, opracowanej metody oraz lekarza eksperta. Wskaźniki pokazują średnią liczbę epizodów na 1 godzinę snu

Pacjent	Czas badania [min]	Używany program			Opracowana metoda			Lekarz		
		AHI	AI	HI	AHI	AI	HI	AHI	AI	HI
1	427	28,2	5,2	23,0	41,7	10,8	30,9	36,8	10,5	26,3
2	427	28,2	1,8	26,4	42,2	4,8	37,4	44,0	4,4	39,6
3	443	38,6	25,1	13,5	69,1	36,7	32,4	63,3	35,9	27,4
4	432	2,8	1,1	1,7	11,7	1,7	10,0	11,3	1,8	9,4
5	415	2,9	0,1	2,7	7,7	0,4	7,2	7,5	0,7	6,8
6	432	24,7	1,3	23,5	31,1	2,2	28,9	30,7	2,6	28,1
7	433	3,0	0,1	2,9	10,7	0,3	10,4	8,9	0,3	8,6
8	421	13,7	4,7	9,0	21,8	4,4	17,4	22,8	4,6	18,2
9	427	12,4	9,4	3,0	22,8	10,7	12,1	23,0	10,7	12,4
10	433	22,7	10,9	11,8	33,8	13,7	20,1	35,5	20,0	15,5

AHI — epizody bezdechu sennego + splotenia oddechu, AI — epizody bezdech sennego, HI — epizody splotenia oddechu

**Tabela 3**

Ocena czułości i swoistości wyników obu analiz

Pacjent	Używany program								Opracowana metoda							
	Bezdech (%)				Splotenie (%)				Bezdech (%)				Splotenie (%)			
	T	K	F	C	T	K	F	C	T	K	F	C	T	K	F	C
1	86	14	0	43	76	18	6	66	81	17	2	83	70	6	24	83
2	100	0	0	42	88	6	6	59	76	24	0	84	86	2	12	81
3	92	4	4	64	61	32	7	30	87	8	5	89	65	8	27	77
4	100	0	0	62	67	33	0	12	100	0	0	92	78	1	21	82
5	100	0	0	20	95	5	0	38	100	0	0	60	72	4	24	77
6	100	0	0	47	88	6	6	73	94	6	0	79	86	2	12	89
7	100	0	0	50	95	0	5	32	100	0	0	100	69	0	31	84
8	85	12	3	88	92	5	3	45	87	10	3	84	80	4	16	77
9	97	3	0	86	76	10	14	18	96	4	0	96	87	1	12	85
10	99	0	1	54	52	36	12	39	98	0	2	67	65	30	5	84
Średnia	95,9	3,3	0,8	55,6	79	15,1	6	41,2	91,9	6,9	1,2	83,4	75,8	5,7	18,3	81,9

T (%) — wskaźnik prawidłowych decyzji wykrycia i klasyfikacji epizodu, K (%) — wskaźnik prawidłowych decyzji wykrycia przy jednocześnie błędnej klasyfikacji epizodu, F (%) — wskaźnik błędnych decyzji wykrycia epizodu, C (%) — wskaźnik czułości analizy

### DYSKUSJA

Wyniki zebrane w tabeli 2 pozwalają na ocenę stopnia nasilenia syndromu SBSSO wyznaczone na podstawie danych z tabeli 1 i informacji o czasie trwania badania. Stwierdza się u pacjenta stopień łagodny, gdy wskaźnik AHI  $\geq 5$  i  $< 15$ ; stopień umiarkowany, gdy wskaźnik AHI  $\geq 15$  i  $< 30$  oraz stopień ciężki, gdy wskaźnik AHI  $> 30$ . Wyniki analiz rutynowego programu komputerowego w 6/10 przy-

padkach wprowadziłyby lekarza w błąd. Ocena stopnia nasilenia syndromu SBSSO wyznaczona na podstawie opracowanej metody we wszystkich przypadkach pokrywa się z oceną lekarza. Wyniki przedstawione w tabeli 3 pozwalają na ocenę czułości i swoistości wyników analiz używanego programu komputerowego oraz nowo opracowanej metody. Decyzje podejmowane przez program komputerowy o wykryciu i klasyfikacji epizodów są trafne

na poziomie: bezdech senny T = 95,9%, sptyczenie oddechu T = 79%, w przypadku opracowanej metody: bezdech senny T = 91,9%, sptyczenie oddechu T = 75,8%. Opracowana metoda, mimo mniejszych wskaźników trafności z powodu większej liczby podejmowanych decyzji, osiąga znacznie większą czułość (sptyczenie oddechu C = 81,9%, bezdech senny C = 83,4%) niż dotychczas używany program komputerowy (sptyczenie oddechu C = 41,2%, bezdech senny C = 55,6%).

## WNIOSKI

Opracowana przez nas metoda wykazała znacząco wyższą czułość w porównaniu ze stosowaną w komercyjnym programie analiz bezdechu sennego oraz sptyczenia oddechu.

Przedstawione wyniki jednoznacznie wskazują potrzebę opracowywania nowych, jeszcze bardziej skutecznych metod wykrywania epizodów bezdechu sennego oraz sptyczenia oddechu.

---

## PIŚMIENNICTWO

1. The Report of an American Academy of Sleep Medicine Task Force. Sleep-Related Breathing Disorders in Adults: Recommendations for Syndrome Definition and Measurement Techniques in Clinical Research. *Sleep* 1999; 22: 667–689.
2. Kurpas D., Gawlik M. Obturacyjny bezdech senny w opinii pacjentów. *Family Medicine & Primary Care review* 2012; 14: 389–392.
3. Hayes, Inc. Medical Technology Directory. Home Sleep Studies for Diagnosis of Obstructive Sleep Apnea in Adults. Lansdale, PA: Hayes, Inc.; May 29, 2008. Last updated May 14, 2010.
4. Pack A.I. Advances in sleep disordered breathing. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2006; 172: 7–15.