

Ocena zastosowania biofeedbacku oddechowego w fizjoterapii chorych na POChP

Possibilities for respiratory biofeedback application in physiotherapy of patients with COPD

Pawełczyk W.^{1 (A,B,C,D,E,F)}, Bajowska J.^{2 (A,B)}, Wójtowicz B.^{2(B)}, Bogacz K.^{1,2(B,D)}, Sirek T. (C,E), Szczegielniak J.^{1,2 (A,D,E)}

¹ Politechnika Opolska

² Szpital Specjalistyczny MSWiA w Głucholazach

Streszczenie

Wstęp. Dotychczas brak kompleksowych badań z zastosowaniem biofeedbacku oddechowego, a wnioski wypływające z niewielu prac z wykorzystaniem tej techniki u chorych na POChP nie są jednoznaczne.

Cel pracy. Celem pracy było porównanie wpływu standardowej fizjoterapii oraz fizjoterapii wzbogaconej o ćwiczenia prowadzone metodą biofeedback na amplitudę oddechu, wyniki 6-minutowego testu marszowego oraz wybrane wskaźniki określające czynność wentylacyjną płuc u chorych na POChP w trakcie stacjonarnej fizjoterapii.

Materiał i metody badań. Zbadano 32 chorych w łagodnym i umiarkowanym stadium POChP. Chorzy zostali podzieleni losowo na 2 grupy. Badani chorzy z grupy A poddani byli standardowej fizjoterapii, a chorzy z grupy B uczestniczyli dodatkowo w ćwiczeniach prowadzonych metodą biofeedback. Przed i po zastosowanym programie fizjoterapii u wszystkich badanych chorych zbadano amplitudę oddechu, wykonano test marszowy oraz badanie spirometryczne.

Wynik. Stwierdzono istotny statystycznie przyrost wartości amplitudy brzuszego toru oddechowego w grupie B po fizjoterapii, który wyniósł 0,74 j.w. ($\pm 0,53$, $p < 0,05$).

Przyrost wartości wskaźnika FEV₁ w grupie B po fizjoterapii był istotny statystycznie i wyniósł 3,38% ($\pm 4,34$, $p < 0,05$).

Wnioski

1. Stwierdzono, że zastosowanie ćwiczeń oddechowych prowadzonych metodą biofeedback w fizjoterapii chorych na POChP istotnie zwiększa amplitudę ruchu oddechowego określającego brzuszny tor oddychania.
2. Wykazano, że trening metodą biofeedback stosowany u chorych na POChP wpływa na istotną poprawę wartości wskaźnika FEV₁.

Słowa kluczowe:

biofeedback, POChP, fizjoterapia

Summary

Background. There are no comprehensive studies of breathing biofeedback. The influence of breathing biofeedback in patients with COPD is unclear.

Study Objective. The aim of this study was to compare standard physiotherapy with physiotherapy connected to biofeedback exercises with respect to breathing amplitude, 6MWT results and lungs function in patients with COPD.

Measurements. Thirty six patients with COPD were examined. They were divided into two groups. Group A took part in standard physiotherapy. Group B took part in standard physiotherapy and additional biofeedback exercises. Six minute walking test, spirometry and breathing amplitude measurement were conducted.

Results. There was significant improvement of abdominal movement in group B 0,74 ($\pm 0,53$, $p < 0,05$). The change of FEV₁ in group B was significant. The change was 3,38% ($\pm 4,34$, $p < 0,05$).

Conclusion

1. This investigation showed the influence of standard physiotherapy connected to biofeedback exercises on abdominal movement.
2. Standard physiotherapy connected to biofeedback exercises is effective in improving FEV1 in patients with COPD.

Key words:

biofeedback, COPD, physiotherapy

Wstęp

Trening oddechowy wymaga indywidualizacji, świadomego udziału chorego oraz kontroli techniki i efektów. Metodą, która sprostaby takim oczekiwaniom wydaje się być trening oddechowy z wykorzystaniem techniki biofeedbacku.

Dotychczas przeprowadzono niewiele badań z zastosowaniem biofeedbacku oddechowego, a wnioski dotyczące efektów usprawniania z wykorzystaniem tej techniki nie są jednoznaczne. Dlatego postanowiono zbadać możliwość wykorzystania biofeedbacku oddechowego bazującego na pomiarze biomechanicznym obwodu górnej części klatki piersiowej oraz brzucha w fizjoterapii chorych na POChP.

Cel pracy

Celem pracy było porównanie wpływu standardowej fizjoterapii oraz fizjoterapii wzbogaconej o ćwiczenia prowadzone metodą biofeedback na amplitudę oddechu, wyniki 6-minutowego testu marszowego oraz wybrane wskaźniki określające czynność wentylacyjną płuc u chorych na POChP w trakcie stacjonarnej fizjoterapii.

Material i metody badań

Zbadano 36 losowo wybranych chorych (21 kobiet, 15 mężczyzn; średnia wieku: 64,9 lat; SD: 11,43) w łagodnym i umiarkowanym stadium POChP, usprawnianych w Dziale Usprawniania Leczniczego Szpitala Specjalistycznego MSW w Głuchołazach, u których stwierdzono zaburzenia toru oddychania. (tab.1)

Tab. 1. Charakterystyka badanej grupy

	Liczba badanych	Liczba kobiet	Liczba mężczyzn	Wiek w latach	Masa ciała w kilogramach	Wysokość ciała w metrach	FEV ₁ %
	36	21	15	64,9	68,62	1,68	76,17%
SD				±11,43	±15,01	±0,13	±22,17

Zakwalifikowani chorzy zostali poinformowani o celu i formie badania oraz wyrazili pisemną zgodę na uczestnictwo w badaniach. Chorzy w obu badanych grupach nie różnili się istotnie pod względem wieku, wysokości i masy ciała oraz wartości wskaźnika FEV₁.

Chorzy zostali podzieleni losowo na 2 grupy. Grupa A była poddana standardowej fizjoterapii pulmonologicznej, stosowanej w Szpitalu Specjalistycznym MSW w Głuchołazach u chorych na POChP [1,2]. Program fizjoterapii, stosowany 6 razy w tygodniu, w zależności od stanu chorego, obejmował: ćwiczenia oddechowe, ćwiczenia ogólnousprawniające, trening na ergometrze rowerowym lub bieżni ruchomej, trening oporowy, spacer, zajęcia rekreacyjne, drenaż ułożeniowy, oklepywanie klatki piersiowej i inhalacje. Grupa B została poddana standardowej fizjoterapii wzbogaconej dodatkowo o ćwiczenia brzuszego toru oddechowego prowadzone metodą biofeedback. Do terapii użyto aparatu BioGraph Infiniti bazującego na koderze ProComp5 Infiniti oraz programu BioGraph Infiniti 4.0. Sesje prowadzono w pozycji półleżącej. Chory podczas terapii owinięty był pasami z sensorami oddychania, wokół klatki piersiowej

i brzucha. Dane z czujników były transmitowane do komputera i konwertowane na obraz wyświetlany na ekranie LCD. Chory w czasie ćwiczeń kontrolował swój tor oddechowy patrząc na ekran. Przed każdą sesją pacjenci byli instruowani: „Oddychaj spokojnie, głęboko, angażując dolne partie klatki piersiowej i brzuch. Staraj się, aby kreska na monitorze określająca głębokość oddechu brzuszego była jak najdłuższa. Gdy będziesz prawidłowo oddychał kreska zmieni barwę na zieloną oraz usłyszysz z głośników muzykę.” Sesja terapeutyczna na aparacie biofeedback trwała około 20 minut. Sesja ćwiczeniowa biofeedback polegała na naprzemiennym 2-minutowym ćwiczeniu i 2-minutowym odpoczynku. Technikę biofeedback stosowano u chorych co drugi dzień, 3 razy w tygodniu.

Na początku i na końcu 3 tygodniowego programu fizjoterapii u wszystkich badanych chorych wykonano test 6-minutowego marszu, diagnozę ruchu oddechowego klatki piersiowej i brzucha za pomocą aparatu BioGraph Infiniti oraz badanie spirometryczne za pomocą aparatu Lungtest (tab. 2).

Tab. 2. Program badania

Grupa A	Grupa B
6MWT Ocena ruchu oddechowego górno-żebrowego i brzuszego Spirometria	
Standardowa fizjoterapia 6 razy w tygodniu	Standardowa fizjoterapia 6 razy w tygodniu + ćwiczenia oddechowe prowadzone metodą biofeedback 3 razy w tygodniu
6MWT Ocena ruchu oddechowego górno-żebrowego i brzuszego Spirometria	

Zbrane dane poddano analizie statystycznej. Dla poszczególnych parametrów obliczono wartości średnie i odchylenie standardowe. Poziom istotności w obrębie grup określono przy użyciu testu T-Studenta, a różnice pomiędzy grupami porównano testem U-Manna-Whitneya.

Wyniki

W badaniach analizowano wartość wskaźnika FEV_1 , wydatku energetycznego wyrażonego w MET oraz rozszerzalność klatki piersiowej i brzucha wyrażoną w jednostkach własnych. Określono średnie wartości badanych wskaźników w grupach oraz porównano różnicę średnich wartości wskaźników przed i po fizjoterapii w obu badanych grupach i pomiędzy nimi.

Wykazano, że średnia wartość wskaźnika FEV_1 w grupie A przed fizjoterapią wyniosła 79,1% ($\pm 21,88$), a po fizjoterapii 79,18% ($\pm 21,74$). Przyrost wartości wskaźnika FEV_1 w grupie A po fizjoterapii wyniósł 0,08% i nie był istotny statystycznie ($\pm 5,98$, $p > 0,05$).

Stwierdzono, że średnia wartość wskaźnika FEV_1 w grupie B przed fizjoterapią wyniosła 73,24% ($\pm 22,69$), a po fizjoterapii 76,62% ($\pm 21,58$). Przyrost wartości wskaźnika FEV_1 w grupie B był istotny statystycznie i wyniósł 3,38% ($\pm 4,34$, $p < 0,05$).

Stwierdzono statystycznie istotną różnicę przyrostu wartości wskaźnika FEV_1 pomiędzy badanymi grupami ($p < 0,05$) (tab. 3).

Tab. 3. Wartość wskaźnika FEV_1 przed i po fizjoterapii

Grupa A				Grupa B			
Wartość FEV_1 przed fizjoterapią X $\pm$ SD	Wartość FEV_1 po fizjoterapii X $\pm$ SD	Różnica	P	Wartość FEV_1 przed fizjoterapią X $\pm$ SD	Wartość FEV_1 po fizjoterapii X $\pm$ SD	Różnica	P
79,1% 21,88	79,18% 21,74	0,08% 5,98	ns	73,24% 22,69	76,62% 21,58	3,38% 4,34	$p < 0,05$

W badaniach wykazano, że średnia wartość współczynnika MET w grupie A przed fizjoterapią wyniosła 6,35 ($\pm 2,16$), a po fizjoterapii 6,89 ($\pm 2,15$). Przyrost wartości współczynnika MET w tej grupie był istotny statystycznie i wyniósł 0,54 ($\pm 1,07$, $p < 0,05$).

Stwierdzono, że średnia wartość współczynnika MET w grupie B przed fizjoterapią wyniosła 5,66 ($\pm 2,25$), a po fizjote-

rapii 6,61 ($\pm 3,02$). Przyrost wartości współczynnika MET w tej grupie był także istotny statystycznie i wyniósł 0,95 ($\pm 1,2$, $p < 0,05$).

Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic przyrostu wartości współczynnika MET pomiędzy badanymi grupami ($p > 0,05$) (tab. 4).

Tab. 4. Wartość współczynnika MET przed i po fizjoterapii

Grupa A				MET w teście 6-minutowym		Grupa B	
Wartość MET przed fizjoterapią X±SD	Wartość MET po fizjoterapii X±SD	Różnica	P	Wartość MET przed fizjoterapią X±SD	Wartość MET po fizjoterapii X±SD	Różnica	P
6,35	6,89	0,54	p<0,05	5,66	6,61	0,95	p<0,05
2,16	2,15	1,07		2,25	3,02	1,2	

Wykazano, że średnia wartość amplitudy określającej piersiowy tor oddechowy w grupie A przed fizjoterapią wyniosła 1,18 j.w. ($\pm 0,65$), a po fizjoterapii 1,05 j.w. ($\pm 0,58$). Stwierdzono nieistotne statystycznie zmniejszenie wartości amplitudy piersiowego toru oddechowego w tej grupie po fizjoterapii o 0,13 j.w. ($\pm 0,61$, $p > 0,05$).

W grupie B przed fizjoterapią średnia wartość amplitudy określającej piersiowy tor oddechowy wyniosła 1,54 j.w.

($\pm 1,29$), a po fizjoterapii 1,16 j.w. ($\pm 1,17$). W grupie tej nie stwierdzono także istotnego zmniejszenia różnicy wartości amplitudy po zastosowanym programie fizjoterapii, która wyniosła 0,13 j.w. ($\pm 1,24$, $p > 0,05$).

Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic dotyczących zmian wartości amplitudy określającej tor oddechowy piersiowy pomiędzy badanymi grupami ($p > 0,05$) (tab. 5).

Tab. 5. Wartość amplitudy określającej tor oddechowy piersiowy przed i po fizjoterapii

Grupa A		Ruch oddechowy piersiowy (j.w.)		Grupa B			
Wartość amplitudy ruchu przed fizjoterapią X±SD	Wartość amplitudy ruchu po fizjoterapii X±SD	Różnica	P	Wartość amplitudy ruchu przed fizjoterapią X±SD	Wartość amplitudy ruchu po fizjoterapii X±SD	Różnica	P
1,18	1,05	-0,13	ns	1,54	1,16	0,13	ns
0,65	0,58	0,61		1,29	1,17	1,24	

W badaniach wykazano, że średnia wartość amplitudy określającej brzuszny tor oddechowy w grupie A przed fizjoterapią wyniosła 1,71 j.w. ($\pm 0,84$), a średnia wartość amplitudy po fizjoterapii wyniosła 1,79 j.w. ($\pm 1,13$). Nie stwierdzono

istotnej zmiany wartości amplitudy po fizjoterapii w tej grupie, która wyniosła 0,08 j.w. ($\pm 1,10$, $p > 0,05$).

Stwierdzono, że średnia wartość amplitudy brzuszego toru oddechowego w grupie B przed fizjoterapią wyniosła 1,7

j.w. ($\pm 1,42$), a po fizjoterapii 2,44 j.w. ($\pm 1,69$). Stwierdzono istotny statystycznie przyrost wartości amplitudy brzuszego toru oddechowego w tej grupie po fizjoterapii, który wyniósł 0,74 j.w. ($\pm 0,53$, $p < 0,05$).

Stwierdzono statystycznie istotną różnicę wartości amplitudy toru brzuszego pomiędzy badanymi grupami ($p < 0,05$) (tab. 6).

Tab. 6. Wartość amplitudy określającej ruch oddechowy brzuszny przed i po fizjoterapii

Grupa A		Ruch oddechowy brzuszny (j.w)		Grupa B			
Wartość amplitudy ruchu przed fizjoterapią X $\pm$ SD	Wartość amplitudy ruchu po fizjoterapii X $\pm$ SD	Różnica	P	Wartość amplitudy ruchu przed fizjoterapią X $\pm$ SD	Wartość amplitudy ruchu po fizjoterapii X $\pm$ SD	Różnica	P
1,71	1,79	0,08	ns	1,7	2,44	0,74	ns
0,84	1,13	1,10		1,42	1,69	0,53	

Omówienie wyników

Podstawowym celem powszechnych programów fizjoterapii pulmonologicznej chorych na POCHP jest zmniejszenie nasilenia objawów i poprawa jakości życia [3,4]. Poszczególne składowe programów fizjoterapii tych chorych, do których należą trening fizyczny, edukacja pacjenta, żywienie, psychoterapia i trening oddechowy różnią się między sobą i są uzależnione od potrzeb pacjentów [1,2,4,5].

Trening oddechowy ma na celu zmniejszenie rozdęcia klatki piersiowej, poprawę wentylacji w określonym rejonie płuc, zwiększenie wymiany gazowej, poprawę funkcji mięśni oddechowych i koordynacji brzuszno-piersiowej [6,7]. Udo- wodniono również wysoką skuteczność ćwiczeń oddechowych w reedukacji toru oddechowego i poprawie pracy przepony [3,6,7,8].

Trening oddechowy wymaga jednak indywidualnego podejścia do chorego, świadomego jego udziału w programie usprawniania oraz ciągłej kontroli techniki i efektów [3,6]. Wydaje się, że mógłby to zapewnić trening oddechowy z wykorzystaniem metody biofeedback. Definiuje się go jako wykorzystanie specjalistycznego oprzyrządowania do odzwierciedlenia procesów psychicznych i fizjologicznych, z których osoba nie zdaje sobie sprawy, a które można świadomie kontrolować [9]. Gdyby nie biofeedback, informacja zwrotna mogłaby zostać niezauważona [10].

Biofeedback jest używany od ponad 50 lat i początkowo był stosowany do odtwarzania wzorców ruchowych po urazach [11]. Na podstawie dostępnego piśmiennictwa należy przy- jąć, że może być również stosowany do odtwarzania wzor- ców związanych z układem nerwowym jak i układem

krążenia czy oddechowym [12].

Dotychczas przeprowadzono niewiele badań nad zastosowa- niem biofeedbacku oddechowego [13]. Wnioski z nich pły- nące nie dają jednak odpowiedzi na kluczowe pytania związane z efektami stosowania, a często są wzajemnie wy- kluczające.

Przyjmuje się, że w przebiegu POCHP poważną rolę odgry- wają czynniki psychologiczne i środowiskowe [13,14]. W badaniach Norweg i wsp. biofeedback mentalny umożli- wił pracownikom chorym na POChP większą kontrolę dusz- ności, zwiększając pewność siebie [15]. Wykazano również, że motywowanie poprzez wiadomości wysyłane na smartfo- ny pozwala zwiększyć aktywność fizyczną chorych [16].

W badaniach stwierdzano też możliwość zmniejszenia tempa oddechu i poprawę wskaźników spirometrycznych poprzez biofeedback związany z kontrolą częstotliwości tętna [17,18].

W badaniach własnych opracowano możliwość wykorzysta- nia biofeedbacku oddechowego związanego z pomiarem biomechanicznym obwodu górnej części klatki piersiowej oraz brzucha. Ze względu na brak kompleksowych badań dotyczących tego zagadnienia, wpływ kontrolowanego od- dechu na wskaźniki oddechowe i tolerancję wysiłku fizycz- nego pozostaje niejasny [19].

Esteve i wsp. wykazali poprawę funkcji płuc w grupie osób uczestniczących w ćwiczeniach wzorca oddechowego z wy- korzystaniem metody biofeedback [20]. Wykazano, że oddychanie przeponowe może powodować m.in. poprawę czynności wentylacyjnej płuc, obniżenie kosztu energetycz- nego oddychania, obniżenie wkładu mięśni międzyżebro-

wych w proces oddychania, obniżenie duszności i poprawę wydolności wysiłkowej [21]. Wykazano, że chorzy usprawniający oddychanie przeponowe są w stanie zmienić wzorzec oddychania na bardziej brzuszny i zmniejszyć udział ruchu górno-żebrowego [22,23,24]. Należy zaznaczyć, że inne rezultaty badań zaprzeczają tym pozytywnym rezultatom wskazując jako bardziej korzystne ćwiczenia wydłużonego wydechu przez zaciśnięte usta czy też inne formy treningu mięśni wydechowych [23].

U chorych na POChP płaska przepona i rozciągnięte płuca zmniejszają rozszerzalność dolnych partii klatki piersiowej [25]. W badaniach własnych uzyskano statystycznie istotny wzrost rozszerzalności dolnych partii klatki piersiowej u osób uczestniczących w treningu oddechowym biofeedback. Wydaje się, że obecnie pomiar rozszerzalności klatki piersiowej jest niedoceniany. Jedynie w japońskich wytycznych dotyczących chorób układu oddechowego pomiar rozszerzalności klatki piersiowej podczas oddychania opisywany jest jako standardowe postępowanie [26]. Pomiar jest możliwy za pomocą zwykłej taśmy centymetrowej, jest to jednak wynik chwilowy, niedający wartości praktycznej dla ćwiczącego chorego [27]. Wydaje się więc, że biofeedback obrazujący pomiary w czasie rzeczywistym jest dużo bardziej wartościowym narzędziem.

W badaniach własnych wykazano istotną poprawę wskaźnika FEV_1 w grupie stosującej biofeedback. Kader i wsp. wykazali, że poprawa czynności wentylacyjnej może być związana z poprawą ruchomości klatki piersiowej [28].

Badania własne wykazały korzyści wynikające ze stosowania biofeedbacku u chorych będących w spoczynku, w pozycji półleżącej. Inne badania sugerują, że połączenie treningu wydolnościowego np. na cykloergometrze z treningiem oddechowym może przewyższyć skuteczność stosowania samego biofeedbacku [4,29,30]. Wydaje się jednak, że łączenie ćwiczeń fizycznych z biofeedbackiem oddechowym mogłoby stanowić kolejny etap usprawniania, po osiągnięciu np. zadowalającego poziomu ruchomości określonego obszaru klatki piersiowej, bądź osiągnięciu odpowiedniej częstotliwości oddychania. Należy jednak zaznaczyć, że obecnie większość badań nad biofeedbackiem prowadzonych jest w specjalistycznych laboratoriach na skomplikowanym i drogim sprzęcie. Przed ewentualnym wprowadzeniem do codziennej praktyki fizjoterapeutycznej konieczne byłoby zwiększanie funkcjonalności i prostoty urządzeń [31].

Na podstawie przeprowadzonych badań można przyjąć, że ćwiczenia oddechowe wykorzystujące biofeedback mogą dać wymierne i znaczące efekty u chorych na POChP. System ten może pomóc chorym w zwiększeniu skuteczności treningu, a fizjoterapeutom dać możliwość dokładniejszego określania poziomu obciążeń wysiłkiem i oceny efektów fizjoterapii. Wydaje się jednak, że w celu dokładnego udokumentowania wyników i zrozumienie efektów oraz sprawdzenia ich długotrwałości konieczne są dalsze badania związane ze stosowaniem biofeedbacku w fizjoterapii chorych na POChP.



Polskie Towarzystwo Fizjoterapii
Member of The World Confederation Physical Therapy



WWW

www.fizjoterapia.org.pl

twitter

www.twitter.com/ZGPTF

facebook

www.facebook.com/PolskieTowarzystwoFizjoterapii



Wnioski

1. Stwierdzono, że zastosowanie ćwiczeń oddechowych prowadzonych metodą biofeedback w fizjoterapii chorych na POCHP istotnie zwiększa amplitudę ruchu oddechowego określającego brzuszny tor oddychania.
2. Wykazano, że trening metodą biofeedback stosowany u chorych na POCHP wpływa na istotną poprawę wartości wskaźnika FEV₁.

adres do korespondencji



dr hab. Jan Szczegielniak, prof. nadzw.

Szpital Specjalistyczny MSWiA w Głucholazach

ul. Karłowicza 40, 48-340 Głucholazy

Tel. (77) 4080165, fax: 77 4393861,

email: dul@szpitalmsw-glucholazy.pl

Piśmiennictwo

1. Szczegielniak J., Łuniewski J., Bogacz K.: Program rehabilitacji chorych na POCHP. *Praktyczna fizjoterapia i rehabilitacja* 2010, 12, 12-31.
2. Szczegielniak J., Łuniewski J., Bogacz K.: Program rehabilitacji chorych na POCHP. *Praktyczna fizjoterapia i rehabilitacja* 2011, 1, 18-23.
3. Nici L., Donner C., Wouters E., Zuwallack R., Ambrosino N., Bourbeau J., et al.: American Thoracic Society/European Respiratory Society statement on pulmonary rehabilitation. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 2006 Jun 15;173(12):1390-413.
4. Leupoldt A., Fritzsche A., Trueba A.F., Meuret A.E., Ritz T.: Behavioral medicine approaches to chronic obstructive pulmonary disease. *Annals of Behavioral Medicine* 2012 Aug; 44(1):52-65.
5. Beauchamp M.K., Janaudis-Ferreira T., Goldstein R.S., Brooks D.: Optimal duration of pulmonary rehabilitation for individuals with chronic obstructive pulmonary disease—a systematic review. *Chronic Respiratory Disease* 2011;8(2):129-40.
6. Gosselink R. Controlled breathing and dyspnea in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD). *Journal of Rehabilitation Research & Development* 2003 Okt;40(5 Suppl 2):25-33.
7. Bianchi R., Gigliotti F., Romagnoli I., Lanini B., Castellani C., Grazzini M., et al.: Chest wall kinematics and breathlessness during pursed-lip breathing in patients with COPD. *Chest* 2004 Feb;125(2):459-65.
8. Nield M.A., Soo Hoo G.W., Roper J.M., Santiago S.: Efficacy of pursed-lips breathing: A breathing pattern retraining strategy for dyspnea reduction. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention* 2007 Aug;27 (4):237-44.
9. Thomson M., Thomson L.: Neurofeedback. Wprowadzenie do podstawowych koncepcji psychofizjologii stosowanej. Wydawnictwo Biomed Neurotechnologie, Wrocław 2012.
10. Onate J., Guskiewicz K., Sullivan R.: Augmented feedback reduces jump landing forces. *Journal of Orthopaedic & Sport Physical Therapy* 2001, 31(9):511.
11. Tate J., Milner C.: Real-time kinematic, temporospatial, and kinetic biofeedback during gait retraining in patients: a systematic review. *Physical Therapy* 2010, 90(8): 1123-1134.
12. Giggins O., McCarthy Persson U., Caulfield B.: Biofeedback in rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 2013, 10:60.
13. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD). Global Strategy for Diagnosis, Management, and Prevention of COPD. 2010; Dostępne na stronie: <http://www.goldcopd.com>.
14. Maurer J., Rebbapragada V., Borson S., Goldstein R., Kunik M.E., Yohannes A.M., et al.: Anxiety and depression in COPD: Current understanding, unanswered questions, and research needs. *Chest* 2008 Okt;134(4 Suppl):43S-56S.
15. Norweg A., Bose P., Snow G., Berkowitz M.: A pilot study of a pulmonary rehabilitation programme evaluated by four adults with chronic obstructive pulmonary disease. *Occupational Therapy International* 2008, Vol. 15 Issue 2, p114-132.
16. Tabak M., Akker H., Hermens H.: Intervention: Motivational cues as real-time feedback for changing daily activity behavior of patients with COPD. *Patient Education and Counseling* 2014;94(3):372
17. Giardino N., Chan L., Borson S.: Combined Heart Rate Variability and Pulse Oximetry Biofeedback for Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Preliminary Findings. *Applied Psychophysiology and Biofeedback* Vol. 29, No. 2, June 2004
18. Lehrer P., Smetankin A., Potapova T.: Respiratory sinus arrhythmia biofeedback therapy for asthma: a report of 20 unmedicated pediatric cases using the Smetankin method. *Applied Psychophysiology and Biofeedback* 2000; 25:193-200.
19. Gestel A., Kohler M., Steier J., Teschler S., Russi E., Teschler H.: The effects of controlled breathing during pulmonary rehabilitation in patients with COPD. *Respiration* 2012;83(2):115-24.
20. Esteve F., Blanc-Gras N., Gallego J., Benchetrit G.: The Effects of Breathing Pattern Training on Ventilatory Function in Patients with COPD. *Biofeedback and Self-Regulation* Vol. 21, No. 4, 1996
21. Gosselink R.: Controlled breathing and dyspnea in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD). *Journal of Rehabilitation Research and Development* Vol. 40, No. 5, September/October 2003, Supplement 2 Pages 25-34.
22. Sackner M.A., Gonzalez H.F., Jenouri G., Rodriguez M.: Effects of abdominal and thoracic breathing on breathing pattern components in normal subjects and in patients with COPD. *The American Review of Respiratory Disease* 1984;130:584-87.
23. Grimby G., Oxhøj H., Bake B.: Effects of abdominal breathing on distribution of ventilation in obstructive lung disease. *Clinical Science and Molecular Medicine* 1975;48:193-99.
24. Gosselink R.A., Wagenaar R.C., Sargeant A.J., Rijswijk H., Decramer M.L.A.: Diaphragmatic breathing reduces efficiency of breathing in chronic obstructive pulmonary disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 1995;151:1136-42.
25. Izumizaki M., Kakizaki F., Tanaka K., Homma I.: Immediate effects of thixotropy conditioning of inspiratory muscles on chest wall volume in chronic obstructive pulmonary disease. *Respiratory Care* 2006, 51:750-757.
26. The Japan Society for Respiratory Care and Rehabilitation, The Japanese Respiratory Society, The Japanese Association of Rehabilitation Medicine, and The Japanese Physical Therapy Association: Current condition of respiratory rehabilitation: Guidelines for pulmonary rehabilitation: manual for exercise and training. Tokyo, Japan; 2003:17-28. in Japanese.
27. Nishigaki Y., Mizuguchi H., Takeda E., Koike T., Ando T., Kawamura K.: Development of new measurements system of thoracic excursion with biofeedback: reliability and validity. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 2013, 10:45
28. Kader S., Ashmawy E.: Aerobic Exercise Training and Incentive Spirometry Can Control Age-Related Respiratory Muscles Performance Changes in Elderly. *European Journal of General Medicine* 2013;10(1):14-19.
29. Collins E.G., Fehr L., Bammert C., O'Connell S., Laghi F., Hanson K., et al.: Effect of ventilation-feedback training on endurance and perceived breathlessness during constant work-rate leg-cycle exercise in patients with COPD. *Journal of Rehabilitation Research & Development* 2003 Okt;40(5 Suppl 2):35-44.
30. Collins E.G., Langbein W.E., Fehr L., O'Connell S., Jelinek C., Hagarty E., et al.: Can ventilation-feedback training augment exercise tolerance in patients with chronic obstructive pulmonary disease? *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 2008 Apr 15;177(8):844-52.
31. Moore SK.: Calm in your palm: Biofeedback device promises to reduce stress. *IEEE Spectrum* 2006;43:60.