

Jakub RADLIŃSKI¹, Waldemar TOMALAK¹, Małgorzata CZAJKOWSKA –MALINOWSKA²

¹ INSTYTUT GRUŻLICY I CHORÓB PŁUC, ZAKŁAD FIZJOPATOLOGII UKŁADU ODDYCHANIA, ODDZIAŁ W RABCE-ZDROJU,
ul. Prof. Jana Rudnika 3b, 34-700 Rabka – Zdrój

² KUJAWSKIO-POMORSKIE CENTRUM PULMONOLOGII, ODDZIAŁ CHORÓB PŁUC I NIEWYDOLNOŚCI ODDYCHANIA,
ul. Seminaryjna 1, 85-326 Bydgoszcz

Ocena jakości badań spirometrycznych - wymagania, automatyzacja, praktyka

Dr n. tech. Jakub RADLIŃSKI

Absolwent Wydziału Matematyki i Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego kierunku informatyka. Doktoryzował się w zakresie Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej w Instytucie Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej PAN. Pracownik Zakładu Fizjopatologii Układu Oddechowania. Jego zainteresowania naukowe obejmują techniki analizy sygnałów rejestrowanych w czasie snu, techniki pomiaru własności oddechowych, zastosowanie metod dynamiki nieliniowej oraz algorytmów ewolucyjnych w analizie danych pomiarowych.

e-mail: jradlins@igrabka.edu.pl



Dr hab. inż. Waldemar TOMALAK

Absolwent AGH, profesor w IGiChP Oddział w Rabce Zdroju, kierownik Zakładu Fizjopatologii Układu Oddechowania. Zainteresowania naukowe obejmują: techniki pomiarowe stosowane w badaniach diagnostycznych układu oddechowego; jakość badań diagnostycznych; modelowanie układu oddechowego; epidemiologię, diagnostykę i leczenie chorób układu oddechowego i zaburzeń oddychania; nieklasyczne techniki pomiarów własności układu oddechowego z szczególnym uwzględnieniem badań u dzieci.

e-mail: wtomalak@igrabka.edu.pl



Dr n. med. M. CZAJKOWSKA –MALINOWSKA

Absolwent Wydziału Lekarskiego Akademii Medycznej w Białymstoku, ordynator Oddziału Chorób Płuc i Niewydolności Oddychania oraz kierownik Centrum POChP i Niewydolności Oddychania w Kujawsko-Pomorskim Centrum Pulmonologii w Bydgoszczy. Zainteresowania naukowe obejmują przede wszystkim przewlekłą obturacyjną chorobę płuc, leczenie uzależnienia od tytoniu, niewydolność oddychania, zaburzenia oddychania w czasie snu oraz związane z powyższym techniki diagnostyczne i patofizjologię oddychania.

e-mail: m.cz.malinowska@interia.pl



Keywords: spirometry, quality assurance (QA), flow-volume curve, recommendations.

1. Spirometria

Spirometria jest badaniem pozwalającym na określenie wybranych własności objętościowych, a także przepływowych w układzie oddechowym badanego. Pierwsze próby określania pojemności układu oddechowego sięgają starożytności, jednakże dopiero w 1846 roku Hutchinson wprowadził pojęcie pojemności życiowej, badając jej związek z wzrostem wiekiem i możliwością wykorzystania jej pomiaru jako wskaźnika śmiertelności.

Od wprowadzenia w latach 50 XX w. procedury pomiaru krzywej przepływ-objętość natężonego wydechu [1], pomiar ten stał się podstawowym i najczęściej stosowanym badaniem w diagnostyce chorób układu oddechowego.

Obecnie na badanie spirometryczne składają się 2 procedury:

1. pomiar pojemności życiowej (VC - Vital Capacity) - czyli zmiany objętości powietrza w płucach pomiędzy najgłębszym wdechem i najgłębszym wydechem. Pomiar VC określany jest także jako spirometria wolna.
2. pomiar krzywej przepływ - objętość - rys 1. W badaniu tym staramy się określić parametry objętościowe pomiędzy maksymalnym wdechem a wydechem, wykonywane jednak w sposób dynamiczny, z maksymalnym zaangażowaniem, a tym samym intensywnością i szybkością manewru i wydechu kontynuowanym jak najdłużej. Do najważniejszych parametrów możliwych do zidentyfikowania w ramach tego pomiaru należą: FVC (Forced Vital Capacity) - natężona pojemność życiowa, czyli największa objętość powietrza wydmuchnięta przy maksymalnym wysiłku wydechowym po uprzednim największym możliwym wdechu; FEV₁ (Forced Expiratory Volume in one second) - natężona objętość wydechowa pierwszosekundowa, czyli objętość powietrza wydmuchnięta w czasie pierwszej sekundy natężonego wydechu; PEF (Peak Expiratory Flow) - szczytowy przepływ wydechowy zarejestrowany w trakcie badania maksymalnie natężonego wydechu; MEF_{n%FVC} (Maximal Expiratory Flow) natężony przepływ wydechowy, gdy n% FVC pozostało do wydmuchnięcia (najczęściej n=75, 50, 25); PIF (Peak Inspiratory Flow) - szczytowy przepływ wdechowy zarejestrowany w trakcie badania maksymalnie natężonego wdechu.

Na podstawie pomiarów, pojemności życiowej (lub natężonej pojemności życiowej) ocenia się przede wszystkim wartość wskaźnika Tiffenau (1) lub przy wykonaniu wyłącznie manewru natężonego wdechu/wydechu wskaźnik pseudo-Tiffenau (2).

Streszczenie

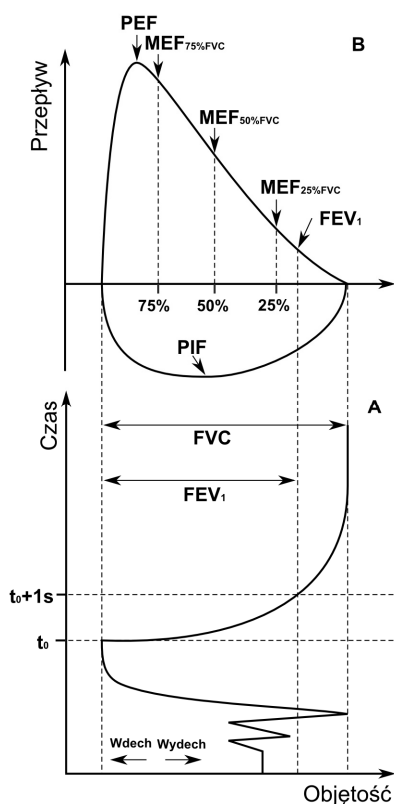
W pracy omówiono podstawy wykonywania badania spirometrycznego ze uwzględnieniem procedury pomiaru krzywej przepływ - objętość oraz kryteriów jakościowych oceny spirometrii na podstawie zaleceń standardyzacyjnych. Dokonano analizy jakości pomiaru krzywej przepływ objętość w trzech grupach: u dzieci, u osób w podeszłym wieku oraz uzyskanych w trakcie Światowego Dnia Spirometrii. Podkreślono rolę personelu wykonującego badania oraz sformułowano kilka postulatów dotyczących realizacji sprzętowo - programowych systemów spirometrycznych.

Słowa kluczowe: spirometria, zapewnienie jakości QA, krzywa przepływ - objętość, zalecenia.

Quality of spirometry – requirements, automation, practice

Abstract

The authors present description of the spirometry focusing on forced flow volume loop measurements and corresponding requirements according to ERS/ATS 2005 [2,3] and PTChP [4] 2006 statements. The introduction to actually applied solutions in supporting automatic assessment of quality assurance (QA) criteria is also presented. The quality analysis of spirometric measurements was performed for three different groups: children younger than 10 years, the group of elderly people and the spirometry obtained during the World Spirometry Day. All the three groups expressed different quality problems: the main problem in children group was too restrictive value of the demanded time of forced expiration (especially regarding significant correlation between the age and the forced expiratory time) - only 23.9% children fulfilled this requirements, in the group of elderly people lack of plateau on the expiratory end was the mostly registered error - 60.2%. In the spirometries obtained during the World Spirometry Day the significant number of non-repetitive measurements and the small number of properly performed measurements (only 28%) was the most interesting aspect. The authors concluded that competence and qualifications of the laboratory staff played the most important role in ensuring the quality of spirometry. However, some demands could be addressed to manufacturers of spirometry equipment.



Rys. 1. Zasada rejestracji i pomiaru krzywej przepływ - objętość natężonego wdechu- wydechu (objaśnienia w tekście)

Fig. 1. Flow volume-loop during forced expiratory manoeuvre (abbreviation in text)

$$\text{Wskaźnik Tiffenau} = \frac{FEV_1}{VC} 100\% \quad (1)$$

$$\text{Wskaźnik pseudo-Tiffenau} = \frac{FEV_1}{FVC} 100\% \quad (2)$$

Wskaźnik ten służy do oceny występowania obturacji, definiowanej jako spadek wartości wskaźnika Tiffenau poniżej dolnej granicy normy. Ze względu na największą popularność badania polegającego na oznaczeniu krzywej przepływ-objętość w dalszej części autorzy skupią się głównie na aspektach z nim związanych.

Aby badanie spirometryczne mogło być wykonane w sposób prawidłowy muszą być spełnione zarówno wymagania dotyczące sprzętu, jego przygotowania oraz co najważniejsze sposobu przeprowadzenia badania. Wymogi te są najczęściej zawarte w rekomendacjach międzynarodowych towarzystw naukowych – obecnie obowiązują rekomendacje European Respiratory Society (ERS) i American Thoracic Society (ATS) wydane w jednolitej formie w 2005 roku [2, 3]. W Polsce, w 2006 roku, Polskie Towarzystwo Chorób Płuc (PTChP) wydało własne zalecenia [4] grupy ekspertów oparte na standardach międzynarodowych.

2. Wymogi dotyczące spirometrów

Szczegółowe wymagania metrologiczne dla spirometrów, zarówno wykorzystujących pomiar objętości jak przepływu, można znaleźć w Zaleceniach PTChP [4]. Obecnie praktycznie nie spotyka się konstrukcji spirometrów mierzących objętość, parametrem bezpośrednio mierzonym jest przepływ, a parametry objętościowe są wyliczane poprzez integrację przepływu. Wymogi dotyczące wybranych parametrów przedstawione są w tabeli 1.

Tab. 1. Wybrane wymogi metrologiczne dla urządzeń wykorzystywanych w pomiarach krzywej przepływ-objętość natężonego wydechu
Selected metrological requirements for devices used to obtain forced expiratory flow – volume loop

Parametr	Zakres/dokładność	Zakres pomiarowy	Czas rejestracji
V' [l/s]	±14.0 l/s ±5% lub ±0.200 l/s	0-14.0 l/s	15s
VC [l]	0.5-8.0 l ±3% lub ±0.050 l	przepływ: 0-14.0 l/s objętość: 8.0 l	15s
FVC [l]	0.5-8.0 l ±3% lub ±0.050 l	przepływ: 0-14.0 l/s objętość: 8.0 l	30s
FEV ₁ [l]	0.5-8.0 l ±3% lub ±0.050 l	przepływ: 0-14.0 l/s objętość: 8.0 l	1s

Zalecenia ERS/ATS definiują również sposoby okresowej kontroli sprzętu (tabela 2).

Tab. 2. Zalecenia dotyczące kontroli sprzętu [3]
Tab. 2. Recommendations for equipment quality control [3]

Testowany element	Częstotliwość	Sposób kontroli
Objętość	Codziennie	Pomiar za pomocą 3l strzykawkki kalibracyjnej
Liniowość pomiaru przepływu	Cotygodniowo	Sprawdzenie w co najmniej 3 różnych zakresach
Oprogramowanie	Przy zmianie wersji	Rejestracja czasu zmiany oprogramowania oraz test na „znanych” obiektach biologicznych (np. pracownikach laboratorium).

W celu umożliwienia prawidłowej kontroli wykonania badania zdefiniowane są także warunki brzegowe dla prezentacji pomiaru zarówno na ekranie urządzenia pomiarowego jak i wydruku wyników badania (tabela 3).

Tab. 3. Wymogi minimalne dla rozdzielczości i współczynnika skali przy prezentacji mierzonych wartości spirometrycznych dla prezentacji w formie graficznej [3]
Tab. 3. Recommended minimum resolution and scale factors for the measured parameters on graphical output [3]

Wartość	Parametry wyświetlacza		Parametry wydruku	
	Rozdzielczość	Współczynnik skali	Rozdzielczość	Współczynnik skali
Objętość	0,050 l	5 mm/l	0,025 l	10 mm/l
Przepływ	0,200 l/s	2,5 mm/l/s	0,100 l/s	5 mm/l/s
Czas	0,2 s	10 mm/s	0,2 s	20 mm/s

3. Kryteria poprawności wykonania pomiaru

Wykonanie pomiaru krzywej przepływ – objętość obejmuje następujące kroki:

1. ustabilizowanie oddychania,
2. wykonanie spokojnego jak najgłębszego wydechu,
3. wykonanie maksymalnego, jak najgłębszego i najszybszego wdechu,

4. bez zatrzymania przejście do jak najdynamiczniejszego, najszybszego wydechu kontynuowanego jak tylko możliwe najdłużej.

W opisany sposób dokonujemy rejestracji zarówno części wdechowej jak i wydechowej krzywej analogicznie jak jest to przedstawione na rysunku 2. Często w praktyce pracowni czynnościowych zdarza się rejestracja tylko części wydechowej krzywej, ponieważ najbardziej istotne parametry (FVC i FEV₁) są jej pochodnymi. Aby badanie zostało zakwalifikowane prawidłowo muszą zostać spełnione kryteria akceptowalności i powtarzalności.

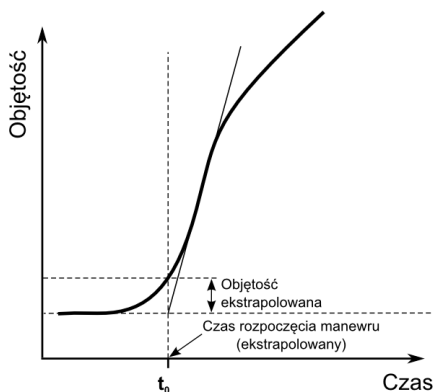
Kryteria akceptowalności mówią o prawidłowości technicznej pojedynczego pomiaru.

1. Kryteria rozpoczęcia manewru:

- możliwie krótki czas do osiągnięcia PEF,
- wstecznie ekstrapolowana objętość (BEV – Back Extrapolated Volume) < 5% FVC lub 150 ml (pod uwagę bierzemy wartość większą). Wstecznie ekstrapolowana objętość jest wartością mówiąca nam o dynamice startu manewru – za czas startu manewru przyjmujemy punkt przecięcia się stycznej do najbardziej nachylonej części wykresu zmian objętości z poziomem zero. Wielkość wydmuchanej objętości w tym punkcie jest wstecznie ekstrapolowaną objętością (rys. 2).

2. Kryterium zakończenia manewru:

- czas trwania forsownego wydechu > 6 s (dla dzieci do 10 r.ż 3s) i plateau na krzywej objętość–czas lub badany nie może lub nie chce kontynuować forsownego wydechu.
- Plateau określane jest warunkiem, że w ciągu ostatniej sekundy zmiana objętości była mniejsza od 25 ml.



Rys. 2. Zasada określania czasu rozpoczęcia manewru i objętości ekstrapolowanej

Fig. 2. Start of manoeuvre time and back extrapolated volume assessment

Jeżeli manewr ma charakter maksymalny, uzyskane wyniki będą powtarzalne, ponieważ w trakcie maksymalnych manewrów osiągamy wyniki ograniczone jedynie warunkami fizjologicznymi i anatomicznymi, nie zaś stopniem współpracy.

Sprawdzenie powtarzalności poszczególnych pomiarów cząstkowych polega na sprawdzeniu wielkości FEV₁ i FVC – wynik badania jest akceptowalny, gdy przy osiągnięciu co najmniej 3 poprawnych pomiarów cząstkowych wartości dwóch największych wartości FVC oraz dwóch największych wartości FEV₁ różnią się od siebie nie więcej niż o 150 ml, przy czym wartości FVC i FEV₁ nie muszą pochodzić z tych samych krzywych.

Po uzyskaniu co najmniej 3 poprawnych pomiarów cząstkowych oraz spełnieniu kryteriów powtarzalności, jako wynikowe FVC i FEV₁ przyjmujemy największe zarejestrowane wartości, natomiast pozostałe parametry (MEF_{n%FVC}, PEF) wyznaczamy biorąc pod uwagę krzywą z pomiaru o największej sumie FVC i FEV₁.

4. Metody automatycznego wspomaganie wykonania oraz oceny prawidłowości pomiarów spirometrycznych

W obecnej dobie sterowanych komputerowo urządzeń pomiarowych standardem jest wyposażanie sprzętu w zestaw procedur umożliwiających ocenę i kontrolę poprawności wykonania pomiaru. W przypadku spirometrów jasno zdefiniowane kryteria, przedstawione uprzednio, umożliwiają realizację tego zadania. Najczęściej spotykane rozwiązania to:

- wbudowani asystenci programowi informujący, a nawet odrzucający pomiary cząstkowe nie spełniające kryteriów akceptowalności.
- różnego rodzaju wskaźniki, animacje poprawiające czytelność spełniania poszczególnych kryteriów. Typowym rozwiązaniem są wskaźniki czasu trwania wydechu, spełnienia kryterium plateau czy ustabilizowania się oddychania.
- informacja o spełnieniu wymagań zarówno w kontekście pomiaru cząstkowego (akceptowalność próby) jak i całego badania (powtarzalność). Zwykle realizowane jest to w postaci pojawiających się informacji o błędach na poszczególnych etapach wykonywania badania. Spotykane też jest kodowanie nieprawidłowości za pomocą specjalnych kodów (zobacz tabela 4) odzwierciedlających niespełnienie poszczególnych kryteriów jakościowych.

Tab. 4. Przykładowe kody błędów stosowane w systemie MasterLab (Jaeger, Niemcy)

Tab. 4. Error codes used by MasterLab (Jaeger, Niemcy)

Błąd	Opis błędu
1	mniej niż 3 próby
2	brak powtarzalności FVC
4	brak powtarzalności FEV1
10	zmienna współpraca lub brak współpracy
100	brak plateau na części wydechowej krzywej objętość – czas lub FET<6s
1000	zbyt duża wartość wstecznie ekstrapolowanej objętości BEV
4000	gwałtowne zakończenie wydechu

Ciekawym przypadkiem wsparcia wykonywanych badań są rozwiązania mające motywować pacjenta do wykonania manewrów oddechowych z odpowiednią dynamiką, natężeniem i czasem trwania. Tego typu rozwiązania są najczęściej spotykane w systemach przeznaczonych dla dzieci. Specjalne animacje (np. skaczącej zaby której odległość skoku zależy od dynamiki wydechu czy odległość na którą możemy „przedmuchać” animowane baloniki) pomagają zarówno nauczyć jak i zmotywować badane dziecko.

5. Ocena badań wykonywanych w praktyce

Prawidłowe wykonanie badania spirometrycznego jest trudne ponieważ na sukces składa się kilka elementów, od poprawnie działającego sprzętu poprzez kwalifikacje i kompetencje personelu laboratorium, po możliwość i chęć współpracy badanego. W literaturze spotykane są różne opracowania dotyczące jakości wykonywania badań spirometrycznych. W jednym z największych[5] wykazano, że u 9 na 10 osób badanych można spełnić zarówno kryteria akceptowalności jak i powtarzalności.

W ramach prac prowadzonych w Instytucie Gruźlicy i Chorób Płuc w Rabce również podejmowano się prac dotyczących spełniania kryteriów jakościowych w praktyce badań spirometrycznych, koncentrując się jednakże na specyficznych grupach pacjentów: dzieci oraz osób w podeszłym wieku (prace prowadzono we współpracy z Kujawsko-Pomorskim Centrum Pulmonologii).

5.1. Analiza zgodności z standardem ERS 2005 wykonania pomiaru krzywej przepływ-objętość u dzieci poniżej 10 roku życia

W retrospektywnej analizie [6] wykorzystano dane z rejestracji krzywej przepływ-objętość wykonanej u 233 dzieci w wieku 4,2–10 lat skierowanych na badanie spirometryczne do Zakładu Fizjopatologii Układu Oddychania. IGiChP pomiary przeprowadzono przy użyciu zestawu MasterLab (Jaeger, Niemcy, obecnie ViaSys) wyposażonego w pneumatometr typu Lilly. Aparatura była kalibrowana i kontrolowana zgodnie z obowiązującymi zaleceniami. Wykonanie badania nie powiodło się u 116 dzieci ze względu na brak współpracy. W grupie wykonanych badań (117) oceniono ich poprawność stosując kryteria ERS/ATS[3] i PTChP [4]. Kryterium rozpoczęcia manewru określone przez wielkość wstecznie ekstrapolowanej objętości było spełnione u 80,3% , niestety tylko 23,9% z nich było w stanie osiągnąć czas forsownego wydechu przekraczający 3 s. Kryteria powtarzalności (FEV_1 i FVC) były spełnione u 78,6% dzieci. Zastosowanie kryteriów w pełnym zakresie doprowadziło do określenia odsetka prawidłowo wykonywanych badań jako 17,1%, natomiast odrzucenie kryterium czasowego spowodowało wzrost odsetka badań uznanych za prawidłowe do 63,2%. Ponieważ czas forsownego wydechu istotnie koreluje z wiekiem badanego ($r=0,35$; $p<0,001$) wydaje się, że kryterium czasowe jest zbyt restrykcyjne w badaniach pediatrycznych zwłaszcza u młodszych dzieci.

5.2. Ocena jakości wykonania pomiaru krzywej przepływ-objętość u osób w podeszłym wieku w kontekście wymagań ERS/ATS 2005 i PTChP 2006

W retrospektywnej analizie wykonanej z wykorzystaniem danych pochodzących z Kujawsko-Pomorskiego Centrum Pulmonologii oceniono wyniki badań spirometrycznych 1304 osób w wieku 65-94 lata zebrane w okresie 6 miesięcy. Wykonanie spirometrii oceniono na podstawie kodów błędów (tabela 4) przypisanym przez system pomiarowy, analogiczny jak w uprzednio opisanym badaniu. Spirometrii nie wykonało 2.2% badanych (29 osób). W grupie pozostałych 1275 osób 32.6% (416 osób) bezbłędnie wykonało spirometrię. U 53.2% (678 osób) stwierdzono jeden błąd, u 12.1% (154 osoby) 2 błędy, u 1.6% (20 osób) 3 błędy, natomiast tylko u 0.5% (7 osób) 4 błędy. Zaskakująco wypadła analiza występowania poszczególnych błędów. Błąd numer 100 czyli brak plateau na końcu wydechu stwierdzono u 768 osób, przy czym jedynie 28 badanych miało czas forsownego wydechu mniejszy od 6s. Może to wskazywać na nie zwracanie uwagi na kryterium spadku zmiany objętości w ciągu ostatniej sekundy manewru poniżej 25 ml przez personel laboratorium, lub też na przyjęcie bardziej restrykcyjnych kryteriów przez producenta sprzętu. W tym przypadku błędy personelu mogą być również związane ze zbyt małą rozdzielczością wymaganą w zaleceniach (tabela 3), co może prowadzić do nierejestrowania progowej (25 ml) zmiany objętości. Pozostałe błędy odnotowane w analizie to: błąd 1000 - zbyt duża wartość wstecznie ekstrapolowanej objętości: 8 osób; błąd 4000 - gwałtowne zakończenie wydechu: 39 osób; błąd 2 - brak powtarzalności FVC: 46 osób; błąd 4 - brak powtarzalności FEV_1 180 osób.

5.3. Ocena jakości wykonania spirometrii w badaniach wykonywanych w ramach Światowego Dnia Spirometrii

W ramach Światowego Dnia Spirometrii wykonano w Polsce 4317 badań (u osób dorosłych), z czego analizą jakości objęto do tej pory (prace są nadal kontynuowane) 769 (15%) pochodzących z 10 ośrodków. Wstępnie badania zaklasyfikowano do jednej z trzech grup: badań wykonanych prawidłowo, badań z mniej istotnymi błędami, dla których możliwa jest ocena wyniku przez eksperta, pomimo że nie spełniają one wszystkich kryteriów jakościowych oraz badań nieprawidłowych. Do grupy badań prawidłowych zakwalifikowano 214 wyników (28%), badań akceptowalnych warunkowo 284 (37%), natomiast liczbę badań nieprawidłowych określono na 271 (35%). Na tak różne od wcześniej przytoczonych wyniki może mieć wpływ charakter badań – ich realizację można określić jako akcję uliczną, zastanawia jednak wysoka liczba badań akceptowalnych warunkowo. Podobnie charakter błędów może być z tym związany – dominującym błędem był brak powtarzalności oraz krótki (oraz bardzo krótki, nawet poniżej 2s) zarejestrowany czas forsownego wydechu. Zastanawia też wysoki odsetek badań z tylko jedną wykonaną próbą.

6. Wnioski

Pomimo, że spirometria jest badaniem dobrze znanym, stosowanym od wielu lat w praktyce diagnostycznej, to nadal istnieje możliwość polepszenia jakości wykonywania badań spirometrycznych szczególnie w mniej typowych grupach wiekowych lub sytuacjach prowadzenia badań. Kluczową sprawą dla prawidłowego wykonania spirometrii (pomiaru krzywej przepływ - objętość) są kwalifikacje i motywacja personelu. Nie należy też zaniedbywać pewnych kompetencji społecznych widocznych w interakcji z badanym (wy tłumaczenie manewrów, nakłonienie do manewru, odpowiednia motywacja do wysiłku).

Część problemów może być również wyparta odpowiednimi realizacjami sprzętowo – programowymi. W szczególności ważne wydaje się nakłonienie producentów do zwrócenia uwagi na:

1. realizację wyświetlania rejestrowanych badań w sposób umożliwiający ocenę wymaganych zmian np. objętości.
2. stosowanie wskaźników osiągnięcia wymaganych wartości (czas wydechu, spadek zmian objętości w ciągu ostatniej sekundy).
3. określenie w instrukcjach oprogramowania czy sprzętu jakie kryteria i w jaki sposób realizują poszczególne funkcje dotyczące oceny jakości badania.
4. obowiązkowe informowanie zarówno na wydruku jak i w trakcie badania o spełnieniu lub niespełnieniu poszczególnych kryteriów jakościowych.

7. Literatura

- [1] Hyatt R.E., Schilder D.P., Fry D.L.: Relationship between maximum expiratory flow and the degree of lung inflation. *J. Appl. Physiol.*; 1331–336. 1958.
- [2] Miller M.R., Crapo R., Hankinson J. i wsp.: General consideration for lung function testing. *Eur. Respir. J.*; 26: 153–161. 2005.
- [3] Miller M.R., Hankinson J., Brusasco V. i wsp.: Standardization of spirometry. *Eur. Respir. J.*; 26: 319–338. 2005.
- [4] Zalecenia PTChP dotyczące wykonywania badań spirometrycznych. *Pneumonol. Alergol. Pol.* (supl. 1). 2006.
- [5] Enright P.L., Beck K.C., Sherrill D.L.: Repeatability of spirometry in 18000 adult patients. *Am J Respir Crit Care Med* Vol 169. pp 235–238, 2004.
- [6] Tomalak W., Radliński J., Latawiec W.: Jakość badania spirometrycznego u dzieci 10-letnich i młodszych w świetle zaleceń standardyzacyjnych. *Pneumonol. Alergol. Pol.*; 76:421-425,2008.