

Janusz Kowalski, Leszek Radwan

Instytut Gruźlicy i Chorób Płuc w Warszawie

Diagnostyka czynnościowa płuc w Polsce — rys historyczny

Development of respiratory function investigation in Poland — historical review

Pneumonol. Alergol. Pol. 2009; 77: 487–493

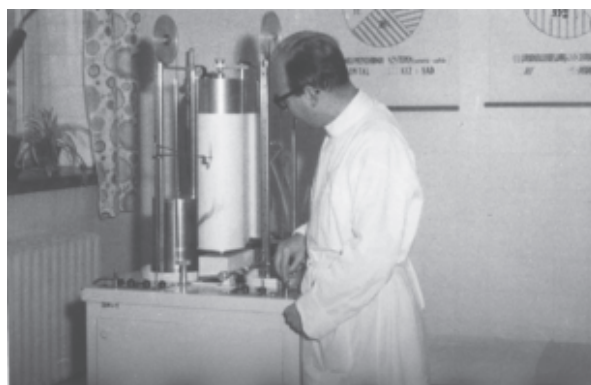
Spirometria

Spirometria jest uważana za podstawowe badanie sprawności wentylacyjnej płuc. Spirometr wodny (dzwonowy) został skonstruowany w pierwszej połowie XIX wieku przez Hutchinsona [1]. Ten spirometr umożliwiał pomiary pojemności życiowej płuc ulegającej zmniejszeniu w różnych chorobach układu oddechowego i był powszechnie używany przez długi czas. Następnie stosowano suchy spirometr Barnes'a. W latach pięćdziesiątych XX wieku pojawiły się spirografy szwedzkiej firmy Kifa, wyposażone w kimograf o zmiennej szybkości obrotów (ryc. 1). Pozwoliło to na jednoczesną rejestrację pojemności życiowej płuc i jej składowych, jak i po raz pierwszy na zapis natężonej objętości wydechowej pierwszosekundowej (FEV₁). Oprócz tego wykorzystywano aparaty Krogha do badania przemiany podstawowej, to znaczy minutowego zużycia tlenu w spoczynku. Zastosowanie bronchosprometru firmy Lundia, a następnie Pulmotestu firmy Godart umożliwiło oddzielną ocenę każdego płuca po założeniu dwudrożnej rurki Carlensa do tchawicy. Badanie takie pozwalało na pomiar odsetkowego udziału w pojemności życiowej, wentylacji minutowej i minutowego zużycia tlenu prawego i lewego płuca. Wskazywało to na wielkość przepływu krwi przez układ naczyniowy każdego płuca oddzielnie, co było pomocne w ocenie przedoperacyjnej.

W Polsce pomiary spirometryczne rozprószyły się w latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych XX wieku. W Instytucie Gruźlicy

i Chorób Płuc (IGiChP) w Warszawie, zwanym wówczas Instytutem Przeciwgruźliczym, z inicjatywy dyrektora prof. Janiny Misiewicz powstała pierwsza pracownia spirometryczna, utworzona w 1951 roku przez dr. A. Koziorowskiego. Kierownik tej pracowni opisał następnie metody badań czynnościowych narządu oddechowego i wprowadził polskie mianownictwo [2].

Kolejne pracownie spirometryczne powstały w ośrodkach akademickich w: Warszawie (W. Droszcz, Z. Ajewski, M. Madalińska, K. Orłowska), Sosnowcu (K. Marek [3, 4]), Zabrzu (J. Pudelski, K. Oklek), Krakowie (E. Nikodemowicz [5]), Wrocławiu (T. Garbiński, D. Randowa), Łodzi (S. Kuczborski, K. Gondorowicz, B. Petrykowska) i Lublinie (J. Durda, J. Hanzlik). W Wojskowym Instytucie



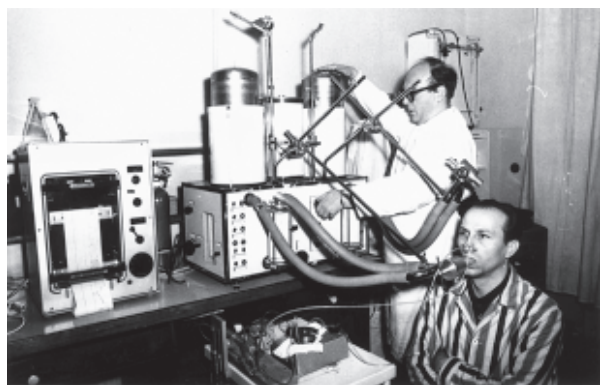
Rycina 1. Badanie spirometryczne za pomocą aparatu szwedzkiej firmy Kifa w Zakładzie Fizjopatologii Oddychania IGiChP (pierwsza połowa lat 60. XX w.)

Adres do korespondencji: prof. dr hab. n. med. Janusz Kowalski, Instytut Gruźlicy i Chorób Płuc, ul. Płocka 26, 01–138 Warszawa, e-mail: jh.kowalski@wp.pl

Praca wpłynęła do Redakcji: 16.06.2009 r.

Copyright © 2009 Via Medica

ISSN 0867–7077



Rycina 2. Badanie objętości zalegającej metodą helową oraz podatności płuc za pomocą zestawu (spirometr firmy Godart + przetwornik ciśnienia konstrukcji inż. Marka Żółtowskiego) w Zakładzie Fizjopatologii Oddychania IGIChP (lata 70. XX w.)

cie Medycznym w Warszawie pracownię badań czynnościowych układu oddechowego zorganizowała i przez wiele lat prowadziła A. Frank-Piskorska. Jednocześnie powstawały pracownie badań czynnościowych płuc w ośrodkach pediatrycznych. Pierwszym z nich był ośrodek w Rabce (J. Rudnik, J. Kaczmarczyk, J. Hałuszka, P. Gutkowski [6]), a następnie ośrodki warszawskie: Pracownia Badania Czynności Płuc przy Klinice Pediatrycznej AM (H. Przybylska, A. Milanowski) i Zakład Patofizjologii Oddychania Centrum Zdrowia Dziecka (P. Gutkowski).

Wprowadzenie w latach siedemdziesiątych spirometru elektronicznego z zastosowaniem pneumatometru umożliwiło rejestrację szybkości przepływu gazu w drogach oddechowych i wyliczenie pojemności życiowej płuc. Jednoczesny zapis przepływu powietrza i pojemności życiowej w czasie natężonego wydechu na rejestratorze dwuosiowym (krzywa MEFV) pozwalał na wyliczenie wartości maksymalnego przepływu od początku do końca wydechu (PEF, MEF₇₅, MEF₅₀ i MEF₂₅). Wyliczanie wskaźników MEF50% i MEF25% umożliwiało ocenę stopnia drożności obwodowych dróg oddechowych. Uważano bowiem, że kliniczna przydatność tych testów była szczególnie użyteczna w początkowych okresach chorób oskrzeli (astma, zapalenie oskrzeli), u których wskaźniki spirometryczne były jeszcze prawidłowe [7]. Zmniejszenie przepływów w oskrzelikach obwodowych może być wykładnikiem utrzymującego się stanu zapalnego śluzówki oskrzeli. Według dzisiejszych poglądów stosunkowo niska powtarzalność pomiarów maksymalnych przepływów wydechowych, uwarunkowana zmiennością natężonej pojemności życiowej, ogranicza przydatność tych testów do wczesnego wykrywania obwodowej obturacji oskrzeli [8]. Uruchomienie produkcji

spirometrów elektronicznych przez firmę MES w Krakowie (inż. A. Dymek) przyczyniło się do rozpowszechnienia badań spirometrycznych w Polsce. Podstawowym sposobem oceny drożności dróg oddechowych jest pomiar natężonej objętości wydechowej pierwszosekundowej odniesionej do pojemności życiowej (FEV₁/VC). Ten pomiar został opisany w 1947 roku przez autorów francuskich Tiffeneau i Pinelli [9, 10]. Jeszcze w XX wieku do oceny drożności dróg oddechowych stosowano próbę gaszenia świecy, a później zapalki. W 1959 roku Wright opisał pierwszy miernik szczytowego przepływu wydechowego (*peakflowmeter*). Zaledwie cztery lata później W. Droszcz wprowadził w Polsce metodę pomiaru szczytowego przepływu wydechowego przy użyciu aparatu własnej konstrukcji [11].

Pletyzmografia całego ciała

Badanie pletyzmograficzne umożliwia pomiar czynnościowej pojemności zalegającej oraz oporu dróg oddechowych.

Badanie objętości zalegającej

Bardzo wczesnie uznano pomiar RV za ważny wskaźnik oceny stopnia zalegania powietrza w płucach, a więc rozdęcia płuc. Początkowo pomiary RV były oparte na ocenie stopnia rozcieńczenia gazów wskaźnikowych. W Polsce pierwsze pomiary objętości zalegającej za pomocą mieszaniny powietrza i wodoru przeprowadził K. Marek w Sosnowcu w 1958 roku [3, 4]. Powszechnie jednak stosowano metodę Christiego [12], która polegała na stopniowym rozcieńczeniu mieszaniny tlenu i azotu. Stopień rozcieńczenia azotu był zależny od wielkości czynnościowej pojemności zalegającej. W latach 60. XX wieku J. Pudelski w Klinice Chorób Płuc w Zabrze [13] oraz J. Kowalski i A. Kozirowski [14] w Instytucie Gruźlicy wprowadzili badania czynnościowej pojemności zalegającej metodą rozcieńczania helu (ryc. 2).

W Polsce pomiary FRC za pomocą kabiny pletyzmografu całego ciała, wykorzystując do tego celu prawo Boyle'a-Mariotte'a (objętość x ciśnienie jest wartością stałą), wykonuje się od lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku. Ta metoda przyczyniła się do rozpowszechnienia badania stopnia rozdęcia i oceny całkowitej pojemności płuc. W kraju pierwsze badania pletyzmograficzne u dzieci wykonał w Rabce J. Hałuszka, P. Gutkowski, J. Żebrak [15]. Jednocześnie takie badania rozpoczęto w Zakładzie Fizjopatologii Oddychania IGIChP. Opierając się na pletyzmograficznych pomiarach objętości zalegającej i badaniach podatności płuc, Kowalski [16] zaproponował przyżyciowe rozpoznawanie rozedmy płuc. Według obowiąz-

zujących dziś ustaleń [17] pomiar TLC jest niezbędny do rozpoznania restrykcyjnego ograniczenia sprawności wentylacyjnej płuc. W ostatnich latach A. Skoczylas i P. Śliwiński [18] zastosowali pletyzmografię optoelektryczną, umożliwiającą wielokrotne badanie objętości płuc (FRC, RV, TLC) w warunkach dynamicznych i podczas obciążenia wysiłkiem.

Pomiar oporu dróg oddechowych

Znacznym postępowaniem w diagnostyce drożności dróg oddechowych było wprowadzenie pomiaru oporu dróg oddechowych (R_{aw}) w kabinie pletyzmografu całego ciała. Zaletą techniki pletyzmograficznej jest badanie oporu oskrzelowego w zakresie objętości oddechowej w czasie spokojnego oddychania. Z tego powodu nie zwiększa to dodatkowo oporu, co często ma miejsce podczas natężonego wydechu. W Zakładzie Fizjopatologii IGiChP pomiar oporu oddechowego wykonywano dla oceny zaburzeń czynnościowych u chorych na astmę oskrzelową, przewlekłą obturacyjną chorobę płuc (POChP), sarkoidozę i inne choroby śródmiąższowe. E. Grębska [19] oceniła wpływ palenia papierosów na czynność układu oddechowego. Pierwsze badania pletyzmograficzne u niemowląt zostały wykonane przez P. Gutkowskiego [20].

W ostatnich latach W. Tomalak [21] i H. Mazurek [22] wprowadzili ocenę drożności dróg oddechowych opartą na technice oscylacji wymuszonych, szczególnie przydatną u dzieci, ponieważ nie wymaga ona współpracy badanego.

Od 1978 roku J. Kowalski w Klinice Pneumologii AM (kierownik prof. W. Droszcz) organizował Pracownię Fizjopatologii Oddychania. W krótkim czasie pracownia została wyposażona w pletyzmograf całego ciała firmy Jaeger z zestawem do badania podatności, jak i zdolności dyfuzyjnej płuc. Wykonane przez J. Barlińskiego [23] pomiary ciśnienia skoku sprężystego (P_{st}) u chorych z astmą oskrzelową potwierdziły występowanie zmniejszenia P_{st} zarówno u chorych w okresie średniego nasilenia choroby, jak również w astmie klinicznie bezobjawowej. Wykazano, że P_{st} odgrywało decydującą rolę wśród mechanizmów zmniejszenia przewodności drobnych oskrzeli. W innej pracy J. Kowalski [24, 25], oceniając równoległe drożność dróg oddechowych (R_t) i ciśnienie kapilarne tlenu obwodowej krwi tętniczej u chorych na astmę przed inhalacją i po inhalacji leku rozkurczowego (salbutamol), nie wykazał korelacji między poprawą oporu oskrzelowego ($\Delta\%R_t$) i ciśnieniem parcjalnemu obwodowej krwi kapilarnej ($\Delta\%O_{2tc}$) po inhalacji. U części chorych stwierdzono utrzymywanie się hipoksemii mimo poprawy drożności oskrzeli w następstwie utrzy-

mującego się nadal procesu zapalnego pęcherzyków płucnych.

Badanie podatności płuc

Pomiar podatności płuc polega na określeniu zmian objętości płuc w stosunku do zmian ciśnienia w jamie opłucnowej, mierzonego za pomocą balonika w dolnej części przełyku. Ta metoda pozwalała na ocenę sprężystości płuc.

W 1962 roku A. Koziorowski i H. Zaręba [26] opisali własną metodę mechano-optyczną badania podatności płuc. Zmiany objętości płuc zapisywano za pomocą spirometru Krogha, na którym umocowano manometr membranowy z naklejonym lusterkiem. W czasie każdego cyklu oddechowego promień światła odbity od lusterka zapisywał pętlę, będącą wypadkową zmian objętości i ciśnienia przełykowego. Zapis tej pętli dokonywano na papierze światłoczułym w zaciemnionym pomieszczeniu. W 1972 roku do badania podatności statycznej płuc wykorzystano przetwornik różnicowy ciśnienia według projektu inż. M. Żółtowskiego [27]. Dzięki zastosowaniu elektromanometru stał się możliwy dokładniejszy pomiar podatności dynamicznej i statycznej płuc oraz ciśnienia skoku sprężystego. Zastosowanie pletyzmografu całego ciała w Zakładzie Fizjopatologii pozwoliło na badanie podatności za pomocą elektromanometru kabinowego. W następstwie tego był możliwy zapis podatności dynamicznej i statycznej oraz pomiar ciśnienia na szczycie wdechu (PTLC), który jest miarą ciśnienia skoku sprężystego PST (*static elastic recoil pressure*).

Pomiar dyfuzji gazu w płucach

Pierwsze badania dyfuzji tlenu węgla metodą stanu równowagi (*steady state*) w Polsce wykonała w latach sześćdziesiątych XX wieku D. Rando-wa z AM we Wrocławiu [28]. W latach siedemdziesiątych w Instytucie Gruźlicy wraz z uruchomieniem metody pletyzmograficznej rozpoczęto badania dyfuzji dla tlenu węgla metodą pojedynczego oddechu, przydatną do oceny zdolności przenikania tlenu przez barierę pęcherzykowo-włóknistkową. Oznaczenie DLCO metodą pojedynczego oddechu jest badaniem prostszym i stosowanym do chwili obecnej w Zakładzie Fizjopatologii IGiChP i innych ośrodkach. Zmniejszenie zdolności dyfuzyjnej płuc stwierdza się najczęściej u chorych z rozedmą, w śródmiąższowym włóknieniu, w chorobach naczyniowych, na przykład w zatokowości i w obrzęku płuc. Uważa się, że badanie DLCO jest szczególnie pomocne w wykrywaniu

wczesnych zaburzeń czynnościowych, jak i w monitorowaniu leczenia chorób śródmiąższowych. W piśmiennictwie amerykańskim stosuje się powszechnie tradycyjne określenie „zdolność dyfuzyjna” (DLCO), natomiast w literaturze europejskiej J. Cotes [29] zaproponował termin „czynnik przenoszenia” (*transfer factor*).

Badanie wymiany gazowej

W latach sześćdziesiątych ubiegłego wieku w Instytucie Gruźlicy oznaczano zawartość gazów oddechowych krwi tętniczej za pomocą manometrycznej metody Van Slyke'a. W tym samym okresie mgr Buława przy użyciu podzespołów polskiej produkcji opracował zestaw elektrod do pomiaru stanu równowagi kwasowo-zasadowej metodą Astrupa [30]. W następnych latach został sprowadzony aparat mikro-Astrupa firmy Radiometer, wyposażony w mikroelektrody do pomiarów ciśnień parcjalnych O_2 i CO_2 we krwi tętniczej. L. Radwan i Z. Maszczyk [31] wprowadzili badania gazów oddechowych krwi tętniczej w czasie wysiłku fizycznego na ergometrze rowerowym u chorych z włóknieniem płuc. W następnych latach badano również wymianę gazową w spoczynku i podczas wysiłku, co pozwalało na ocenę gradientu pęcherzykowo-tętniczego tlenu i stosunku fizjologicznej przestrzeni martwej do objętości oddechowej (Maszczyk [32]). Na uwagę zasługują również pierwsze w kraju badania L. Radwana i J. Zielińskiego [33] nad kontrolowaną tlenoterapią u chorych z ciężką niewydolnością oddechową za pomocą 28% Ventimask.

W latach sześćdziesiątych XX wieku wprowadzono do badań czynnościowych płuc szybko reagujące analizatory dwutlenku węgla i azotu w wydychanym powietrzu. Według badań L. Radwana [34] zapis krzywej kapnograficznej okazał się przydatny do oceny stopnia zaburzeń czynnościowych w przewlekłych chorobach płuc. Za pomocą kapnografu oznaczano też ciśnienie parcjalne CO_2 w mieszanej krwi żyłnej i tętniczej metodą wielokrotnego oddychania i uzyskano wyniki podobne do wartości w krwi tętniczej [35]. Kapnograf został również wykorzystany [36] do badania wymiany gazowej, na przykład określania gradientu pęcherzykowo-tętniczego CO_2 , będącego wyrazem wielkości przestrzeni martwej (ryc. 3). Vertun [37] zastosowała nitrograf do pomiarów stężenia azotu w wydychanym powietrzu, co pozwalało na ocenę stopnia równomierności wentylacji w chorobach płuc. Jest to bardzo istotne we wczesnych okresach POChP. Natomiast J. Müller [38] w Instytucie Gruźlicy zastosował spektrometr masowy do ciągłej analizy dystrybucji gazów w powietrzu wydechowym. Zostało to wykorzy-



Rycina 3. Pobieranie krwi tętniczej do analizy gazów oddechowych i pH krwi z jednoczesnym pomiarem kapnograficznym CO_2 w wydychanym powietrzu do oceny gradientu $P(a-A)CO_2$ w Zakładzie Fizjopatologii Oddychania IGIChP w 1963 r.

stane do przyżyciowego rozpoznawania rozedmy płuc u chorych na POChP.

Badania regulacji oddychania

W latach siedemdziesiątych XX wieku A. Koziorowski wprowadził metody badania regulacji oddychania. W swojej pracy habilitacyjnej [39] oprócz badania wzorca oddechowego zastosował po raz pierwszy w Polsce pomiar ciśnienia okluzji, to znaczy ciśnienia w jamie ustnej w chwili krótkotrwałego przerwania wdechu. Było to możliwe dzięki opracowaniu przez inż. M. Żółtowskiego własnej konstrukcji zastawki, niezbędnej do chwilowego przerwania przepływu powietrza (0,2 s). Początkowo badano odpowiedzi oddechowe na stymulację dwutlenkiem węgla za pomocą techniki zaproponowanej przez Reada. A. Koziorowski opracował normy odpowiedzi oddechowych na stymulację hiperkapniczną i wykazał, że u osób zdrowych wzrost wentylacji znamienne koreluje z wzrostem ciśnienia okluzji [40].

Innym interesującym problemem była ocena regulacji oddychania u chorych na obturacyjny bezdech senny (OBS) dzięki współpracy z Pracownią Badania Snu w II Klinice Chorób Płuc Instytutu Gruźlicy [41].

Na początku lat dziewięćdziesiątych Zakład Fizjopatologii wspólnie z krakowską firmą MES (inż. A. Dymek) opracowali skomputeryzowany system pomiarowy wzorca oddychania oraz odpowiedzi oddechowych na stymulację chemiczną zarówno hiperkapniczną, jak i hipoksyczną [42]. Osiągnięciem tej metody była ocena na bieżąco (*on line*) odpowiedzi oddechowych, to znaczy wentylacji i ciśnienia okluzji w czasie stymulacji chemo-receptorów. Za pomocą tego skomputeryzowanego systemu pomiarowego opracowano wartości należne dla oceny wzorca oddechowego i odpowie-



Rycina 4. Skomputeryzowany zestaw do badania regulacji oddychania, opracowany w Zakładzie Fizjopatologii Oddychania IGIChP przez prof. A. Koziorowskiego i zespół (rok 1994, od lewej: doc. L. Radwan, doc. Z. Maszczyk)



Rycina 5. Wizyta profesora W.T. Ulmera z Bochum w Zakładzie Fizjopatologii IGIChP w 1999 r. Doktor J. Walczak omawia wyniki badań siły mięśni oddechowych; pozostałe osoby od lewej: prof. A. Koziorowski, prof. W.T. Ulmer, prof. J. Kowalski i doc. L. Radwan

dzi oddechowych w czasie stymulacji hiperkapnicznej i hipoksycznej u osób zdrowych (ryc. 4).

Dalsze badania z zastosowaniem nowej metodyki u normokapnicznych chorych na OBS potwierdziły, że odpowiedzi oddechowe w czasie stymulacji hiperkapnicznej były podobne do uzyskanych w grupie otyłych osób zdrowych. Natomiast podczas stymulacji hipoksycznej stwierdzono zwiększenie odpowiedzi wentylacyjnej i ciśnienia okluzji u tych chorych. Linia odpowiedzi wentylacyjnej była znamienne przesunięta w lewo, co wskazywało na zwiększoną pobudliwość chemoreceptorów. Zdaniem L. Radwana i wsp. [43] zwiększona wrażliwość na hipoksję może być następstwem wielu czynników, w tym powtarzających się epizodów nocnego niedotlenienia w czasie snu.

M. Franczuk w swojej pracy doktorskiej [44] wykazała, że chemiczna kontrola oddychania u większości chorych na astmę oskrzelową była prawidłowa, jednakże u chorych, którzy przebyli ciężkie stany astmatyczne, obserwowano wyższe i silniej wyrażone odpowiedzi na bodziec hipoksyczny i większą pobudliwość odpowiedzi na stymulację hiperkapniczną. Rola chemicznej kontroli oddychania u chorych na astmę jest szeroko dyskutowana wśród patomechanizmów ciężkiego przebiegu zaostrzeń astmy oskrzelowej. W kolejnej pracy M. Franczuk i wsp. [45] ocenili odpowiedzi oddechowe na stymulację CO₂ u chorych na OBS z przewlekłą hiperkapnią i wykazali zmniejszoną chemowrażliwość.

Ocena siły mięśni oddechowych

Pierwsze pomiary siły mięśni oddechowych w Zakładzie Fizjopatologii IGIChP przeprowadził

L. Radwan, mierząc maksymalne ciśnienie wdechowe (MIP) i wydechowe (MEP) u chorych z uogólnioną miastenią, leczonych operacyjnie w Klinice Chirurgii IGIChP [46]. W innej pracy [47], wykonanej wspólnie z Kliniką Neurologii AM w Warszawie, wykazano, że po wstrzyknięciu polstygminy chorym na miastenię wzrasta siła i wytrzymałość mięśni oddechowych. W 1986 roku J. Walczak we współpracy z inż. W. Kropaczewskim [48] opracowali i wprowadzili do badań spiromanometr własnej konstrukcji, umożliwiający pomiary MIP i MEP. Przeprowadzone badania siły mięśni oddechowych pozwoliły na ustalenie wartości należnych MIP i MEP dla osób zdrowych. W następnych latach podjęto próbę oceny zmęczenia mięśni oddechowych na podstawie pomiaru czasu ich relaksacji (rozkurczu). Technika badania polegała na pomiarze czasu zmniejszania się ujemnego ciśnienia wdechowego do wartości zerowej po energicznym wciągnięciu powietrza przez nos (*sniff*) lub przez usta (*gasp*) [49]. Wstępne wyniki wykazały wydłużenie czasu relaksacji u chorych na POChP. Wpływ zmęczenia mięśni oddechowych podczas wysiłku ocenił P. Śliwiński w czasie pobytu w Montrealu. Praca dotycząca aktywacji mięśni oddechowych w czasie wysiłku u chorych na POChP była kontynuowana przez P. Śliwińskiego i współpracowników w Pracowni II Kliniki Chorób Płuc w IGIChP w Warszawie (ryc. 5) [50].

Badania czynności oddychania w czasie snu — polisomnografia

W latach dziewięćdziesiątych uruchomiono w Polsce pracownie polisomnograficzne do badania zaburzeń oddychania podczas snu. Pierwsze tego typu pracownie powstawały w Instytucie Gruźli-

cy (J. Zieliński, R. Pływaczewski), w Klinice Chorób Wewnętrznych i Pneumonologii AM w Warszawie (W. Droszcz, J. Kowalski, T. Przybyłowski), w Katowicach (W. Pierzchała), we Wrocławiu (A. Brzecka), w Łodzi (D. Nowak) i w Bydgoszczy (M. Tafilowa).

W minionym półwieczu nastąpił w Polsce znaczący rozwój patofizjologii oddychania. Było to możliwe dzięki stałym i żywym bezpośrednim kontaktom naukowym z przodującymi ośrodkami europejskimi i amerykańskimi. Dzięki pomocy Europejskiego Towarzystwa Oddechowego (ERS) wielu lekarzy pneumonologów czynnie uczestniczyło w dorocznych kongresach międzynarodowych. Stopniowo powstała polska szkoła patofizjologii oddychania, obejmująca zarówno zagadnienia teoretyczne (W. Karczewski, M. Pokorski, M. Szereda-Przestaszewska, M. Tafil-Klawe, M. Walski, D. Nowak), jak i badania w zakresie fizjologii klinicznej u dorosłych (A. Koziorowski, J. Pudelski, W. Droszcz, J. Kowalski, K. Marek, W. Pierzchała, L. Radwan, P. Śliwiński, S. Wesołowski, A. Krzywiecki) i u dzieci (J. Hałuszka, P. Gutkowski, A. Milanowski, M. Kulus, W. Tomalak, H. Mazurek).

Piśmiennictwo

- Hutchinson J. On the capacity of the lungs and on the respiratory movements with the view of establishing a precise and easy method of detecting disease by the spirometer. *Lancet* 1846; 1: 630–632.
- Koziorowski A. Współczesne metody badań czynnościowych narządu oddychania. *Postępy Ftyzjatrii i Pneumonologii* 1956; 1: 93–117.
- Marek K. Badanie spirometryczne pojemności płuc. *Doniesienie I. Wyniki oznaczania powietrza zalegającego u osób zdrowych metodą obiegu zamkniętego przy użyciu wodoru*. *Pol. Tyg. Lek.* 1958; 13: 1809.
- Marek K. Badanie spirometryczne pojemności płuc. *Doniesienie II. Możliwości rozpoznawania wczesnej rozedmy za pomocą pomiaru powietrza zalegającego*. *Pol. Tyg. Lek.* 1958; 13: 1905.
- Nikodemowicz E., Piotrkowska B. Normy spirograficzne w Polsce. *Gruźlica* 1968; 33: 1219.
- Rudnik J., Hałuszka J., Gutkowski P. Przydatność niektórych badań czynnościowych układu oddechowego w ocenie przewlekłego zapalenia oskrzeli u dzieci. *Ped. Pol.* 1973; 47: 544.
- Radwan L., Kazimierzczak A. Stan czynnościowy drobnych dróg oddechowych chorych na astmę oskrzelową w okresie poprawy. *Pneum. Pol.* 1977; 45: 9–14.
- Boros P. Metody badań czynnościowych układu oddechowego. W: Kowalski J., Koziorowski A., Radwan L. red. *Ocena czynności płuc w chorobach układu oddechowego*. Wydawnictwo Borgis, Warszawa 2004.
- Tiffeneau R., Pinelli A. Air circulante et air captif. *Paris Med.* 1947; 37: 624–628.
- Tiffeneau R., Drutel P. Capacite vitale utilisable a l'effort. *Paris Med.* 1949; 39: 543.
- Droszcz W., Droszcz L. Polski prototyp aparatu Wright'a. *Gruźlica* 1963; 31: 883–888.
- Christie R. Lung volume and its subdivisions. I. Methods of measurements. *J. Clin. Invest.* 1932; 11: 1099.
- Pudelski J. Oznaczanie objętości zalegającej metodą bronchospirometryczną. *Ocena metody własnej*. *Gruźlica* 1960, 22: 29.
- Kowalski J., Koziorowski A. Odsetkowy stosunek objętości zalegającej do całkowitej pojemności płuc (wskaźnik RV/TLC × 100) w przewlekłych chorobach narządu oddychania. *Gruźlica* 1964, 32: 507–518.
- Hałuszka J., Gutkowski P., Żebrak J. Pletyzmograficzna ocena czynności płuc u dzieci z mukowiscydozą. *Ped. Pol.* 1973; 48: 557–559.
- Kowalski J. Czynnościowa diagnostyka rozedmy płuc. *Pneum. Pol.* 1981; 49: 161.
- Quanjer Ph.H., Tammeling G.J., Cotes J.E., Pederson O.F., Peslin R., Yernault J.C. Standardized Lung Function Testing. Lung volumes and forced ventilatory flows. *Eur. Respir. J.* 1993; 6: 5–40.
- Skoczylas A., Śliwiński P. Pletyzmografia optoelektryczna — nowa technika pomiaru zmian objętości klatki piersiowej. *Pneumonol. Alergol. Pol.* 2007; 75: 81–87.
- Grębska E. Zaburzenia czynnościowe układu oddechowego u osób palących papierosy. *Neum. Pol.* 1978; 46: 697.
- Gutkowski P. Reaktywność oskrzeli u niemowląt i u dzieci w pierwszych latach życia chorujących na zapalenie oskrzeli. *Praca habilitacyjna*. Warszawa 1986.
- Tomalak W., Mazurek H., Ciolek G., Willim G. Technika oscylacji wymuszonych w badaniu układu oddechowego. III. Podatność i opór systemu oddechowego u dzieci ze zwłóknieniem płuc. *Pneumonol. Alergol. Pol.* 1995; 63: 690–694.
- Mazurek H. Technika oscylacji wymuszonych. Część druga: Interpretacja wyników badania. W: Kowalski J., Koziorowski A., Radwan L. (red.). *Ocena czynności płuc w chorobach układu oddechowego*. Wydawnictwo Borgis, Warszawa 2004; 344–353.
- Barliński J., Droszcz W., Kowalski J. Badania czynnościowe układu oddechowego u chorych na astmę oskrzelową w okresie klinicznie bezobjawowym. *Pneum. Pol.* 1985; 53: 407–416.
- Kowalski J., Möllmann H., Höltmann B., Ulmer W. Ciśnienie cząstkowe tlenu w arterializowanej krwi kapilarnej skóry w przebiegu alergicznego skurczu oskrzeli. *PTL* 1988; 43: 659–663.
- Kowalski J. Rozbieżności oceny pomiarów drożności dróg oddechowych i wymiany gazowej płuc u chorych na astmę oskrzelową. *Pneumonol. Info* 2005; 2: 26–28.
- Koziorowski A., Zaręba H. Prosta metoda badania podatności płuc. *Gruźlica* 1962; 30: 61.
- Kowalski J., Żółtowski M., Koziorowski A. Jednoczesny zapis zmian objętości płuca i ciśnienia przełykowego za pomocą zestawu własnej konstrukcji. *Gruźlica* 1972; 40: 1093.
- Randowa D. Zaburzenia dyfuzji w przewlekłych chorobach narządu oddychania. *Gruźlica* 1963; 31: 576.
- Cotes J.C., Chinn D.J., Miller M.R. *Lung Function*. Wyd. 6. Blackwell Publishing House, 2006; 234–244.
- Koziorowski A., Radwan L. Badania nad dokładnością i zastosowaniem metody Astrupa dla oceny stanu równowagi kwasowo-zasadowej krwi. *Gruźlica* 1962; 30: 295.
- Radwan L., Maszczyk Z. Spoczynkowe i wysiłkowe zmiany gazów krwi tętniczej u chorych z samoistnym śródmiąższowym zwłóknieniem płuc. *Gruźlica Chor. Płuc* 1969; 37: 53.
- Maszczyk Z. Wpływ zaburzeń czynnościowych układu oddychania i krążenia płucnego na wydolność wysiłkową chorych z przewlekłymi schorzeniami płuc. *Praca habilitacyjna*. Instytut Gruźlicy i Chorób Płuc, Warszawa 1977.
- Radwan L., Zieliński J. Próba kontrolowanej tlenoterapii za pomocą 28% Ventimask u chorych z ciężką niewydolnością oddychania. *Gruźlica* 1971; 39: 1013.
- Radwan L. Rapid infrared CO₂ analysis of expired air as a test of disturbed ventilation-perfusion relationships in the lung. *Bull. Physio-Path. Resp.* 1966; 2: 697.
- Koziorowski A., Radwan L. Zastosowanie kapnografu do oznaczania ciśnienia parcjalnego dwutlenku węgla w mieszanej krwi żyłnej oraz we krwi tętniczej metodą wielokrotnego oddychania. *Pol. Arch. Med. Wewn.* 1962; 32: 1543.
- Koziorowski A., Radwan L. Gradient ciśnień parcjalnych CO₂ pomiędzy krwią tętniczą a końcową próbką powietrza wydechowego w przewlekłych chorobach płuc. *Pol. Arch. Med. Wewn.* 1965; 35: 483.
- Vertun B. Ocena metody badania równomierności wentylacji za pomocą śledzenia wypłukiwania azotu z płuc. *PTL* 1970; 25: 375–377.
- Müller J. Zastosowanie krzywych pojedynczego wydechu dla oceny zaburzeń dystrybucji u chorych z przewlekłą obturacyjną chorobą płuc, ze szczególnym uwzględnieniem rozedmy. *Praca habilitacyjna*. Warszawa 1981.
- Koziorowski A. Badanie regulacji oddychania u ludzi. *Praca habilitacyjna*. Instytut Gruźlicy i Chorób Płuc, Warszawa 1978.
- Koziorowski A. Badanie regulacji oddychania u ludzi. Część I–III. *Pneum. Pol.* 1979; 47: 679–707.

41. Radwan L., Maszczyk Z., Koziarowski A. i wsp. Control of breathing in obstructive sleep apnoea and in patients with the overlap syndrome. *Eur. Respir. J.* 1995; 8: 542–545.
42. Koziarowski A., Radwan L., Maszczyk Z., Dymek A., Jasiński J. Nowy skomputeryzowany system pomiarowy do klinicznych badań regulacji oddychania. *Pneumonol. Alergol. Pol.* 1995; 63: 645.
43. Radwan L., Maszczyk Z., Koziej M., Franczuk M., Koziarowski A., Kowalski, J. Zieliński J. Respiratory response to chemical stimulation in patients with obstructive sleep apnea. *Monaldi Arch. Chest Dis.* 2000; 55: 96–100.
44. Franczuk M. Chemiczna regulacja oddychania u chorych na astmę oskrzelową — ocena odpowiedzi oddechowych na hiperkapnię i hipoksemię. Praca doktorska. Instytut Gruźlicy i Chorób Płuc, Warszawa 2001.
45. Franczuk M., Radwan L., Pływaczewski R., Śliwiński P., Boros P., Wesółowski S. Odpowiedzi oddechowe na stymulację CO₂ u chorych na obturacyjny bezdech senny z przewlekłą hiperkapnią. *Pneumonol. Alergol. Pol.* 2006; 74: 383–390.
46. Radwan L., Koziarowski A., Otto T., Żółtowski M. Wpływ tymektomii na czynność płuc u chorych z uogólnioną miastenią. *Pneum. Pol.* 1986; 54: 356.
47. Radwan L., Strugalska A., Koziarowski A. Changes in respiratory muscle function after neostigmine injection in patients with myasthenia gravis. *Eur. Respir. J.* 1988; 1: 119–121.
48. Walczak J., Izdebska-Mąkosa Z. Ocena mięśni oddechowych u osób zdrowych. *Pneumonol. Alergol. Pol.* 1992; 60: 66.
49. Walczak J., Czernicka-Cierpisz E., Kowalski J., Dymek A., Jasiński J. Komputerowy pomiar siły i czasu relaksacji przepony u osób zdrowych. *Pneumonol. Alergol. Pol.* 1995; 63: 75.
50. Śliwiński P., Yan S., Gautier A., Macklem P.T. Wpływ zmęczenia mięśni oddechowych na ich czynność podczas wysiłku. *Pneumonol. Alergol. Pol.* 1996; 64: 590–603.