

Grzegorz REDLARSKI, Piotr Mateusz TOJZA

POLITECHNIKA GDAŃSKA,
Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

Aplikacja komputerowa wspomagająca proces diagnostyki chorób górnego odcinka przewodu pokarmowego na podstawie analizy przebiegu pH-metrii

Dr hab. inż. Grzegorz REDLARSKI

Kierownik Katedry Mechatroniki i Inżynierii Wysokich Napięć na Wydziale Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej. Studia wyższe w zakresie automatyki (2000), awans zawodowy, w zakresie elektrotechniki. Stopień doktora (2003), doktora habilitowanego (2010). Głównym przedmiotem jego działalności naukowej jest automatyka elektroenergetyczna oraz energetyka, a od niedawna także inżynieria biomedyczna.



e-mail: g.redlarski@eia.pg.gda.pl

Mgr inż. Piotr Mateusz TOJZA

Pracownik Katedry Mechatroniki i Inżynierii Wysokich Napięć na Wydziale Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej. Absolwent kierunku Automatyka i Robotyka w specjalności robotyka i systemy mechatroniki (2011). Zasadnicze obszary działalności naukowej to inżynieria biomedyczna oraz zastosowanie elementów mechatroniki i robotyki w naukach medycznych.



e-mail: ptojza@eia.pg.gda.pl

Streszczenie

W artykule przedstawiono propozycję pierwszego modułu opracowanej i wykonanej aplikacji komputerowej wspomagającej proces diagnostyki choroby refluksowej przełyku (GERD) lub refluksu gardłowo-krtaniowego (LPR) poprzez automatyzację procesu wyznaczania *całkowitej liczby DeMeestera* oraz *liczby Ryana*. Efektem działania aplikacji jest propozycja diagnozy (bazująca na autorskim algorytmie analizy przebiegu pH) metodą *DeMeestera* lub *Rayana*. Dodatkowym atutem aplikacji jest możliwość zapoznania użytkownika ze wszystkimi parametrami pośrednimi (tzw. tabelą *DeMeestera*) oraz wartością wskaźnika, na podstawie którego została zaproponowana diagnoza.

Słowa kluczowe: Choroba refluksowa przełyku GERD, refluks gardłowo-krtaniowy LPR, liczba DeMeestera.

Computer application supporting upper gastrointestinal tract disease diagnosis based on pH-metry analysis

Abstract

This paper presents a proposal of a developed computer application supporting the process of GERD (*gastroesophageal reflux disease*) and LPR (*laryngopharyngeal reflux*) diagnosis by automating the tasks to determine the *DeMeester* or *Ryan* score. The main effect of the application is the proposal of GERD and LPR diagnosis based on the *DeMeester* and *Ryan* score (with use of proprietary algorithms of pH course autoanalysis). Another advantage of the given application for a user is the possibility to read all of the intermediate parameters (so called *DeMeester table*) and the value of the indicator upon which a basis of the proposed diagnosis was stated. Out of all invasive GERD diagnostics methods the mostly used technique remains the 24-hour ambulatory esophageal pH-metry, by which a recording of the esophageal pH changes in time are obtained. In the next stage of the evaluation, physician's interpretation of the results is required to find all of the characteristic parameters in the pH course and then calculation of the so called *DeMeester* score is necessary. For a physician performing the relevant assessment procedure the above described procedure is very tedious and time consuming and - taking into account specificity of the analysis - accompanied with high risk of error. The application described in this paper can be also successfully used for teaching purposes at any stage of acquiring necessary knowledge and experience in the process of diagnosing GERD and other diseases of the upper gastrointestinal tract. Nowadays in the era of major technological developments it is obvious for medical staff to be ready to take challenge of implementing fast and reliable diagnosis of GERD (especially when facing with the rising expectations regarding gastroenterologists).

Keywords: GERD (*gastroesophageal reflux disease*), LPR (*laryngopharyngeal reflux*), *DeMeester* score.

1. Wstęp

Choroba refluksowa przełyku – GERD (*gastroesophageal reflux disease*) jest jedną z najczęstszych patologii górnego odcinka przewodu pokarmowego, szczególnie wśród mieszkańców krajów rozwiniętych [1, 2]. Specjaliści szacują, iż objawy GERD występują obecnie u około 44% dorosłych Amerykanów, u około 20% mieszkańców Europy Zachodniej, u około 6% mieszkańców Japonii i Singapuru i u około 3,5% Koreańczyków. Z kolei najistotniejszy wpływ na rozwój tej choroby mają m.in. styl życia mieszkańców, rodzaj diety pokarmowej, stosowanie używek (picie dużych ilości alkoholu, mocnej kawy, palenie papierosów itp.) oraz stres. Objawy GERD, szczególnie te uznawane za uciążliwe, takie jak zgaga, bóle klatki piersiowej, problemy z oddychaniem czy uczucie gorzkiego lub kwaśnego smaku w ustach - mogą znacząco pogarszać komfort życia oraz niekorzystnie wpływać na inne układy organizmu człowieka, powodując szerokie spektrum dolegliwości bólowych (w okolicach gardła i klatki piersiowej) lub duszności (spowodowanych chorobami układu oddechowego). Nieleczona choroba refluksowa może prowadzić do poważnych powikłań, w tym zapalenia przełyku, przełyku *Baretta* a w efekcie końcowym - do refluksu gardłowo-krtaniowego (LPR), czy nawet złośliwych zmian nowotworowych [3-7].

Spośród wszystkich inwazyjnych metod diagnozowania GERD czy LPR, jednymi z najczęściej wykorzystywanych technik są 24-godzinna ambulatoryjna pH-metria oraz pH-metria z impedancją przełyku [2, 6, 8, 9], w wyniku której otrzymuje się zapis pH oraz impedancji przełyku w funkcji czasu. W zakresie aplikacji wspomagających proces automatycznej analizy wyników pH-metrii znanych jest szereg rozwiązań o różnym zakresie możliwości (np. *Bioview Analysis* firmy Sadnhill Scientific, *AccuView pH* firmy Sierra Scientific Instruments Inc., czy program *Restech Dx-pH*). Z uwagi na ww. stan zagadnienia - celem podjętych przez Autorów działań było opracowanie uniwersalnego i modułowego systemu komputerowego, pozwalającego na kompleksową automatyzację procesu analizy wyników pH-metrii i pH-metrii z impedancją, na podstawie opracowanych dotychczas procedur oraz na bazie nowo zdefiniowanych kryteriów.

W niniejszej pracy przedstawiono dotychczasowe osiągnięcia, które dorównują lub przewyższają znane rozwiązania, a których niewątpliwą przewagą jest możliwość elastycznej rozbudowy o kolejne bloki proceduralne oraz uniwersalność zastosowania do analizy zmian pomiarów pH w różnej postaci (graficznej, tekstowej i cyfrowej). W dotychczasowych działaniach Autorzy skupiali się na metodzie diagnostycznej pomiaru samego pH-przełyku, która - na przestrzeni ostatnich lat - stała się „złotym standardem” m.in. w diagnostyce chorób refluksowych górnego odcinka przewodu pokarmowego. Technika ta zalecana jest szczególnie u pacjentów, u których inne metody nieinwazyjne nie dały jedno-

znacznych wyników. Natomiast przesłankami do wykonywania 24-godzinnej pH-metrii jest zgłaszanie przez pacjentów objawów choroby refluksowej pomimo wdrożonego leczenia. Procedura medyczna polega wówczas na umieszczeniu sondy pH w przełyku pacjenta około 5 cm ponad dolnym zwieraczem przełyku LES (*lower esophageal sphincter*). Przez kolejne 18÷24 godzin pacjent pozostaje podłączony do aparatury pomiarowej i zachęcany jest do wykonywania rutynowych czynności, w codzienny sposób. Dzięki temu zapis badania przedstawia zbliżony do codziennego odczyn pH przełyku (zwiększając dokładność badania oraz umożliwiając pewniejsze wykrycie patologii). Kolejny etap badania diagnostycznego wymaga od lekarza prowadzącego oceny otrzymanego zapisu pH w celu wyznaczenia tzw. całkowitej liczby *DeMeestera* lub *Ryana* – parametru, od którego wartości zwykle uzależniona jest stawiana diagnoza. Lekarz dokonujący interpretacji wyników badania zobowiązany jest do wyszukania w przebiegu zapisu pH, wszystkich parametrów charakterystycznych, m.in. całkowitej liczby refluksów (epizodów, w których $\text{pH} < 4$), liczby refluksów długich (trwających ponad 5 minut) - a następnie do obliczenia wartości całkowitej liczby *DeMeestera*.

2. Zasada wyznaczania całkowitej liczby *DeMeestera* oraz *Ryana*

Istotą analizy zapisu 24-godzinnej pH-metrii jest obliczenie *całkowitej liczby DeMeestera*. Procedurę realizacji tego zadania, w sposób schematyczny przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Idea komputerowego wspomaganie diagnostyki GERD
Fig. 1. The idea of computer-aided diagnosis of GERD

Opracowana i wykonana aplikacja wspomaga lekarza prowadzącego badanie poprzez automatyzację procesu znajdowania i zapisu wszystkich parametrów charakterystycznych przebiegu pH, wymaganych do obliczenia *całkowitej liczby DeMeestera*. Wyznaczone parametry charakterystyczne jak i sam wskaźnik *DeMeestera* są następnie wyświetlane na panelu głównym aplikacji. Parametry charakterystyczne, wyszukiwane przez aplikację zostały opisane w tab. 1 [10].

Tab. 1. Parametry charakterystyczne wymagane przy obliczaniu *całkowitej liczby DeMeestera*

Tab. 1. Characteristic parameters required for calculation of the *total DeMeester score*

Lp.	Wymagany parametr
1	liczba epizodów refluksu (epizodów, gdzie $\text{pH} < 4$)
2	liczba długich epizodów refluksu (powyżej 5 minut)
3	czas najdłuższego refluksu [min]
4	czas, w którym $\text{pH} < 4$ w pozycji leżącej [%]
5	czas, w którym $\text{pH} < 4$ w pozycji stojącej [%]
6	Całkowity czas, w którym $\text{pH} < 4$ [%]

Jeśli badanie jest wykonywane przez czas krótszy niż 24 godz. (np. tylko 18 godz.), wówczas wszystkie wyniki są normalizowane, tzn. przeliczane do wartości odpowiadających badaniu 24 godzinnemu, zgodnie ze wzorem

$$\text{wartość znormalizowana} = \frac{\text{wartość zmierzona} \cdot 1440[\text{min}]}{\text{czas badania}[\text{min}]} \quad (1)$$

Całkowita liczba DeMeestera jest obliczana jako suma wartości parametrów charakterystycznych. Wartość *całkowitej liczby DeMeestera* powyżej 14,72, zgodnie za *Ayazi i wsp.* [10] pozwala na stwierdzenie choroby refluksowej.

Podobną procedurę można zastosować do obliczenia *liczby Rayana*. W przypadku tej wartości, istotnymi parametrami charakterystycznymi są czas poniżej zadanego progów pH, liczba epizodów refluksowych oraz czas trwania najdłuższego epizodu [8]. Odmienne niż w przypadku *całkowitej liczby DeMeestera* w przypadku *liczby Rayana* próg pH nie jest stały i - w zależności od pozycji pacjenta - wynosi 5 lub 5,5.

3. Okno wizualizacji opracowanej aplikacji

Aplikacja wspomagająca ocenę refluksu przełykowego na podstawie analizy pH została opracowana w taki sposób, aby umożliwić lekarzowi prowadzącemu intuicyjnie jej użytkowanie. Stąd też lekarz ma pełen dostęp do wszystkich obliczonych parametrów charakterystycznych oraz do samego przebiegu pH (który został poddany analizie), co umożliwia pełną i bezzwłoczną kontrolę wyników dostarczanych przez program. Takie działanie aplikacji pozwala na prostą ich weryfikację na podstawie własnych doświadczeń i wiedzy lekarza prowadzącego.

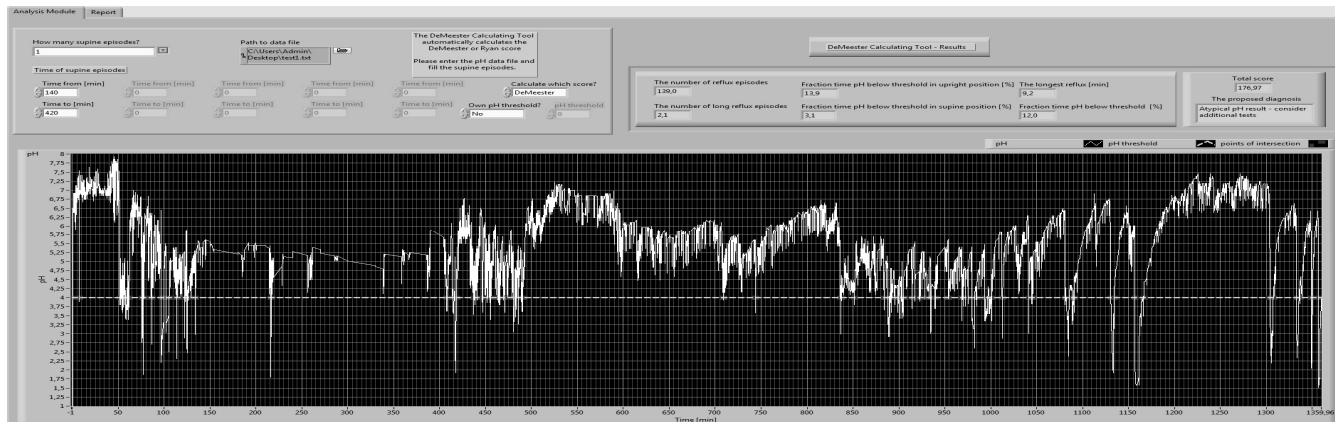
Zgodnie z rys. 2 ilość operacji, jakie musi wykonać użytkownik aplikacji, zredukowano do minimum. Użytkowanie programu wymaga przede wszystkim podania ścieżki dostępu do danych – przebiegu pH zapisanego w formacie cyfrowym oraz wybrania parametru, który ma zostać obliczony. W zależności od wyboru, użytkownik może obliczyć *całkowitą liczbę DeMeestera*, *liczbę Rayana* lub - rezygnując z powyższych metod - ustalić próg analizy pH o żądanej wartości. Użytkownik musi także określić czas, w którym pacjent przebywał w pozycji leżącej – maksymalnie do 5 epizodów (dla wygody użytkownika, czas badania podany jest w minutach licząc od rozpoczęcia procedury medycznej, nie zaś – jak to często bywa – w formacie godzinowym: od godziny rozpoczęcia badania do godziny zakończenia badania).

Proponowana wizualizacja wyników badania pozwala na bardziej intuicyjną ocenę czasów trwania zarejestrowanych zjawisk. Po wprowadzeniu wymaganych danych, program oblicza oraz wyświetla wszystkie parametry charakterystyczne oraz *całkowitą liczbę DeMeestera* lub *liczbę Rayana*. Ponadto, wczytany przebieg pH jest wyraźnie wyświetlany na panelu graficznym.

Ostatecznym wynikiem działania aplikacji jest podanie sugestii, czy na podstawie obliczonej *całkowitej liczby DeMeestera* lub *liczby Rayana* badany przebieg można zakwalifikować do nie chorobowych, czy wręcz przeciwnie, do patologicznych. W przyjętym rozwiązaniu wynik jest uzależniony od porównania obliczonej *całkowitej liczby DeMeestera* z literaturową wartością wynoszącą 14,72, natomiast obliczonej *liczby Rayana* - od wartości 9,41 lub 6,81.

4. Wnioski

Statystyki medyczne wskazują na wzrost liczby osób z objawami GERD oraz innych chorób górnego odcinka pokarmowego [11], a co za tym idzie, zachodzi konieczność wzrostu liczby badań diagnostycznych. Zwiększonemu zapotrzebowaniu na badania nie zawsze odpowiada zwiększona ilość wykwalifikowanych specjalistów gastroenterologów. Wobec powyższego, w dobie nowoczesnych osiągnięć techniki, celowym wydaje się podjęcie działań pozwalających na bardziej efektywnie przygotowanie studentów medycyny i specjalizujących się w gastroenterologii w zakresie podstaw diagnostyki gastroenterologicznej. Takim działaniem może być m.in. włączenie proponowanej przez autorów aplikacji w proces edukacji.



Rys. 2. Widok panelu głównego aplikacji
Fig. 2. The view of the application's main panel

Opracowana przez Autorów aplikacja jest alternatywą dla programów służących do wyświetlania wyników badań 24-godzinnej pH metrii przełyku. Zwykle oprogramowanie takie jest dołączane do zestawu ambulatoryjnego pH-metru i pozwala na ocenę oraz wyświetlanie wyników badań przeprowadzonych na sprzęcie konkretnego producenta. Opisane w pracy oprogramowanie pozwala na wyświetlenie i analizę danych dostarczonych w formie pliku tekstowego, czy arkusza Excel. Dzięki temu możliwe jest uniwersalne zastosowanie opisanego oprogramowania, niezależnie od producenta aparatury pomiarowej.

Istotnym wydaje się również modularność aplikacji. Jej wykonanie pozwala na dodawanie kolejnych, nowych elementów matematyczno-analitycznych, pozwalających na rozszerzenie zakresu analizy przebiegów nie tylko pH ale również, w niedalekiej przyszłości, impedancji przełykowej. Dzięki staraniom Autorów pracy aplikacja zostanie rozbudowana o możliwość statystycznej analizy przebiegów pH-impedancji oraz automatycznej oceny wyników badania.

Z drugiej strony, mając na uwadze dzisiejszy stan techniki i dobro pacjenta, celem jest dążenie do minimalizowania czasu potrzebnego na odczyt przebiegu pH, przy jednoczesnym zachowaniu wysokich parametrów jakości i pewności stawianego rozpoznania. Takim narzędziem może w przyszłości okazać się proponowana przez Autorów aplikacja. Aplikacja ta pozwala bowiem na automatyzowanie procesu wyznaczania szeregu wielkości fizycznych na podstawie przebiegu pH, czynności długotrwałej i żmudnej dla lekarza specjalisty. Dzięki temu lekarz ten może zaoszczędzony czas poświęcić na inne działania na etapie realizacji, w których nie można go zastąpić.

Stosowanie aplikacji daje jednocześnie pełną kontrolę nad analizą wyników, dzięki czemu lekarz specjalista nie jest zastępowany przez aplikację, a przeciwnie – jego doświadczenie połączone z szybkością dostarczania wyników pozwala sprawniej diagnozować patologię. W tym miejscu należy raz jeszcze podkreślić wartość dydaktyczną opracowanej aplikacji – gdyż np. poprzez wizualizację przykładowych przebiegów pH, prowadzący zajęcia dydaktyczne mogą prezentować studentom różne przypadki kliniczne, w tym - przypadki bardzo rzadko spotykane i omawiać ich wpływ na określone objawy i towarzyszące im zmiany patologiczne (w zależności od wartości poszczególnych parametrów charakterystycznych). Dodatkowym walorem użytkowym aplikacji jest możliwość zapisania wyników badania i analizy w formie raportu - rys.2: zakładka *Raport*. Użytkownik, wykorzystując odpowiedni panel w aplikacji, może wybrać zestaw parametrów lub danych, które program ma zapisać w raporcie. Ponadto, każde badanie można opatrzyć opisem, charakteryzującym dany przebieg i wyniki uzyskane z analizy. Tak przygotowany raport jest przygotowany do zapisu na nośniku danych lub wydruku.

Wobec oczekiwań stojących przed dzisiejszą medycyną, zasadnym wydaje się opracowywanie i oddawanie w ręce lekarzy nowoczesnych i efektywnych narzędzi komputerowych wspomagających

ich pracę na wielu płaszczyznach specjalizacji medycznych, zarówno w gastroenterologii jak i innych specjalizacjach [12]. Proces komputerowego wspomaganie pracy lekarskiej można realizować zarówno w praktycznym wymiarze – w ośrodkach klinicznych, jak i na etapie prowadzenia studiów czy specjalistycznych szkoleń medycznych.

5. Literatura

- [1] Yamada T.: Podręcznik Gastroenterologii. Wydawnictwo Czelej, Lublin, 2006.
- [2] Segal I., Pitchumoni C.S., Sung J.: Gastroenterology and hepatology manual: a clinician's guide to a global phenomenon. McGraw-Hill, Australia, 2011.
- [3] Adrych K., Sulkowska A., Janiak M.: Symptoms and gastroscopy results in patients with gastroesophageal reflux disease confirmed by pH-monitoring. *Gastroenterol. Pol.* vol. 14, nr. 2, s. 91-95, 2007.
- [4] Janiak M., Damps I., Sulkowska A., Klopper K., Niedożytko M., Smoczyński M., Jassem E.: Ocena obturacji dróg oddechowych u chorych z kwaśnym refluksiem żołądkowo-przełykowym. *Gastroenterol. Pol.* vol. 13, nr. 1, s. 24, 2006.
- [5] Rothenberg S., Cowles R.: The effects of laparoscopic Nissen fundoplication on patients with severe gastroesophageal reflux disease and steroid-dependent asthma. *Journal of Pediatric Surgery*, vol. 47, s. 1101 – 1104, 2012.
- [6] Yamada T.: Postępy w gastroenterologii. Wydawnictwo Czelej, Lublin 2010.
- [7] Porro G. B.: Gastroenterologia i hepatologia. Wydawnictwo Czelej, Lublin 2003.
- [8] Friedman M., Hamilton C., Samuelson C. G., Kelley K., Taylor R., Darling R., Taylor D., Fisher M., Maley A.: The Value of Routine pH Monitoring in the Diagnosis and Treatment of Laryngopharyngeal Reflux. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, vol. 146, s. 952 – 958, 2012.
- [9] Friedman M., Maley A., Kelley K., Pulver T., Foster M., Fisher M., Joseph N.: Impact of pH Monitoring on Laryngopharyngeal Reflux Treatment: Improved Compliance and Symptom Resolution. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, vol. 144, s. 558 - 562, 2011.
- [10] Ayazi S., Lipham J. C., Hagen J. A., Tang A. L., Zehetner J., Leers J. M., Oezcelik A., Abate E., Banki F., DeMeester S. R., DeMeester T. R.: A New Technique for Measurement of Pharyngeal pH: Normal Values and Discriminating pH Threshold. *J. Gastrointest. Surg.* vol. 13, nr. 8, s. 1422–1429, 2009.
- [11] Krogulska A., Wąsowska-Królikowska K.: Refluks żołądkowo-przełykowy a refluks krtaniowo-gardłowy. *Otolaryngologia*, vol. 8, nr. 2, s. 45-52, 2009.
- [12] Redlarski G., Tojza P. M.: Aplikacja wspomagająca procesy obliczania powierzchni ciała człowieka. *Pomiary Automatyka Kontrola*, vol. 58, nr. 11, s. 978 – 980, 2012.

otrzymano / received: 03.12.2012

przyjęto do druku / accepted: 01.02.2013

artykuł recenzowany / revised paper