

Manometria wysokiej rozdzielczości – nowa metoda diagnostyczna w chorobach czynnościowych przełyku

High-resolution manometry – new diagnostic method of oesophageal motility disorders

Antoni Stadnicki^{1,2}, Katarzyna Bilnik², Józef Kurek³

¹Pracownia Motoryki Przewodu Pokarmowego, Szpital Wielospecjalistyczny, Jaworzno (Section of Gastrointestinal Motility, District Hospital, Jaworzno, Poland)

²Katedra Podstawowych Nauk Biomedycznych, Śląski Uniwersytet Medyczny, Katowice (Department of Basic Biomedical Sciences, Medical University of Silesia, Katowice, Poland)

³Oddział Chirurgii Ogólnej i Endokrynologicznej, Szpital Wielospecjalistyczny, Jaworzno (Department of General and Endocrinology Surgery, District Hospital, Jaworzno, Poland)

Streszczenie

Manometria wysokiej rozdzielczości (HRM) jako nowoczesne narzędzie służące do diagnostyki zaburzeń czynnościowych przełyku jest stosowana w Polsce od 2008 roku.

Wysoka rozdzielczość konturów barwnych wykresów uzyskanych dzięki tej metodzie, tak zwanych map ciśnienia, oraz gęste rozmieszczenie czujników rejestrujących wartości ciśnień dają lepszą precyzję w diagnozowaniu schorzeń o podłożu czynnościowym oraz możliwości uzyskania szczegółowego wglądu w anatomię czynnościową przełyku oraz połączenia żołądkowo-przełykowego w porównaniu z dotychczas stosowaną manometrią konwencjonalną. W niniejszej pracy przedstawiono szeroki zakres wydolności diagnostycznej metody, opierając się na najnowszej klasyfikacji chorób czynnościowych przełyku opracowanej w Chicago.

Manometria wysokiej rozdzielczości odzwierciedla segmentowy charakter perystaltyki przełyku oraz anatomię czynnościową połączenia żołądkowo-przełykowego. Dzięki zastosowaniu tej metody w chorobie refluksowej przełyku precyzyjnie ocenia się czynność dolnego zwieracza przełyku (LES) oraz obecność przepukliny wślizgowej rozworu przeponowego. Pozwala ona również na jednoznaczne rozpoznanie wczesnego stadium achalazji, gdy nie ma jeszcze zmian radiologicznych przełyku i wpustu, oraz rozróżnienie III typów achalazji (klasycznej, krzepkiej, spastycznej). Ponadto wprowadza nowy parametr DCI (*distal contractile integral*) służący precyzyjnemu określeniu zaburzeń perystaltyki o wysokiej amplitudzie ciśnień, między innymi z wyszczególnieniem podtypów „dziadka do orzechów” (typ odcinkowy, spastyczny, z nadmiernym skurczem LES). Dzięki HRM można również rozpoznać wczesne zmiany czynnościowe przełyku towarzyszące sklerodermii i innym chorobom tkanki łącznej. Ma to niewątpliwie istotne znaczenie w doborze odpowiedniego sposobu leczenia schorzeń czynnościowych górnego odcinka przewodu pokarmowego.

Słowa kluczowe: manometria wysokiej rozdzielczości, klasyfikacja Chicago, choroba refluksowa przełyku, GERD, dolny zwieracz przełyku, LES, achalazja

Chirurgia Polska 2010, 12, 2, 89–102

Abstract

High-resolution manometry (HRM) as a innovative diagnostic technique is used to evaluate functional oesophageal disorders. This method has been available in Poland since 2008.

High color resolution, spatiotemporal plot-pressure maps, and large number of closely-spaced pressure sensors, provide accurate interpretation of motility alternations and the functional anatomy of the oesophago-gastric junction, when compared to conventional manometry. The aim of this paper is to demonstrate the wide range of the diagnostic usefulness of this method when referred to a classification of oesophageal motility disorders recently created in Chicago.

HRM reveals the segmental character of oesophageal peristalsis and the functional anatomy of the oesophago-gastric junction. The aim of HRM application in gastroesophageal reflux disease (GERD) is to establish the LES position, its activity and it is an accurate method in order to confirm or exclude the presence of hiatus hernia. HRM is the method of choice to indentify the early stage of achalasia, as well as for the differentiation of 3 types of achalasia (classic, vigorous and spastic). HRM introduces a new DCI (distal contractile integral) parameter that is used to distinguish peristaltic disfunctions with high amplitude and also classify four types of nutcracker oesophagus (such as: classic, segmental, spastic, and nutcracker LES). In addition, HRM is very useful for identifying the early stages of functional oesophageal alternation in scleroderma and other connective tissue diseases. Thus, HRM plays a very essential role in diagnosing functional oesophageal disorders and in choosing the proper pharmacological or surgical treatment.

Key words: high-resolution manometry, HRM, Chicago classification, gastroesophageal reflux disease, GERD, lower oesophageal sphincter, LES, achalasia

Polish Surgery 2010, 12, 2, 89–102

Wstęp

Manometria przełyku polega na pomiarze ciśnienia wywieranego przez skurczone mięśniówki przełyku, umożliwiając ocenę jego czynności motorycznej za pomocą czujników umieszczonych na sondzie w świetle tego narządu. Manometrię jako metodę diagnostyki zaburzeń czynnościowych przewodu pokarmowego stosuje się do oceny pomiaru ciśnień i motoryki nie tylko przełyku, ale także odbytnicy, zwieracza Oddiego, żołądka, dwunastnicy. Badanie to powinno stanowić standard w diagnozowaniu schorzeń, gdy podejrzewa się podłoże czynnościowe przy wcześniejszym wykluczeniu chorób organicznych i obecności przeszkód mechanicznych [1–3].

Manometrię wysokiej rozdzielczości (HRM, *high-resolution manometry*) jako nowoczesne narzędzie diagnostyczne wprowadzono do praktyki klinicznej w Stanach Zjednoczonych parę lat temu, a w Polsce powstało kilka pracowni stosujących tę metodę w latach 2008–2009.

Metodę HRM niedawno opisano w piśmiennictwie polskim w jednej publikacji [4]. W niniejszej pracy opisano metodykę oraz przedstawiono szeroki zakres wydolności diagnostycznej metody na podstawie nowej klasyfikacji chorób czynnościowych przełyku opracowanej w Chicago [5].

Stosowaną do niedawna manometrię konwencjonalną, tak zwaną manometrię o niskiej rozdzielczości, można podzielić na manometrię przepływową oraz typu *solid-state*. Manometria przepływowa opiera się na stosowaniu cewników składających się z 5–8 kanałów, przez które przepływa woda destylowana pozostająca pod stałym ciśnieniem podtrzymywany przez układ zewnętrzny, na przykład pompę. Ciśnienie wywierane przez ścianę przełyku na słup wody jest odbierane w kilku określonych punktach (oddalonych od siebie o ok. 3 cm) bez możliwości zmiany ich położenia, a następnie rejestrowane. Wsuwając i wysuwając sondę, czyli posługując się techniką typu *pull-through*, możliwy staje się pomiar ciśnień w różnych miejscach przełyku. Metoda ta wymaga skomplikowanej kalibracji, jest dość trudna w praktycznym stosowaniu, czasochłonna, niezbyt dobrze tolerowana przez pacjentów [3].

Inna technika, przy użyciu sondy stałej typu *solid-state*, opiera się na rejestracji ciśnienia wywieranego przez

Introduction

Oesophageal manometry measures pressure exerted by contracting oesophageal muscle to assess oesophageal motoric activity by means of sensors incorporated into the probe, which is placed in the lumen. Manometry as a diagnostic method of gastrointestinal motoric disorders is used not only to assess oesophageal motility but also motoric disorders of the rectum, Oddi's sphincter, the stomach and the duodenum. This examination should be the diagnostic standard when there is a possibility of oesophageal motility disorders after the previous exclusion of organic pathology, as well as the presence of mechanical obstacles [1–3].

High-resolution manometry (HRM) as a new diagnostic tool was first introduced into clinical practice in the USA several years ago, and in Poland in 2008–2009.

Until now this method has been presented in only one paper in Poland [4]. In this paper, besides a methodological description, we demonstrate the wide range of diagnostic usefulness of this method referring to a new classification of oesophageal motility disorders created in Chicago [5].

Conventional manometry, which has been applied in clinical practice for years, so-called low-resolution manometry, is divided into water-perfused manometry and solid-state manometry. Water-perfused manometry is based on catheters consisting of 5–8 canals with circulating distilled water remaining under steady pressure sustained by an external pump. The pressure exerted by the oesophageal muscles on the water column is detected at a few particular points (3 cm apart) without the possibility of changing its position and then recorded. Moving the probe by pulling-in or pulling-out, that is applying the pull-through technique; gives one a possibility to measure pressure at different levels throughout the oesophagus. Unfortunately this method requires sophisticated calibration, is difficult in practical application, time-consuming and not well-tolerated by patients [3].

The second technique is based on a solid-state probe and uses electronic sensors measuring pressure exerted by contracting oesophageal muscle. Three sensors are spaced every 5 cm and are incorporated into the body

kurczącą się mięśniówkę przełyku przez czujniki elektroniczne. Trzy czujniki rozmieszczone co 5 cm są wbudowane w korpus sondy stałej, która jest wysuwana skokowo lub w sposób ciągły przez urządzenie automatyczne. Metoda ta jest łatwiejsza w praktycznym stosowaniu, nie wymaga stosowania kanałów z ciągłą perfuzją wody, a pomiary są dokonywane podczas połykania około 5–10 ml wody lub porcji pokarmu stałego o podobnej objętości i stałej temperaturze [3, 4, 6].

Manometria przełyku umożliwia pomiar ciśnienia w górnym (UES, *upper oesophageal sphincter*) i dolnym (LES, *lower oesophageal sphincter*) zwieraczu przełyku oraz analizę motoryki trzonu przełyku wraz z określeniem efektywności i koordynacji skurczów propulsywnych (skurcze warunkujące prawidłowy i efektywny transport treści pokarmowej wędrujące wzdłuż przełyku do żołądka), a także wykazanie nieprawidłowych fal perystaltycznych [1]. Badanie górnego zwieracza przełyku obejmuje pomiar ciśnienia spoczynkowego, ocenę relaksacji zwieracza w trakcie połykania, ocenę jego koordynacji z perystaltyką mięśnia pierścienno-gardłowego. Badanie czynności trzonu przełyku obejmuje pomiar amplitudy i czasu trwania fal perystaltycznych, pomiar prędkości transmisji fal oraz ocenę zaburzeń motoryki trzonu (patologicznych i niespecyficznych), czyli obecność fal przerywanych, wstecznych, jednoczesnych, wieloszczytowych, wtórnych. Badanie obszaru dolnego zwieracza przełyku obejmuje położenie górnej granicy zwieracza, długość zwieracza, długość odcinka brzuszego zwieracza, pomiar ciśnienia, ocenę czasu i stopnia relaksacji zwieracza, obecność przejściowych samoistnych rozkurczów dolnego zwieracza przełyku (TLESRs, *transient lower oesophageal sphincter relaxations*) [6].

Do głównych objawów przyczyniających się do wykonania badania manometrycznego przełyku należą: niesercowe bóle w klatce piersiowej (NCCP, *non cardiac chest pain*), dysfagia (zaburzenia połykania) po endoskopowym wykluczeniu chorób organicznych, u części pacjentów objawy sugerujące chorobę refluksową przełyku (po wykonaniu endoskopii), a szczególnie przed zabiegiem fundoplikacji [3, 6].

W HRM wykorzystuje się sondę z 36 czujnikami rozmieszczonymi w odległości około 1 cm, obejmującymi pełny obwód przełyku na danym poziomie, a nie jak w przypadku manometrii konwencjonalnej obejmującej jedynie 1/3 obwodu ściany. Pomiary wykonywane drogą elektroniczną dotyczą całej długości przełyku, obejmują jednocześnie skurcze i relaksacje górnego i dolnego zwieracza przełyku. Uzyskiwane wyniki odzwierciedlające przebieg skurczów są prezentowane w postaci trójwymiarowych, czasowo-przestrzennych, barwnych wykresów konturowych (skala barwna ciśnień — lewa część, ryc. 1) i tradycyjnych liniowych (prawa część, ryc. 1) [2, 4, 5].

Przeciwwskazaniem do badania jest krwawienie z przewodu pokarmowego oraz nowotwory i znacznego stopnia zmiany zapalne obejmujące przełyk i wpust. Przy podejrzeniu zmian organicznych najpierw należy wykonać endoskopię, a następnie HRM. Pacjent nie powinien przyjmować leków wpływających na motorykę przewo-

of the solid probe which is pulled-out or pulled-in by an automatic device. This method is more comfortable in practical application, does not require water-perfused catheters and all the measurements are recorded during swallowing of 5–10 ml of water or a portion of solid meal of a similar volume [3, 4, 6].

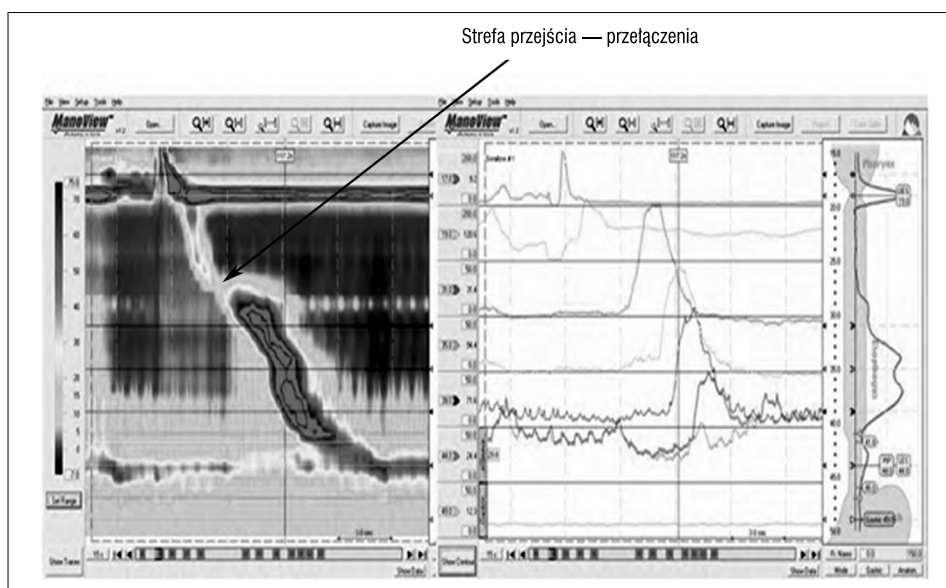
Oesophageal manometry is used to measure the pressure of the upper oesophageal sphincter (UES) and the lower oesophageal sphincter (LES), as well as to assess the body of the oesophagus motility with the evaluation of the effectiveness and coordination of propulsive contractions (contractions determining proper and effective bolus transport along the oesophagus until the stomach) and the detection of abnormal peristaltic waves [1]. The examination of the UES includes: an assessment of basal pressure, swallow-induced UES relaxation pressure, and its coordination with the circopharyngeal muscle. The examination of the body of the oesophagus includes: the amplitude and duration of peristaltic waves, propagation front velocity (PFV), and an assessment of motoric disorders (pathological and nonspecific) as intermittent, retrograde, simultaneous and multi-peaked and repeated waves. The examination of LES includes: position of the upper margin of the sphincter, overall LES length, intraabdominal LES length, basal LES relaxation pressure, an assessment of pressure and duration of LES relaxation and the presence of transient lower oesophageal sphincter relaxations (TLESRs) [6].

General key indications for oesophageal manometry are: non-cardiac chest pain, or dysphagia (swallowing disorders) with previous endoscopic exclusion of organic pathology. In addition, manometry is useful in some patients with symptoms of gastroesophageal reflux diseases (GERD), especially before a fundoplication procedure [3, 6].

HRM is a method that works on the base of probe with 36 sensors spaced at 1 cm intervals encompassing the whole circumference of the oesophagus at a particular level, whereas sensors used in conventional manometry probes are able to detect the pressure from only 1/3 of the oesophageal circumference. All the electronic measurements are recorded along the whole length of the oesophagus, including contractions and relaxations of the UES and LES. The obtained data reflecting oesophageal contractions are presented as a spatiotemporal three-dimensional, color plots (color-scale reflecting pressure values, on the left of Fig. 1) and traditional line plots (right part of Fig. 1) [2, 4, 5].

Contraindications for HRM examination includes: bleeding from the gastrointestinal tract, tumor and severe inflammatory changes in the oesophagus and the gastric cardia. This is why an endoscopic evaluation should be performed before an HRM examination in case of any potential organic pathology. Forty-eight hours before an HRM examination the patient should not take any drugs affecting gastrointestinal tract motility or stomach acid secretion (proton pump inhibitors, H₂-blockers, prokinetic drugs, cholinolytic drugs) [4, 6].

HRM reveals the dynamic activity of the UES, the segmental character of oesophageal peristalsis, and the



Rycina 1. Obraz prawidłowej czynności motorycznej przełyku podczas pojedynczego przełknięcia rejestrowany techniką MWR. Strzałka przedstawia strefę przejścia–przełączenia. Na osi y znajduje się odległość od nozdrzy do LES pokonywana podczas wędrówki przełykanego bolusa, na osi x — upływ czasu. Wartości ciśnień oznaczone odrębnymi kolorami — na wykresie konturowym na skali umieszczonej ze strony lewej wykresu

Figure 1. Image of proper oesophageal motoric activity during single swallow, recorded by HRM. The y-axis depicts the distance from nares to LES, passed during bolus transport. The x-axis indicates passing time. Pressure values are assigned different colors-at the contour plot, on the scale located at the left part of the picture

du pokarmowego i wydzielania żołądkowego (inhibitorów pompy protonowej, H₂-blokerów, leków prokinetycznych, leków cholinolitycznych) 48 godzin przed badaniem [4, 6].

Manometria wysokiej rozdzielczości odkrywa dynamiczną czynność górnego zwieracza przełyku, odzwierciedla segmentowy charakter perystaltyki przełyku, anatomie czynnościową połączenia przełykowo-żołądkowego. Dzięki gęstemu rozmieszczeniu czujników rejestrujących zmiany ciśnień możliwe jest wykrycie zaburzonej koordynacji między proksymalnym, środkowym oraz dystalnym odcinkiem przełyku. Manometria konwencjonalna nie dorównuje HRM, chociażby w ocenie zaburzeń motoryki towarzyszących czynności UES rejestrowanych między innymi w dysfunkcjach neurologicznych — zespołach opuszkowych i pozaopuszkowych. Ocena zwieracza gardłowo-przełykowego jest niezwykle trudna ze względu na dużą ruchomość poszczególnych elementów gardła, górnego zwieracza przełyku, mięśni szkieletowych górnej części przełyku (gardło wraz z górnym zwieraczem przełyku jest zbudowane z mięśni poprzecznie prążkowanych). Manometria wysokiej rozdzielczości wydaje się idealnym narzędziem diagnozującym dysfagię gardłową, umożliwia różnicowanie zbyt słabej koordynacji gardłowych skurczów od patologii organicznej, jak przerost mięśnia pierścienno-gardłowego (łac. *musculus cricopharyngeus*). Wzrost ciśnienia podczas połykania świadczy o zaburzonej transporcie pokarmu oraz sugeruje występowanie przewężenia UES [2, 7].

Efektywny transport bolusa pokarmu wzdłuż przełyku jest efektem współdziałania wielu czynników, jak: ciśnienie podczas połykania (*intra-bolus pressure*), ciśnienie wywierane przez okrężne skurcze przełyku przesu-

functional alternation of the esophagogastric junction (EGJ). Moreover, closely-spaced pressure sensors may present the possibility to detect disordered coordination between the proximal, mid and distal oesophageal segments. HRM is especially useful when compared with conventional manometry to evaluate UES motility disorders accompanying UES activity in neurological dysfunctions such as bulbar and extrabulbar syndrome. The evaluation of UES activity is very difficult for the sake because of intensive movements of particular pharynx elements, UES, skeletal muscles of the upper part of oesophagus (pharynx and UES are both built of striated muscles). HRM is the perfect device for diagnosing pharyngeal dysphagia with simultaneous differentiation between poorly-coordinated pharyngeal contractions and the presence of organic pathology such as hypertrophy of the cricopharyngeal muscle (latin: *musculus cricopharyngeus*). Increased intra-bolus pressure is assumed to be important marker of impaired bolus transport, which can co-locate with an obstructive pathology of UES [2, 7].

Effective bolus transport is the result of the interaction of several factors, such as intra-bolus pressure, oesophageal closure pressure behind the bolus and resistance across the EGJ [5]. A topographic analysis of acquired data provides insight into the segmental character of motoric activity of the oesophagus, which is essential because motility disorders are generally limited to particular points of the oesophagus. A sequence of contractile events occurs along the oesophagus simultaneously in two areas. The first of them represents striated muscles and it is called the proximal segment. This extends from the UES until the first area of low pressure

wające sobą połykany kęs, opór panujący wzdłuż połączenia żołądkowo-przełykowego [5]. Za pomocą topograficznej analizy danych pochodzących z manometrii wysokiej rozdzielczości uzyskano obraz segmentowego charakteru czynności motorycznej przełyku, co jest istotne, ponieważ zaburzenia czynnościowe mogą dotyczyć tylko określonych fragmentów przełyku. Sekwencje skurczów pojawiają się wzdłuż przełyku jednocześnie w dwóch obszarach. Pierwszy z nich reprezentowany przez warstwę mięśni poprzecznie prążkowanych jest nazywany odcinkiem proksymalnym od UES do miejsca odpowiadającemu łukowi aorty, czyli pierwszemu obszarowi o niskim ciśnieniu widocznym na wykresie konturowym HRM. Obszar ten jest zwykle dobrze widoczny tylko w tej metodzie, reprezentuje on strefę „przejścia-przełączenia” z osłabieniem siły skurczu (ryc. 1). W obszarze tym dochodzi do przestrzennego odseparowania proksymalnych i dystalnych fal skurczowych, co może w niektórych przypadkach być przyczyną pojawiającej się dysfagii [2, 8]. Dystalny segment przełyku, który jest zbudowany z mięśni gładkich, dzieli się na trzy subsegmenty — dwa z nich z widocznym w HRM ekstremum ciśnienia, a ostatni reprezentuje LES. Analiza topograficznych wykresów uzyskanych dzięki technice HRM dostarcza informacji o istnieniu stref „przejścia-przełączenia” również między środkowo-dystalnymi dwoma subsegmentami przełyku zbudowanymi z mięśni gładkich i LES — reprezentującym trzeci subsegment. Ten segmentowy charakter perystaltyki przełyku jest trudny do obserwacji przy użyciu manometrii konwencjonalnej, czyli przy zbyt dużym oddaleniu od siebie czujników pomiarowych [4, 8, 9].

Prawidłowe wartości ciśnień oraz podstawowe parametry charakteryzujące czynność motoryczną przełyku, rejestrowane za pomocą techniki HRM, odpowiadające poszczególnym segmentom przełyku, uzyskano na podstawie badania przeprowadzonego przez Gosh i wsp. [10] w grupie 75 zdrowych ochotników bez przebytych chorób przewodu pokarmowego, niepoddawanych wcześniej zabiegom operacyjnym. Pierwszy etap badania polegał na rejestracji 5-minutowego okresu spoczynkowej wartości ciśnień zwieraczy, następnie dokonywano pomiarów ciśnień towarzyszących 10 przełknięciom wody o objętości 5 ml, a w końcu pojedynczym przełknięciom o objętości odpowiadającej 1 ml (suche przełknięcie), 10 ml oraz 20 ml wody [10]. Średnia długość proksymalnego segmentu przełyku (od dolnej granicy UES do „strefy przejścia-przełączenia”) wynosiła 6,1 cm, a dystalnego segmentu przełyku (od strefy „przejścia-przełączenia” do LES) wynosiła 19,9 cm. Maksymalne ciśnienie zarejestrowane dla proksymalnego segmentu przełyku wynosiło 119,5 mm Hg, a dla dystalnego segmentu 132 mm Hg. Wskaźnik skurczu (CI, *contractile integralf*) uzyskany przez pomnożenie średniego ciśnienia skurczu przez czas jego trwania i długość odpowiedniego segmentu przełyku — wynosił odpowiednio 779,2 mm Hg × cm × s dla proksymalnego segmentu oraz 2797,8 mm Hg × cm × s dla dystalnego segmentu przełyku.

Na podstawie wyników badań tych autorów ustalono również referencyjne wartości ciśnień połączenia

seen on the contour plot of HRM at the level of the aortic arch. This area is well-seen only in HRM, and represents a transition zone with reduced contractile force. Spatial separation between the proximal and distal waves can, in some cases, explain dysphagia [2, 8]. The distal segment of the oesophagus is built of smooth muscles and is divided into 3 sub-segments; two of these are due to distinct pressure extremum while the last one represents LES. A topographic analysis of plots acquired by means of HRM provides information about next two transition zones between the two mid-distal subsegments of the oesophagus and the LES, representing the third subsegment. This segmental character of oesophageal peristalsis was not appreciated by conventional manometry because of too far a distance between the sensors on the probe [4, 8, 9].

The pressure values and parameters characterizing motoric activity of the oesophagus recorded by means of HRM and corresponding to particular segments were established on the basis of research conducted by Gosh *et al.* [10] on a group of 75 healthy volunteers without any history of gastrointestinal symptoms or gastrointestinal tract surgery. The first phase of the experiment included a 5-min. period of measurement of basal sphincter pressure and then assessing pressure accompanying 10 water swallows of 5 ml, 1 water swallow each of 10 and 20 ml and one dry swallow of 1 ml [10]. The mean

Tabela I. Podstawowe normy manometrii wysokiej rozdzielczości charakteryzujące górny i dolny zwieracz przełyku oraz perystaltykę trzonu przełyku

Table I. Normal values for UES and LES and peristalsis of the body of the oesophagus acquired by HRM

	Zakres norm / Normal ranges
Spoczynkowe ciśnienie UES [mm Hg] <i>Basal UES pressure [mm Hg]</i>	30–120
Długość LES [cm] <i>LES length [cm]</i>	2–5
Długość odcinka brzuszego LES [cm] <i>Intraabdominal LES length [cm]</i>	1–3
Spoczynkowe ciśnienie LES [mm Hg] <i>Basal LES relaxation pressure [mm Hg]</i>	10–35
Ciśnienie LES podczas relaksacji* [mm Hg] <i>Residual LES pressure E-sleeve* [mm Hg]</i>	< 13
Prędkość fali perystaltycznej przełyku [cm/s] <i>Peristaltic front velocity (PFV) [cm/s]</i>	< 8 cm/s, w > 90% przypadków > 90% cases
Prędkość i odsetek dodatkowych skurczów jednoczesnych [cm/s] <i>Simultaneous contractions velocity [cm/s]</i>	> 8 cm/s w < 10% przypadków < 10% cases
Amplituda skurczu przełyku [mm Hg] <i>Wave amplitude [mm Hg]</i>	30–180
Skurcze o podwójnym szczycie — odsetek <i>Double-peaked waves — percentage (%)</i>	< 15%
Wskaźnik skurczu dystalnego** [mm Hg × s × cm] <i>DCI = distal contractile integral** [mm Hg × s × cm]</i>	< 5000

*Automatyczny pomiar najniższego ciśnienia (lowest residual pressure) utrzymującego się przez 3-sekundową przerwę po przełknięciu standardowego bolusa; **DCI uzyskany przez pomnożenie średniego ciśnienia skurczu przez czas jego trwania i długość odcinka przełyku zbudowanego z mięśni gładkich [mm Hg × s × cm]; UES (upper oesophageal sphincter) — górnym zwieracz przełyku, LES (lower oesophageal sphincter) — dolny zwieracz przełyku

*Automatic measurement of lowest residual pressure lasting during 3s period after swallowing of standard bolus; **DCI acquired by multiplying mean contraction pressure by its duration and the length of the segment, mm Hg × cm × s

żołądkowo-przełykowego (EGJ, *esophagogastric junction*) (tab. I). Wyznaczenie górnej granicy EGJ polegało na detekcji punktu wzrostu wartości ciśnienia o 2 mm Hg/cm lub więcej względem ciśnienia panującego wewnątrz przełyku. Dolna granica LES znajdowała się w miejscu wzrostu ciśnienia o 2 mm Hg/cm lub więcej względem ciśnienia panującego w żołądku. Maksymalną wartość ciśnienia LES zdefiniowano jako najwyższą wartość ciśnienia zarejestrowaną wzdłuż przełyku do obszaru EGJ. W HRM wprowadzono również pojęcie ciśnienia panującego podczas relaksacji LES (*E-sleeve*) jako uśrednienie ciśnienia w czasie całego badania na 5–6-centymetrowym odcinku LES. Wartości ciśnienia LES (*E-sleeve*) różniły się w zależności od objętości przełykanego bolusa, tak zwane suche przełknięcia (1 ml). Wykazywały większe wartości ciśnienia w porównaniu z ciśnieniami wywieranymi podczas przełykania zwiększających się objętości wody odpowiednio 5, 10, 20 ml. Podobnie wprowadzono średnią najniższą wartość ciśnienia podczas relaksacji LES (*mean nadir EGJ relaxation pressure*) [11]. Manometria wysokiej rozdzielczości ułatwia również lokalizację dolnego zwieracza przełyku bez konieczności zastosowania metody *pull-through* w celu umiejscowienia sondy do wykonania pH-metrii [4, 6].

Manometria wysokiej rozdzielczości a choroba refluksowa przełyku (zarzucanie żołądkowo-przełykowe)

Obecność refluksu zwykle wiąże się z niewydolnością dolnego zwieracza przełyku na skutek utraty jego napięcia. U podłoża choroby refluksowej przełyku (GERD, *gastroesophageal reflux disease*) leżą najczęściej zbyt częste przejściowe samoistne spadki napięcia dolnego zwieracza przełyku (TLESRs), które występują niezależnie od połykania i tylko częściowo są wykrywane w czasie manometrii [1].

Przejściowe samoistne rozkurcze dolnego zwieracza przełyku występują wtedy, gdy spadki napięcia LES trwające prawidłowo do 60 sekund (zależne od nerwu błędnego) się przedłużają. W ocenie manometrycznej GERD jest istotne ustalenie położenia LES i jego czynności oraz obecność przepukliny wsiłkowej. Należy podkreślić, że zmniejszone napięcie LES potwierdzone w badaniu manometrycznym nie stanowi koniecznego kryterium służącego rozpoznaniu GERD. U około 30–45% chorych z GERD występują prawidłowe ciśnienie LES i parametry manometrii trzonu przełyku. Metodą referencyjną w diagnostyce GERD pozostaje 24-godzinna pH-metria. Niedawno wprowadzono pH-metrię z impedancją, która umożliwia zróżnicowanie zarzucania treści o pH kwaśnym, słabo kwaśnym oraz alkalicznym. Nie należy jednak zalecać pH-metrii u wszystkich pacjentów z GERD. Powinno się ją stosować jedynie w przypadku braku skuteczności leczenia inhibitorami pompy protonowej, przed planowanym leczeniem zabiegowym GERD oraz w ocenie po wykonanym zabiegu.

Choroba refluksowa przełyku w 30–40% przypadków może prowadzić do powstania zmian zapalnych w dolnej części przełyku, nadżerek, owrzodzeń. W niektórych przypadkach gojące się zmiany mogą tworzyć zwężenia

length of the oesophageal proximal segment was equal to 6.1 cm (measured from the lower margin of UES until the transition zone) whereas the distal segment length was equal to 19.9 cm (from transition zone to LES). Maximum pressure values recorded for the proximal segment was equal to 119.5 mm Hg whereas the maximum pressure value for distal oesophageal segment was 132 mm Hg. The contractile integral was equal to 779.2 mm Hg for the proximal segment and 2797.8 mm Hg for distal segment.

Pandolfino *et al.* [11] also established reference parameters and normal pressure values for EGJ (Tab. I). Defining the upper border of EGJ involved the detection of a point with an increased pressure of ≥ 2 mm Hg relative to the intraoesophageal pressure. The lower LES border was defined by increased pressure of ≥ 2 mm Hg relative to the intragastric pressure. Maximum LES pressure was defined as the greatest pressure peak encountered moving along the oesophagus until EGJ. HRM introduces also the definition of LES E-sleeve relaxation pressure as the mean pressure during the whole period of examination in the area of 5–6 cm of LES. E-sleeve LES pressures values varied with bolus volume such that dry swallows (1 ml) were associated with higher pressure values when compared to pressure values obtained during an increasing volume of swallows respectively 5, 10, 20 ml of water. Similarly, the mean nadir EGJ relaxation pressure parameter was introduced [11]. HRM also enables more precise LES detection (without the necessity of the pull-through technique) for the placement of probe for pH-metry examination [4, 6].

HRM and Gastroesophageal Reflux Disease (GERD)

The presence of reflux is usually associated with hypotensive LES as a consequence of the loss of its tension. However, the basic mechanisms responsible for GERD are transient lower oesophageal sphincter relaxations (TLESRs), occurring independently on swallowing and only in part being detected during a manometry examination [1].

TLESRs occur when falls of LES tension, lasting physiologically until one's 60s and dependent on vagal nerve, are prolonged. In manometric assessment of reflux disease it is crucial to establish LES position and its activity and the presence of a hiatus hernia. It should be noted that decreased LES tension confirmed in a manometric examination is not an essential standard in order to diagnose GERD. Approximately 30–45% of patients with GERD preserve proper LES pressure values and manometric parameters of body of the oesophagus. A twenty-four hour pH-metry examination is regarded as the gold standard in diagnosing GERD. Recently pH-metry examinations with impedance monitoring have been introduced into clinical practice to differentiate between acid and non-acid (alkaline) reflux. A pH-metry examination is not recommended for all patients with reflux disease but only those patients who do not present any improve-

i/lub dochodzi do transformacji nabłonka w przełyk Barretta. Obecność poważnych zmian zapalnych w przełyku jest oczywistą przyczyną upośledzenia jego motoryki. Wobec tego czasem trudno jest odróżnić pierwotne zaburzenia perystaltyki przełyku od wtórnych, będących konsekwencją długotrwałego GERD [12, 13]. Niespecyficzne zaburzenia motoryki przełyku dość często stwierdza się w HRM u pacjentów z GERD, a nieefektywna motoryka trzonu występuje u 30% pacjentów z GERD.

Wyniki badań z równoczesnym zastosowaniem HRM z pH-metrią oraz z RTG przełyku i wpustu wykazały, że złamanie bariery antyrefluksowej podczas epizodów TLESRs może wynikać (oprócz relaksacji dolnego zwieracza przełyku) z nieprawidłowości odnóg przepony, skrócenia przełyku (skurcz mięśni podłużnych przełyku) oraz pojawienia się dodatniego gradientu ciśnień między światłem żołądka a przełykiem. Podczas prawidłowego pasażu pokarmowego różnica ciśnień między żołądkiem a przełykiem jest niewielka [2]. Ocena gradientu ciśnień przez połączenie żołądkowo-przełykowe odzwierciedla zaburzoną czynność LES (prawidłowa wartość ciśnienia panującego w obszarze połączenia żołądkowo-przełykowego = 10–35 mm Hg). U pacjentów z GERD ze zwiększonym ciśnieniem żołądkowym i zwiększoną częstością występowania epizodów TLESRs, co ma miejsce zwłaszcza u osób otyłych, dochodzi do zmiany położenia LES i przepony. Wyniki badań [2] wskazują, że gradient ciśnienia występujący wzdłuż połączenia żołądkowo-przełykowego u pacjentów z GERD może być większy niż u osób zdrowych stanowiących grupę kontrolną zarówno przed pojawieniem się epizodów TLESRs, jak i podczas TLESRs. Manometria wysokiej rozdzielczości umożliwia odróżnienie komponentu bariery antyrefluksowej, czyli LES i odnóg przepony [2, 14]. Rozwór przełykowy przepony jest kanałem długości 2 cm, utworzonym głównie przez prawą odnogę przepony. W warunkach prawidłowych LES (długość ok. 2,5–5 cm) biegnie w kanale rozworu na odcinku około 2 cm, a pozostała jego część znajduje się w jamie brzusznej [15]. Rozluźnienie przepony oraz występowanie przepukliny rozworu przełykowego są istotnym czynnikiem zwiększającym prawdopodobieństwo wystąpienia refluksu treści żołądkowej do przełyku podczas epizodów TLESRs [2]. Czułość HRM w rozpoznawaniu przepukliny wślizgowej jest znacznie większa niż klasycznej manometrii. Leczenie operacyjne przepukliny można rozważać, gdy jej wielkość wynosi 2 cm lub więcej, czemu też często towarzyszy brak odpowiedzi na leczenie inhibitorami pompy protonowej.

W warunkach fizjologicznych w obrazie HRM połączenie żołądkowo-przełykowe jest reprezentowane przez pojedyncze pasmo zwiększonego ciśnienia. Punkt inwersji ciśnienia (PIP, *pressure inversion point*) odpowiada miejscu, gdzie przepona oddziela klatkę piersiową od jamy brzusznej, i jest zlokalizowany w obszarze tego pasma. W przypadku występowania przepukliny wślizgowej rozworu przełykowego obserwuje się w obrazie barwnym-konturowym HRM dwie strefy podwyższonego ciśnienia: proksymalną odpowiadającą LES i dystalną pojawiającą się poniżej LES, odpowiadającą przepukli-

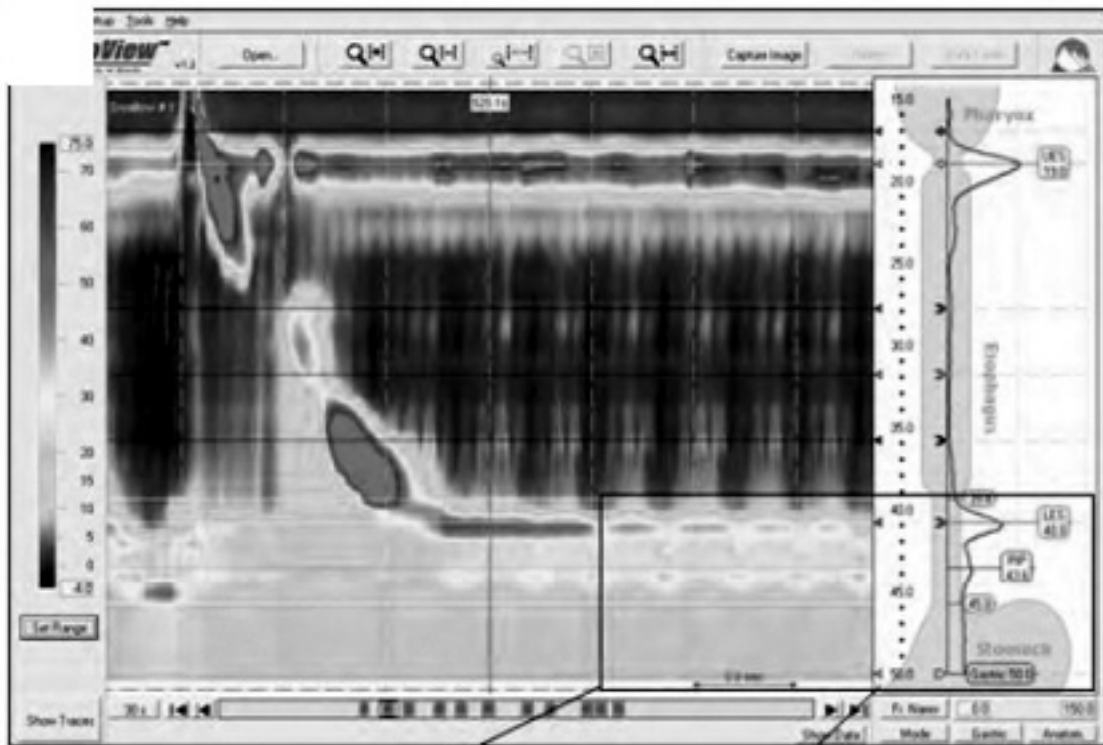
ment after pharmacological treatment with PPI. In addition, pH-metry is important in patients before surgical treatment of reflux disease and in those to assess the effectiveness of surgical treatment.

In 30–40% of cases, GERD can lead to inflammatory changes, localized in the lower part of the oesophagus, such as erosions and ulcers. In some cases, healing inflammatory changes can form strictions and/or transformation of the epithelium into Barrett's oesophagus. The presence of serious inflammatory changes localized in the oesophagus itself may impair peristalsis. As a matter of fact, it is sometimes difficult to distinguish primary peristaltic dysfunctions from those which are secondary which are the consequence of prolonged GERD [12, 13]. Nonspecific oesophageal motility disorders are commonly diagnosed in HRM examinations in patients with GERD while ineffective oesophageal motility occurs in 30% of the patients with GERD.

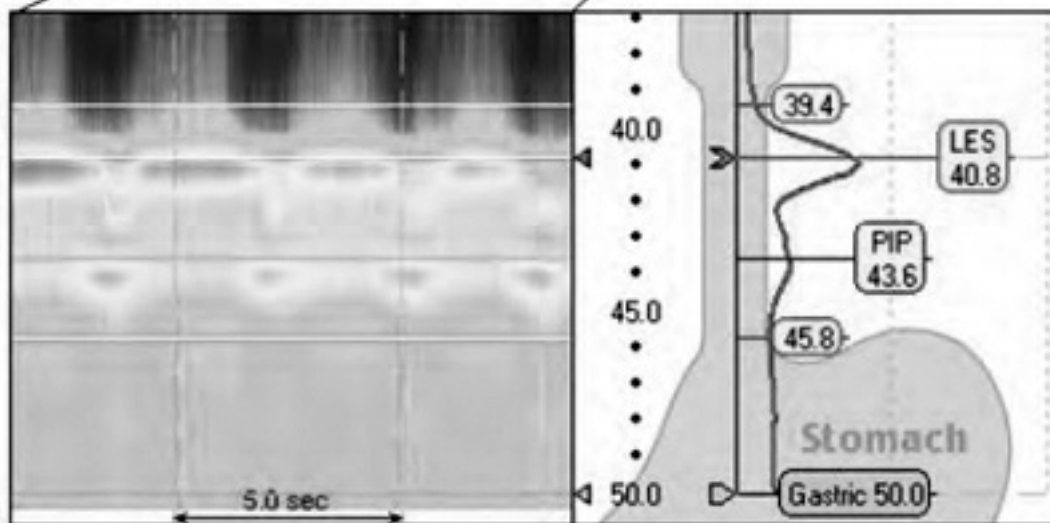
The application of HRM together with a pH-metry examination and X-ray examination in the assessment of the oesophagus and gastric cardia has proved that such mechanisms as LES relaxation, crural diaphragm inhibition, oesophageal shortening (contraction of oesophageal longitudinal muscles) and an increased pressure gradient between the stomach and the oesophageal lumen, may be responsible for breaking the antireflux barrier during TLESRs episodes. During physiological bolus transport, the pressure difference between the stomach and oesophagus is small [2]. The evaluation of the pressure gradient across EGJ reflects impaired LES activity (normal ranges for EGJ pressure are: 10–35 mm Hg). In patients with GERD, increased stomach pressure and frequent occurrence of TLESR episodes, which is a particularly common phenomenon in obese patients, we can observe changes in LES and diaphragm positions. Recent studies have shown that trans-sphincteric pressure gradient in patients with GERD is higher than in healthy inspections before TLESR episodes, as well as during TLESRs. Moreover, HRM allows one to distinguish components of anti-reflux barrier such as: LES and crural diaphragm [2, 14]. The oesophageal opening is about 2 cm long, mainly made by the right crural diaphragm. In physiological condition LES (length 2.5–5 cm) extends along the oesophageal opening, while the rest of it is located in the abdomen [15]. The relaxation of the diaphragm and the presence of hiatus hernia are important factors, increasing the probability of reflux of acid into the oesophagus during TLESRs episodes [2]. The accuracy of HRM in diagnosing hiatus hernia is much better than classic manometry. Surgical treatment of hiatus hernia can be considered when its size is ≥ 2 cm and, in addition, when often there has been no positive response to PPI therapy.

Normally, EGJ in a HRM examination is represented by a single band of increased pressure. The pressure inversion point (PIP) used in HRM is the place where diaphragm separates the chest from the abdomen and it is localized in the area of this band. In cases of hiatus hernia we can often observe on the color contour plot acquired by means of HRM, two double high pressure zones: the proximal represents LES and the distal (seen

A



B



Rycina 2A. Obraz funkcjonalny przełyku (po pojedynczym przełknięciu) rejestrowany techniką manometrii wysokiej rozdzielczości; 2B. Dolna strefa obrazu w powiększeniu — podwójna strefa podwyższonego ciśnienia: LES i obecność przepukliny w obszarze pasma dystalnego

Figure 2A. Single swallow recorded by HRM. 2B. Double band of high pressure of LES, and hiatus hernia in distal band

nie wślizgowej (ryc. 2), wobec czego PIP w takich przypadkach często zaznacza się w okolicy strefy przepukliny [7].

Ostatecznie nie poznano mechanizmów patogenetycznych GERD. Uważa się, że TLESRs są wyzwalane przede wszystkim przez pobudzenie mechanoreceptorów zlokalizowanych w górnej części żołądka, które przeka-

below LES) represents hiatus hernia (Fig. 2), thus PIP in such cases can be located near the area of the hiatus hernia [7].

The pathogenetic mechanism of GERD is not still well defined. It is assumed that TLESRs are triggered mainly by activation of mechanoreceptors localized in the upper part of the stomach. They transmit a signal via the

zują sygnał za pośrednictwem nerwu błędnego do tyłomózgowia. Wyniki przeprowadzonych badań [16] wskazują, że zmniejszenie liczby aktywnych mechanoreceptorów, przy zastosowaniu antagonistów receptora metabotropowego glutaminergicznego-mGluR5, prowadzi do zahamowania TLESRs. Uważa się również, że baklofen jako agonista receptorów typu B kwasu γ -aminomasłowego-GABA_B (kwas γ -aminomasłowy jest neuroprzekaznikiem o działaniu hamującym wazowagalny łuk odruchowy) zwiększa spoczynkowe napięcie LES, zmniejsza liczbę TLESRs o 40–60%, a w konsekwencji skraca okresy spadku pH w przełyku poniżej 4 [17, 18]. Wyniki badań klinicznych wskazują, że baklofen można stosować u pacjentów z GERD, u których nie uzyskuje się poprawy po leczeniu inhibitorami pompy protonowej [19]. Agoniści receptora GABA_B i antagoniści receptorów mGluR5 nie wpływają na pozostałe odruchy żołądkowo-jelitowe [16].

Manometria wysokiej rozdzielczości a fundoplikacja

Celem chirurgicznego leczenia GERD jest usunięcie objawów choroby refluksowej i zapobieganie powikłaniom. Fundoplikację jako metodę chirurgicznego leczenia GERD nazwano tak ze względu na część żołądka, z której formuły się mankiet [13, 19].

Najbardziej znana jest metoda według Nissena w modyfikacji Rossetiego, a inne to fundoplikacja częściowa tylna według Toupeta lub Balseya [20, 21]. O kwalifikacji do leczenia laparoskopowego istotne znaczenie mają dane z wywiadu chorego, czyli brak zadowalających wyników leczenia inhibitorami pompy protonowej, a także nawracające zmiany zapalne widoczne w badaniu endoskopowym oraz obecność przepukliny rozworu przełykowego [13, 21, 22]. Wykonanie HRM nie jest obowiązkowe przed kwalifikacją do fundoplikacji, z drugiej strony wynik tej metody może wskazywać na brak wskazań do zabiegu czy obecność przeciwwskazań do samego zabiegu. Manometria wysokiej rozdzielczości umożliwiła rozpoznanie wczesnego stadium achalazji, co stanowi przeciwwskazanie do zabiegu fundoplikacji. Według ostatnich ocen klinicznych wynik badania manometrycznego staje się istotnym kryterium decydującym o wyborze odpowiedniej techniki fundoplikacji — całkowitej według Nissana, gdy w badaniu manometrycznym stwierdza się pełną wydolność perystaltyki przełyku [13, 20]. Natomiast w przypadku potwierdzonych zaburzeń perystaltyki trzonu przełyku rozważa się częściową fundoplikację według Toupeta [22]. Przeprowadzone analizy pooperacyjne wskazują, że najbardziej fizjologiczne napięcie LES uzyskuje się u pacjentów operowanych sposobem niepełnej fundoplikacji Toupeta, natomiast metoda Nissena stwarza częściej ryzyko nadmiernego napięcia LES [23]. Nadmierne napięcie LES może być przyczyną pojawienia się wysokiej amplitudy fal propulsywnych trzonu przełyku. Wytworzony laparoskopowo mankiet fundoplikacji żołądka nie może zaburzać aktywności propulsywnej mięśniówki przełyku. Zatem zastosowanie HRM przed operacją, szczególnie w przypadku fundoplikacji metodą Nissana, słu-

vagal nerve to the hindbrain. Recent [16] results have shown, that the blockade of mechanoreceptors, by metabotropic glutamate receptor (mGluR5) antagonist application, leads to TLESR inhibition. In addition, baclofen as an agonist of GABA_B-receptors for γ -aminobutyric acid (γ -aminobutyric acid is a neurotransmitter that inhibits the vaso-vagal reflex arch) increases basal LES pressure and decreases TLESR episodes by about 40–60%, as well as shortening the period of time when pH in the oesophagus falls below 4 [17, 18]. The results of clinical trials prove that baclofen can be administered to patients with GERD, when there has been no positive response to PPI therapy [19]. It should also be noted that GABA_B receptor agonists and mGluR5 antagonists do not have any influence on other gastrointestinal reflexes [16].

HRM and fundoplication

The aim of surgical GERD treatment is the elimination of signs and symptoms, the prevention of complications and to improve healing of inflammatory changes. Fundoplication as a surgical method of GERD treatment was called because of the part of the stomach used to form a sleeve [13, 19].

The most popular methods are firstly, Nissen's fundoplication with Rossetti's modification, as well as the fundoplication technique developed by Toupet and Balsey [20, 21]. The interview with the patient plays a crucial role before classification to undergo laparoscopic treatment and includes a lack of response to PPI therapy, the presence of hiatus hernia, a recurrence of inflammatory changes seen in an endoscopic examination [13, 21, 22]. HRM results can show a lack of the indications for surgery or can assess contraindications for fundoplication, for example, when the early stage of achalasia is accurately diagnosed by HRM. What is more, on the basis of recent clinical observations, HRM results have become a crucial factor in deciding about choosing the most adequate method of fundoplication — general by Nissen when the peristaltic activity of the oesophagus is preserved [13, 20]. In cases of confirmed peristaltic disorders of the body of the oesophagus seen in HRM, a partly-performed Toupet fundoplication may be considered [22]. Post-surgery data analysis suggests that most physiological LES tension is acquired in patients treated by a Toupet fundoplication, whereas the Nissen method provides a greater risk of hypertensive LES disturbances [23]. Hypertensive LES, observed after a Nissen fundoplication can be the reason for a high-amplitude of propulsive waves, propagating along the body of the oesophagus. A sleeve formed during the fundoplication around the stomach can disturb the propulsive activity of the oesophageal muscles. As a consequence, HRM applied before the surgery, especially in case of fundoplication by the Nissen method, enables one to precisely assess whether the peristaltic activity of the oesophagus is effective enough to overcome the sphere of high pressure, formed during the operation [12, 23].

ży precyzyjnej ocenie, czy perystaltyka przełyku jest na tyle efektywna, aby bez upośledzenia pasażu pokarmu pokonać wytworzoną operacyjnie strefę podwyższonego ciśnienia [12, 23].

Manometria wysokiej rozdzielczości a achalazja

Achalazja (kurcz wpustu, łac. *cardiospasmus*) to klasyczne pierwotne zaburzenie motoryki przełyku. Charakteryzuje się brakiem relaksacji LES podczas przełykania pokarmu oraz nieefektywną perystaltyką trzonu przełyku. Objawy kliniczne w achalazji to bóle (niewieńcowe) w klatce piersiowej, dysfagia, regurgitacje (zwracanie pokarmów). Manometria wysokiej rozdzielczości umożliwia jednoznaczne rozpoznanie wczesnego stadium achalazji, gdy nie ma jeszcze zmian radiologicznych przełyku i wpustu [1]. Typowe cechy HRM wczesnego stadium achalazji to: *residual pressure* w *E-sleeve* powyżej 13 mm Hg (co odpowiada powyżej 8 mm Hg w manometrii klasycznej), w większości przypadków ciśnienie LES powyżej 45 mm Hg, którym towarzyszą całkowite lub częściowe zaburzenia relaksacji LES. W rzadkich jednak przypadkach może występować achalazja ze skróceniem przełyku i obecnością przepukliny wsiłzgowej i wtedy w manometrii nie obserwuje się zwiększonego ciśnienia LES. Achalazja w zaawansowanym stadium daje charakterystyczny obraz w badaniu RTG rozdętego przełyku i równocześnie wężonego dziobiasto w okolicy LES [1]. Najnowsze wyniki badań Pandolfino i wsp. [8, 24], opracowane na podstawie manometrii wysokiej rozdzielczości, dowodzą istnienia 3 typów achalazji.

I. Achalazja klasyczna, którą charakteryzuje obok wzrostu ciśnienia LES oraz *E-sleeve* nieefektywna perystaltyka trzonu, czyli brak istotnego wzrostu ciśnień rejestrowanych podczas HRM, warunkujących prawidłową aktywność skurczową trzonu (nie dochodzi do przekroczenia wartości ciśnień ≥ 30 mm Hg). W późnym stadium jest widoczne poszerzenie przełyku w RTG z kontrastem. Dobre wyniki leczenia chirurgicznego daje miotomia Hellera wykonana najczęściej metodą laparoskopową.

II. Achalazja „z kompresją”, która charakteryzuje się nieprawidłową perystaltyką trzonu i dochodzi do wzrostu ciśnienia w obrębie całego przełyku w przypadku 20% lub więcej przetknięć. Ten typ achalazji to tak zwana „krzepka achalazja” (*vigorous achalasia*). Jednocześnie występujące nadmierne napięcie LES jest przyczyną wzmożonych skurczy przełyku, które doprowadzają do skrócenia ściany przełyku i przemieszczenia LES ku górze [1]. Manometria konwencjonalna dawała małe możliwości diagnostyczne „krzepkiej achalazji”, ponieważ stosowane kanały rejestrujące ciśnienie były zbyt daleko oddalone od siebie, aby mogły właściwie odzwierciedlić reakcję kurczącego i skrącającego się przełyku oraz równoczesne przemieszczenia LES ku górze. To właśnie ruch zwieracza mógł być wadliwie interpretowany jako rozkurcz, gdyż strefa podwyższonego ciśnienia wędrowała ku górze, a w miejscu pomiaru dochodziło do spadku ciśnienia. W HRM pseudorelaksacja LES jest widoczna jako jego przemieszczenie ku górze. Ten typ achalazji bardzo dobrze reaguje na leczenie z zastosowaniem miotomii

HRM and achalasia

Achalasia is a classic primary oesophageal motility disorder. Failed LES relaxation during swallowing, and ineffective peristalsis of the body of the oesophagus, are characteristic features of achalasia. Clinical symptoms of achalasia are non-cardiac chest pains, dysphagia, and regurgitations. HRM allows one to interchangeably diagnose the early stages of achalasia when there are no X-ray changes of the oesophagus and gastric cardia [1]. Typical features of the early stages of achalasia observed in HRM are residual E-sleeve pressure > 13 mm Hg (in which is > 8 mm Hg in conventional manometry). In most cases, LES pressure is > 45 mm Hg while there are overall or partial LES relaxation disorders. In rare situations, achalasia with a shortened oesophagus is associated with hiatus hernia and in such a situation there is no increased LES pressure in HRM. Achalasia in its advanced stage presents characteristic radiographic abnormalities such as a dilated oesophagus which is simultaneously constricting in the shape of beak in the LES area [1]. The most recent results by Pandolfino *et al.* [8, 24] developed on the basis of HRM, distinguish 3 types of achalasia.

Type I Classic achalasia is characterized by increased LES pressure and a residual LES-pressure E-sleeve, aperistalsis of body of the oesophagus and a lack of substantial pressurization recorded in HRM (determining the proper activity of the body of the oesophagus) contractions of body of the oesophagus which cannot reach the threshold of pressure values at ≥ 30 mm Hg. In the advanced stages of achalasia, a dilated oesophagus is may be seen in an X-ray with contrast. In cases of this type of achalasia, a laparoscopic Heller myotomy gives good treatment results.

II. Achalasia with compression is characterised by improper peristalsis of the body of the oesophagus and substantial pressurization within the oesophagus and appears in cases of 20% of swallows recorded during single HRM procedure. This type of achalasia is called vigorous achalasia. Simultaneously, hypertensive LES is a cause of increased oesophageal contractions resulting in oesophagus shortening and the moving up of LES [1]. Conventional manometry has so far provided few diagnostic possibilities for vigorous achalasia recognition, as due to the fact that sensors recording pressure changes were placed too far from each other, they could not reflect the proper reaction of the contraction and shortening of the oesophagus and its movement upwards. This LES movement was incorrectly interpreted as a diastole because the high-pressure zone was observed moving upwards while the pressure value fall was recorded at the measurement point. In HRM, LES pseudorelaxation is seen as its movement upwards. This type of achalasia responds very well to a Heller myotomy, as well as pneumatic dilatation or endoscopic injection of botulinum toxin in LES area (chemical denervation of cholinergic nerve endings of distal part of the oesophagus) which is useful.

III. Spastic achalasia is characterized by entirely failed peristalsis (aperistalsis), most of all relating to the middle

Hellera. Stosuje się też rozszerzenie pneumatyczne wpustu, endoskopowe wstrzyknięcie toksyny botulinowej w okolicę LES (chemiczne odnerwienie cholinergicznym zakończeń dystalnej części przełyku).

III. Achalazja spastyczna charakteryzuje się brakiem perystaltyki (*aperistalsis*) przede wszystkim trzonu przełyku oraz towarzyszącym kurczem dystalnego segmentu przełyku i LES w przypadkach 20% i więcej przełknięć. W dystalnym segmencie przełyku pojawiają się spastyczne skurcze. Ten typ achalazji bardziej przypomina tak zwany dystalny kurcz przełyku. Dystalny kurcz przełyku to odrębna jednostka zaburzeń motoryki, w której występuje zwiększone ciśnienie LES. Achalazja spastyczna prawdopodobnie reprezentuje odmianę tej jednostki chorobowej i niestety niepomysłnie reaguje na inwazyjne leczenie chirurgiczne [2, 8, 24].

Manometria wysokiej rozdzielczości a sklerodermia

Sklerodermia to typowe, najczęściej występujące wtórne zaburzenie perystaltyki przełyku o charakterystycznym obrazie HRM. Dzięki tej metodzie można rozpoznać wczesne stadium choroby. Stwierdza się osłabioną perystaltykę 2/3 dolnych trzonu przełyku oraz zmniejszone ciśnienie LES prowadzące do niewydolności LES. Podobne zmiany w manometrii, chociaż w późniejszym stadium, mogą występować w innych chorobach tkanki łącznej, jak toczeń układowy.

Manometria wysokiej rozdzielczości a rozlany kurcz przełyku (przełyk korkociągowy)

W schorzeniu tym kurcząca się jednocześnie na całej długości ściana przełyku oraz następujące po sobie skurcze niepoprzedzone całkowitym rozkurczem są przyczyną całkowitego zaburzenia perystaltyki. Charakterystyczne są więc skurcze nieperystaltyczne o wzmożonej sile dające czasem charakterystyczny obraz „uszu królika” oraz podwyższone ciśnienie w obrębie LES. Manometria wysokiej rozdzielczości daje obraz skurczów jednoczesnych, wieloszczytowych i o wysokiej amplitudzie powyżej 180 mm Hg przy szybkości perystaltyki powyżej 8 cm/s w przypadku 20% i więcej przełknięć w dystalnym segmencie przełyku [2, 4].

Manometria wysokiej rozdzielczości a „przełyk typu dziadka do orzechów”

Manometria jest jedyną metodą służącą do diagnostyki tego rzadkiego schorzenia. Daje bardzo charakterystyczny obraz skurczów o nadmiernej amplitudzie, którym towarzyszy prawidłowa perystaltyka i koordynacja skurczów na całej długości przełyku. Klasyczna manometria klasyfikuje zaburzenie motoryki przełyku jako przełyk „typu dziadka do orzechów”, gdy średnia amplituda skurczu trzonu wynosiła powyżej 180 mm Hg. Topograficzna analiza danych uzyskanych za pomocą HRM dowodzi, że perystaltyka o wysokiej amplitudzie ciśnień

part of the body of the oesophagus, spasm of the distal oesophageal segment also encompassing LES in cases of $\geq 20\%$ of swallows. Moreover, spastic contractions occur in distal oesophageal segment and this type of achalasia resembles rather distal oesophageal spasm represents. Distal oesophageal spasm represents a completely different disease with typical motoric disorders and increased LES pressure. It is probable that spastic achalasia represents this type of the disease which unfortunately does not respond positively to surgical treatment [2, 8, 24].

HRM and scleroderma

Scleroderma is a typical and the most frequent secondary peristaltic oesophageal disorder presenting a very characteristic image of HRM. The early stage of the disease is detected in HRM, showing typically impaired peristalsis of the 2/3 lower part of the oesophagus and decreased LES pressure leading to LES insufficiency. Similar abnormalities observed in manometry, however, at a later stage can occur in other connective tissue diseases, such as systemic lupus erythematosus.

HRM and diffuse oesophageal spasm

Muscle contractions including, at the same time, the whole length of the oesophagus and spastic contractions appearing one by one without any previous diastole, and in turn completely failed contractions with increased force and high LES pressure, are characteristic features of this disease. HRM provides one with a typical image of simultaneous, multi-peaked and high amplitude > 180 mm Hg contractions with peristaltic front velocity > 8 cm/s in cases of $\geq 20\%$ of swallows in the distal oesophageal segment [2, 4]. High pressure values sometimes result in a characteristic “rabbit ears” image.

HRM and nutcracker oesophagus

Manometry is the method of choice to diagnose this rare disease. It provides very a characteristic image of high amplitude contractions with failed peristalsis and coordination appearing along the whole oesophagus. A standard manometry classifies oesophageal motoric disorders as of the nutcracker type when the mean contractility amplitude of the body of the oesophagus is > 180 mm Hg. A topographic data analysis gained by HRM proves that peristalsis with a high amplitude can refer to one, two or three subsegments of smooth muscle of the distal oesophagus, the last one representing LES. New classification elaborated according to HRM refers to DCI parameter (distal contractile integral = contractile volume = distal oesophageal index, acquired by multiplying the mean contractile pressure by its duration and the length of the distal oesophageal segment built of smooth muscles, mm Hg \times s \times cm) with simultaneous assessment of the peristaltic front velocity (normal ranges < 8 cm/s in 90% of swallows. The presence and localiza-

może dotyczyć jednego, dwóch lub wszystkich trzech subsegmentów mięśniówki gładkiej dystalnej części przełyku, ostatni z subsegmentów reprezentuje LES. Nowa klasyfikacja opracowana na podstawie HRM odwołuje się do parametru DCI (*distal contractile integral = contractile volume* = objętość skurczu: wskaźnik skurczu dystalnego uzyskany przez pomnożenie średniego ciśnienia skurczu przez czas jego trwania i długość odcinka przełyku zbudowanego z mięśni gładkich, czyli $\text{mm Hg} \times \text{s} \times \text{cm}$) wraz z równoczesną oceną szybkości perystaltyki, której norma wynosi poniżej 8 cm/s w powyżej 90% przełknięć. Obecność oraz lokalizacja (w obszarze jednego z trzech subsegmentów mięśniówki gładkiej przełyku) ogniska skurczu o zwiększonej amplitudzie powyżej 180 mm Hg oraz wartość parametru DCI stanowią kluczowe parametry służące diagnostyce różnicowej 4 typów przełyku „dziadka do orzechów” (m.in. typ odcinkowy, spastyczny, z nadmiernym skurczem LES) [4, 5]. Analiza topograficznych konturowo-barwnych wykresów uzyskanych dzięki MWR pozwala zatem na wyodrębnienie poszczególnych podtypów „dziadka do orzechów”:

— I typ „dziadka do orzechów”: gdy średnia wartość DCI (parametru odzwierciedlającego siłę skurczu dystalnego segmentu przełyku zbudowanego z mięśni gładkich) mieści się między: $8000 \text{ mm Hg} \times \text{s} \times \text{cm} > \text{DCI} > 5000 \text{ mm Hg} \times \text{s} \times \text{cm}$;

— II typ spastyczny „dziadka do orzechów”: gdy $\text{DCI} > 8000 \text{ mm Hg} \times \text{s} \times \text{cm}$;

— III typ odcinkowy „dziadka do orzechów”: gdy $\text{DCI} > 5000 \text{ mm Hg} \times \text{s} \times \text{cm}$ z pojedynczym ogniskiem generującym skurcz o amplitudzie $> 180 \text{ mm Hg}$ zlokalizowanym w obrębie jednego z dwóch pierwszych subsegmentów mięśniówki gładkiej przełyku;

— IV typ „dziadka do orzechów” z nadmiernym skurczem LES, gdy $\text{DCI} > 5000 \text{ mm Hg} \times \text{s} \times \text{cm}$ z pojedynczym ogniskiem generującym skurcz o amplitudzie powyżej 180 mm Hg zlokalizowanym w obszarze LES stanowiącym trzeci subsegment mięśniówki gładkiej przełyku [4, 5].

Zastosowanie HRM jako doskonalszego narzędzia służącego do diagnostyki zaburzeń motoryki przełyku i czynności LES rzuciło nowe światło na klasyfikację zaburzeń czynnościowych przełyku. W 2007 roku Pandolfino i wsp. [5] zaproponowali tak zwaną klasyfikację Chicago, opracowaną na podstawie badań przeprowadzonych w grupie 400 pacjentów oraz 75 zdrowych ochotników, stanowiących grupę kontrolną. Spośród 400 pacjentów uczestniczących w badaniach 178 badanych podawało w wywiadzie dysfagię, 144 — objawy GERD, 54 — niesercowy ból w klatce piersiowej, 22 — niespecyficzne objawy ze strony górnego odcinka przewodu pokarmowego, 35 — badanych przeszło wcześniej zabieg fundoplikacji, a 38 — poddano wcześniej leczeniu achalazji (pneumatyczne rozszerzenie, miotomia Hellera). Rejestracja ciśnień obejmowała: 5-minutowy okres spoczynkowej wartości ciśnienia panującego w dolnym zwieraczu przełyku, a następnie wartości ciśnień wywieranych przez kurczącą się mięśniówkę przełyku uzyskiwanych w trakcie 10 kolejnych przełknięć wody o objętości 5 ml. Na podstawie HRM w Chicago proponuje się: 1. wyodrębnienie nowej

tion (within one of three subsegments of the smooth muscle oesophagus) of the centre generating a high amplitude $> 180 \text{ mm Hg}$ and the value of DCI parameter are crucial for diagnosing the 4 different types of nutcracker oesophagus (such as segmental, spastic or nutcracker LES) [4, 5]. A topographic analysis of color contour plot acquired by HRM enables one to distinguish the particular subtypes of nutcracker oesophagus:

Type I nutcracker occurs when the mean DCI value (a parameter reflecting the force of distal segment contractions built of smooth muscle) is between $8000 \text{ mm Hg} > \text{DCI} > 5000 \text{ mm Hg} \times \text{s} \times \text{cm}$.

Type II spastic nutcracker occurs when the mean DCI value $> 8000 \text{ mm Hg} \times \text{s} \times \text{cm}$.

Type III segmental nutcracker occurs when the mean DCI value $> 5000 \text{ mm Hg} \times \text{s} \times \text{cm}$ with a single center generating high amplitude contraction $> 180 \text{ mm Hg}$ localized within one of the first two subsegments of the smooth muscle oesophagus.

Type IV nutcracker LES occurs when the DCI value $> 5000 \text{ mm Hg} \times \text{s} \times \text{cm}$ with a single center generating high amplitude contraction $> 180 \text{ mm Hg}$ localized within LES, representing the third subsegment of the smooth muscle oesophagus [4, 5].

HRM application as more effective method used to diagnose motoric oesophageal disorders and LES activity, has established a new point of view regarding the classification of motoric oesophageal disorders. In 2007 Pandolfino *et al.* [5] proposed the so-called Chicago classification, developed on the basis of research conducted on a group of 400 patients and 75 healthy volunteers as a control group. Among the 400 patients participating in the study, 178 patients had dysphagia as inclusive criteria, 144 patients reported GERD symptoms (heartburn), 54 non-cardiac chest pain, 22 miscellaneous complaints of the upper gastrointestinal tract, 35 patients had undergone a fundoplication procedure while 38 had previously been treated for achalasia (pneumatic dilatation, Heller myotomy). The manometric protocol included a 5 min period of basal sphincter pressure and then the recording of pressure values during the 10 following swallows of 5 ml of water. Regarding HRM, the Chicago classification proposes: 1) the classification of a new disease — vigorous achalasia; 2) the elimination of the category of nonspecific motoric oesophageal disorders to be replaced by the introduction of a new category of “functional obstruction” divided into two types: a) mild — when $\text{PFV} < 8 \text{ cm/s}$ in 90% of swallows presents a mild elevation (range: 15–30 mm Hg) of distal oesophageal pressurization b) severe — when $\text{PFV} > 8 \text{ cm/s}$ in 20% of swallows occurs with compartmentalized pressurization $\geq 30 \text{ mm Hg}$; 3) A precise description of high amplitude peristalsis and distinguishing nutcracker oesophagus as divided into the following types: segmental, spastic, nutcracker and LES, 4) the division of rapidly propagated pressurization into two types: spasm (increased PFV attributable to rapid contractile wave front) and pseudo-spasm (increased PFV attributable to distal compartmentalized oesophageal pressurization) [4, 5].

jednostki chorobowej „*vigorous achalazja*”; 2. wyeliminowanie kategorii niespecyficznego zaburzenia czynności motorycznej przełyku; w ich miejsce pojawia się kategoria utrudnionego połykania o podłożu czynnościowym z nieprawidłową relaksacją LES, o charakterze: a) łagodnym: szybkość perystaltyki poniżej 8 cm/s w 90% przeknięć z towarzyszącym odcinkowym wzrostem ciśnienia powyżej 15–30 mm Hg w dystalnym segmencie przełyku, b) silnym: szybkość perystaltyki powyżej 8 cm/s w 20% przeknięć z towarzyszącym odcinkowym wzrostem ciśnienia równym 30 mm Hg lub więcej; 3. precyzyjne określenie zaburzeń perystaltyki o wysokiej amplitudzie ciśnienia z wyszczególnieniem podtypów przełyku „dziadka do orzechów”, czyli typ odcinkowy, typ spastyczny, typ z nadmiernym skurczem LES; 4. rozróżnienie wzrostu szybkości perystaltyki (*pressurization front velocity*) związanej z gwałtownie następującym skurczem przełyku (kurcz) od skurczu ograniczonego do dystalnego odcinka przełyku zbudowanego z mięśni gładkich (pseudokurcz) [4, 5].

Manometria wysokiej rozdzielczości jest pomocna w ustalaniu stopnia zaawansowania GERD. Brak koordynacji między proksymalnym, a środkowo-dystalnym odcinkiem przełyku nie jest możliwy do wykrycia przy zastosowaniu manometrii konwencjonalnej. Prawidłowe wartości ciśnienia widoczne na wykresach liniowych, mimo istniejących zaburzeń koordynacji skurczów propulsywnych, dają nieprecyzyjny obraz czynności motorycznej przełyku. Subtelne, ale kluczowe dla diagnozowania zmiany ciśnienia wywierane przez kurczący się przełyk dokładnie oddaje wysoka rozdzielczość konturów barwnych wykresów uzyskanych dzięki HRM, tak zwanych map ciśnienia. Dzięki gęstemu rozmieszczeniu czujników rejestrujących możliwe staje się wykrycie ognisk generujących zbyt małe lub zbyt duże wartości ciśnienia, co nie było możliwe na podstawie manometrii konwencjonalnej.

Piśmiennictwo (References)

1. The Merck Manual. Podręcznik diagnostyki i terapii. Beers MH, Porter RS, Jones TV, Kaplan JL, Berkwitz M (eds.). III wyd. polskie. Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2006: 110–111.
2. Fox MR, Bredenoord AJ. Oesophageal high-resolution manometry: moving from research into clinical practice. *Gut* 2008; 57: 405–423.
3. Błaszak A, Wojtuń S, Wojtkowiak M, Gil J. Podstawowe metody diagnostyczne w chorobie refluksowej przełyku. *Pol Merk Lek*. 2007; 22: 423–428.
4. Sikora K, Tarnowski W, Stec S, Ćwikła K, Sikora M. Manometria wysokiej rozdzielczości — nowe możliwości diagnostyki chorób przełyku. *Gastroenterol Pol*. 2008; 15 (6): 401–411.
5. Pandolfino JE, Ghosh SK, Rice J, Clarke JO, Kwiatek MA, Kahrilas PJ. Classifying esophageal motility by pressure topography characteristics: a study of 400 patients and 75 controls. *Am J Gastroenterol*. 2007; 102: 1–11.
6. Iwańczak B, Blitek A. Wskazania i podstawowe zasady badania manometrycznego przełyku. *Stand Med*. 2002; 2: 117–121.
7. Kwiatek MA, Mirza F, Kahrilas PJ, Pandolfino JE. Hyperdynamic upper esophageal sphincter pressure: a manometric observation in patients reporting globus sensation. *Am J Gastroenterol*. 2009; 104: 289–298.
8. Pandolfino JE, Kahrilas PJ. New technologies in the gastrointestinal clinic and research: impedance and high-resolution manometry. *World J Gastroenterol*. 2009; 15 (2): 131–138.
9. Pandolfino JE, Fox MR, Bredenoord AJ, Kahrilas PJ. High-resolution manometry in clinical practice: utilizing pressure topography to classify esophageal motility abnormalities. *Neurogastroenterol Motil*. 2009; 21 (8): 796–806.
10. Gosh SK, Pandolfino JE, Zhang Q, Jarosz A, Shah N, Kahrilas PJ. Quantifying esophageal peristalsis with high-resolution manometry: a study of 75 asymptomatic volunteers. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol*. 2006; 290: 988–997.
11. Pandolfino JE, Ghosh SK, Zhang Q, Jarosz A, Shah N, Kahrilas PJ. Quantifying EGJ morphology and relaxation with high-resolution manometry: a study of 75 asymptomatic volunteers. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol*. 2006; 290: 1033–1040.
12. Tarnowski W, Kalinowska E, Baczuk L, Cabaj H, Bielecki K. Ocena skuteczności chirurgicznego leczenia zarzucania żołądkowo-przełykowego. *Pol Merk Lek*. 2007; 22: 258–262.
13. Koziarski T, Paśnik K, Stanowski E, Furga P, Trojanowski P. Ewolucja poglądów na chirurgiczne leczenie choroby refluksowej przełyku i przepuklini rozworu przełykowego. *Pol Merk Lek*. 2009; 26: 500–503.
14. Frankhousen R, Van Herwaarden MA, Scheffer RC, Hebbard GS, Gooszen HG, Samson M. Increased intragastric pressure gradients are involved in the occurrence of acid reflux in gastroesophageal reflux disease. *Scand J Gastroenterol*. 2009; 44: 545–550.
15. Grabowski K, Taboła R, Czapla L. Olbrzymie przepukliny rozworu przełykowego przepony — opis dwóch przypadków. *Gastroenterol Pol*. 2005; 12 (3): 257–260.
16. Dent J. Pathogenesis of gastro-oesophageal reflux diseases and novel options for its therapy. *Neurogastroenterol Motil*. 2008; 20 (1): 91–102.
17. Muszyński J. Postępowanie w chorobie refluksowej przełyku. *Terapia* 2003; 2 (139): 25–30.
18. Barylski M, Banach M, Okoński P. Choroba refluksowa przełyku (GERD) — postępowanie zachowawcze a leczenie operacyjne. *Przew Lek*. 2004; 10: 48–51.
19. Beckxstaens GE, Beaumont H, Hatlebakk JG, Silberg DG, Adler J, Denisoh H. Efficacy and tolerability of the novel reflux inhibitor, AZD3355, as add-on treatment in patients with GERD

- with continued symptoms despite proton pump inhibitor therapy. *Gut* 2009; 58 (2): OPO28.
20. Wróblewski T, Grodzicki M, Ziarkiewicz-Wróblewska B *et al.* Aspekty techniczne i wyniki laparoskopowej fundoplikacji sposobem Toupet w leczeniu zaawansowanej postaci refluksu żołądkowo-przełykowego (GERD). *Wideochir Tech Małoinwaz.* 2006; 1: 6–9.
 21. Wróblewski T, Skalski M, Ziarkiewicz-Wróblewska B, Żurkowski J, Pielaciński K, Krawczyk M. Postępy w leczeniu chirurgicznym choroby refluksowej. *Wideochir Tech Małoinwaz.* 2006; 1 (3): 121–124.
 22. Wróblewski T, Skalski M, Ziarkiewicz-Wróblewska B, Żurkowski J, Krawczyk M. Nowa technika chirurgicznego leczenia refluksu żołądkowo-przełykowego. *Wideochir Tech Małoinwaz.* 2007; 2 (4): 139–144.
 23. Bacewicz L, Kaliciński P, Drewniak T. Ocena manometryczna czynności przełyku u dzieci z wstecznym odptywem żołądkowo-przełykowym po różnych metodach fundoplikacji. *Pediatrics Współ Gastról Hepat Żyw Dziecka* 2002; 4 (2): 135–139.
 24. Pandolfino JE, Kwiatek MA, Nealis T, Bulsiewicz W, Post J, Kahrilas PJ. Achalasia: a new clinically relevant classification by high-resolution manometry. *Gastroenterol.* 2008; 135 (5): 1526–1533.

Adres do korespondencji (Address for correspondence):

dr hab. n. med. Antoni Stadnicki
Szpital Wielospecjalistyczny
ul. Chelmońskiego 284, 43–600 Jaworzno
e-mail: astadnic@wp.pl

Praca wpłynęła do Redakcji: 01.10.2010 r.