






# Ocena koordynacji nerwowo-mięśniowej aktu połykania przy zastosowaniu dynamicznych badań obrazowych wykonanych metodą tomografii stożkowej

## Assessment of nervomuscle coordination in the act of swallowing using dynamic imaging tests performed by cone beam computer tomography

Edyta Zomkowska<sup>1,2</sup> , Magdalena Zakrzewska<sup>3</sup>, Dawid Pilewski<sup>2,4</sup> , Hanna Zajączkiewicz<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Department of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases, School of Medicine, Collegium Medicum, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland

<sup>2</sup> Faculty of Medicine, Academy of Applied Medical and Social Science in Elbląg, Poland

<sup>3</sup> Department of Cardiology and Internal Medicine, School of Medicine, Collegium Medicum, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland

<sup>4</sup> Faculty of Health Sciences, Collegium Medicum, Mazovian University in Płock, Poland

### Publishing info

Received: 2023-10-12

Accepted: 2023-11-14

Online first: 2023-12-29

### Keywords

dysphagia

aspiration

cone-beam computed tomography

### Abstract

**Introduction:** Neurogenic dysphagia, should be distinguished from other symptoms that make swallowing difficult or impossible, such as odynophagia or aphagia. Dysphagia affects the oral, pharyngeal and esophageal phases of swallowing. The most common cause of neurogenic dysphagia is an acute vascular event in the form of a stroke. In this case, dysphagia can occur in 50%–80% of patients. Aspiration complications may occur in 20% of patients.

**Aim:** The aim of the paper is to discuss the innovative functional diagnosis of the entire act of swallowing performed by cone beam computer tomography (CBCT).

**Material and methods:** A novelty in the diagnosis of swallowing disorders are functional imaging tests recorded in the form of a 20-s video. The CBCT examination of the act of swallowing allows the assessment of the physiology and pathophysiology of specific phases of swallowing. During the analysis, we take into account: assessment of tongue mobility, dynamics of soft palate lifting, epiglottis, and hyoid bone movement. The examination shows the passage of food into the oesophagus and/or trachea.

**Results and discussion:** Precise diagnostics of the etiology of swallowing disorders allows for a significant reduction of pulmonary complications associated with aspiration of food contents.

**Conclusions:** Dynamically developing methods of objective assessment of swallowing disorders in recent years, including the implementation of CBCT examination of the act of swallowing, as the test of choice, have significantly accelerated the treatment and rehabilitation process of patients with dysphagia. Precise diagnostics of individual phases facilitates the use of targeted electrostimulation, which has a significant impact in the process of improving swallowing function.

### User license

This work is licensed under a Creative Commons License: CC-BY-NC-ND.



Original version of this paper is available here



Corresponding author:

Edyta Zomkowska, Faculty of Medicine, Academy of Applied Medical and Social Science in Elbląg, Lotnicza 2, 82-300 Elbląg, Polska.

**E-mail:** ezomkowska14@gmail.com

## 1. WPROWADZENIE

Dysfagia neurogenna, jako najczęstsza przyczyna zaburzeń połykania, prowadzi do potencjalnie śmiertelnych klinicznych konsekwencji, takich jak: niedożywienie, odwodnienie, zachłystowe zapalenie płuc<sup>1-3</sup>. Wczesne rozpoznanie dysfagii i odpowiednio szybkie podjęcie działań leczniczo-rehabilitacyjnych ma istotne znaczenie w zapobieganiu ww. powikłań. Badanie endoskopowej oceny zaburzeń połykania (ang. *fiberoptic endoscopic examination of swallowing – FEES*) oraz badanie wideofluoroskopowe (ang. *video fluoroscopic swallow study – VFSS*) są podstawowymi narzędziami do oceny zaburzeń połykania u chorych z objawami dysfagii<sup>4</sup>. W swojej pracy chcielibyśmy omówić nowatorskie badanie aktu połykania, obejmujące jednocześnie trzy fazy, zarejestrowane w ruchu. Tomografia stożkowa (ang. *cone beam computed tomography – CBCT*) aktu połykania jest na chwilę obecną badaniem „z wyboru” przy ocenie dysfagii neurogennej u pacjentów po naczyniopochodnym uszkodzeniu ośrodkowego układu nerwowego.

## 2. CEL

Celem pracy jest przedstawienie możliwości diagnostycznych w trakcie jednoczesnej oceny całego aktu połykania oraz omówienie nowatorskiej czynnościowej diagnostyki połykania (ustnej, gardłowej, przetykowej) wykonanej metodą CBCT.

## 3. MATERIAŁ I METODY

Na przestrzeni ostatnich czterech lat, po analizie badań instrumentalnych (FEES), obrazowych (VFSS) oraz przesiewowych (ang. *gugging swallowing screen – GUSS*) aktu połykania, wykonanych w Katedrze i Klinice Otorinolaryngologii, Chorób Głowy i Szyi Uniwersyteckiego Szpitala Klinicznego w Olsztynie, współautorzy opracowali metodę czynnościowej diagnostyki obrazowej, która umożliwia precyzyjną ocenę całego aktu połykania. Działanie prowadzone było w ramach projektu współfinansowanego ze środków Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Warmińsko-Mazurskiego na lata 2014–2020. Na potrzeby testów diagnostycznych przekształciliśmy metodę CBCT (sprzęt dedykowany głównie dla stomatologów) na narzędzie do diagnozowania pacjentów laryngologicznych i neurologicznych mających objawy dysfagii. Badanie FEES pozwala na ocenę fizjologii oraz patofizjologii głównie fazy gardłowej. Zaletami FEES są: łatwość wykonania, dobra tolerancja badania przez pacjenta, możliwość oceny komponenty ruchowej oraz sensorycznej, wizu-



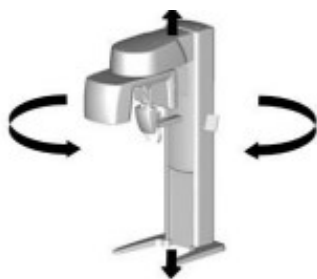
**Rycina 1. Fiberokopowe badanie połykania (FEES). Widoczne zaleganie konsystencji półpłynnej**



**Rycina 2. Fiberoskopowe badanie połykania (FEES). Uwidocznione przechodzenie treści pokarmowej przez fałdy głosowe**

alizacja oceny zalegania treści pokarmowej w gardle dolnym (rycina 1), aspiracji treści pokarmowej do dróg oddechowych (rycina 2).

Badanie fiberoskopowe, będące jednym z precyzyjniejszych diagnostycznie narzędzi badawczych, posiada swoje ograniczenia, do których zaliczamy: brak możliwości ilościowej oceny aspiracji podanego bolusa oraz tzw. *swallowing white-out*, czyli brak możliwości oceny fazy ustno-gardłowej w pierwszej fazie odruchu połykania, gdy endoskop jest w jednoczesnym kontakcie z podstawą języka, nagłośnią oraz bolusem pokarmu. Badanie FEES może powodować powikłania w postaci: odruchów wymiotnych, omdlenia, krwawienia z nosa, uszkodzenia błony śluzowej górnych dróg oddechowych, reakcje uczuleniowe na powierzchniowy środek znieczulający oraz bardzo rzadki (wg Langmore et al. na 0,03% przypadków<sup>5,6</sup>), mający dramatyczny przebieg, odruchowy kurcz krtani (*laryngospasmus*). Badanie CBCT aktu połykania jest obecnie badaniem „z wyboru” przy ocenie dysfagii neurogennej. CBCT to odmiana tradycyjnej tomografii komputerowej (CT). W przeciwieństwie do podstawowych skanerów CT w CBCT lampa rentgenowska i panel detektora obracają się wokół pacjenta, przechwytyując dane za pomocą wiązki promieni rentgenowskich w kształcie stożka zamiast „warstw”. Obrazy są następnie rekonstruowane przy użyciu algorytmów w celu uzyskania trójwymiarowych

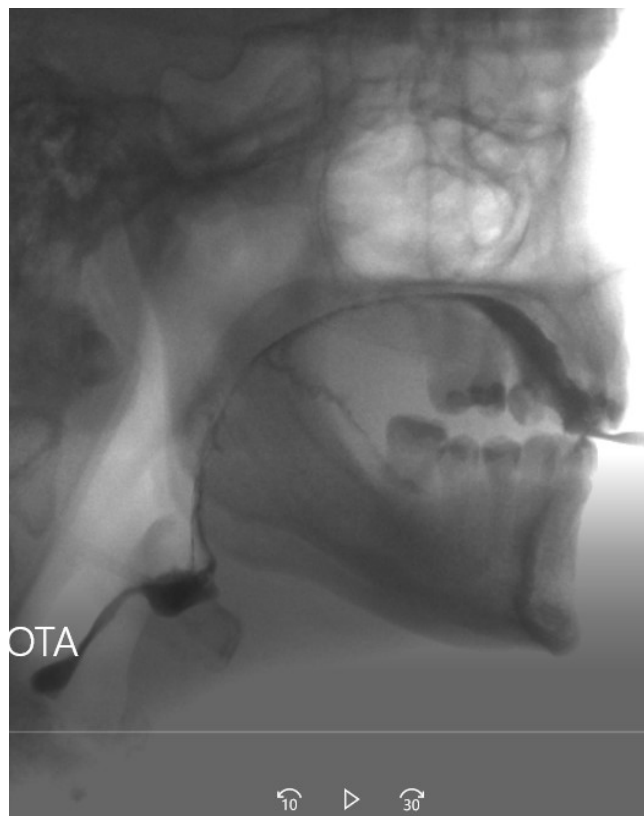


**Rycina 3. Ruch zespołu skanowania przy użyciu strzałek F3/F4, zgodnych z kierunkiem wskazówek zegara w trakcie wykonywania badań czynnościowych połykania**

obrazów o wysokiej rozdzielczości. Wszystkie skanery CBCT składają się ze źródła promieniowania rentgenowskiego i detektora zamontowanego na obrotowym ramieniu po przeciwnej stronie pacjenta. Podczas obrotu suwnicy źródło promieniowania rentgenowskiego wytwarza rozbieżne promieniowanie w kształcie stożka. Detektor w dwóch wymiarach rejestruje szczegółowe promieniowanie rentgenowskie po wytłumieniu przez tkanki pacjenta. Źródło i detektor promieniowania rentgenowskiego porusza się po łuku od  $180^\circ$  do  $360^\circ$ , tworząc wiele płaskich obrazów projekcyjnych (rycina 3). Te obrazy stanowią surowe dane pierwotne, które są następnie rekonstruowane przez algorytm komputerowy w celu wygenerowania obrazów przekrojowych. Pole widzenia (ang. *field of view* – FOV) ogranicza promieniowanie do jednego obszaru zainteresowania. Utworzony obraz można wizualizować jako obrazy warstwowe submilimetrowe we wszystkich płaszczyznach. Można tworzyć wiele rekonstrukcji 2D czy 3D, a także zgrywać badanie w formacie AVI.

Dawka efektywna promieniowania otrzymywana przez pacjenta podczas rutynowego badania CBCT wynosi ok.  $0,05$  mSv, podczas gdy w przypadku badania CT szczęki i żuchwy wartość ta jest równa  $0,31$  mSv. Śladowa dawka napromieniowania umożliwia wykonywanie badań kontrolnych w niedalekim odstępie czasu. W trakcie badania aktu połykania podawany jest środek Omnipaque (GE Healthcare A.S., Norwegia), który zawiera substancję czynną o nazwie jodoksol. Jest to środek kontrastowy. Wykorzystuje się go w badaniach obrazowych, takich jak: CT, koronarografia, arteriografia czy urografia. Omnipaque to środek kontrastowy, który nie jest jodowany, przez co mniej obciąża nerki czy zmniejsza ryzyko uczuleń w stosunku do stosowanych innych dostępnych na rynku środków kontrastowych.

CBCT zapewnia możliwość dokładnej oceny 3 faz połykania, przyczyniając się do wdrożenia precyzyjnego procesu planowania leczenia ww. pacjentów. Czynnościowe badania połykania umożliwiają ocenę fizjologii oraz patofizjologii określonych faz połykania: ustnej, gardłowej i przełykowej (ryciny 4 i 5)



**Rycina 4. Badanie wykonane metodą tomografii stożkowej. Widoczny pasaż pokarmu przez powierzchnię języka i zaleganie pokarmu w okolicy dotków zajęzykowych**



**Rycina 5. Badanie wykonane metodą tomografii stożkowej. Widoczne przechodzenie pasażu pokarmowego w konsekwencji skurczu: mięśni poprzecznych języka. Transport czynny przy udziale mięśni języka zewnętrznych: rylcowo-językowego i rylcowo-gnykowego. Zaleganie w okolicy dotków zajęzykowych oraz aspiracja pokarmu do tchawicy**

W fazie ustnej oceniamy: ruchomości języka (w tym, m.in.: fascykulacje), dynamikę unoszenia podniebienia miękkiego, ewentualne zaleganie pokarmu po wewnętrznej stronie policzków, stan uzębienia.

W fazie gardłowej oceniamy: pracę nagłośni oraz ruch kości gnykowej.

W fazie przełykowej oceniamy: przechodzenie treści pokarmowej do przełyku i/lub tchawicy.

#### 4. WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Diagnostyka zaburzeń połykania metodą CBCT wizualizuje akt połykania na trzech poziomach jednocześnie przy trwającym zaledwie 20 s badaniu zgrany w formacie AVI. CBCT podobnie jak badanie VFSS ma możliwość ukazania tzw. niemych aspiracji<sup>7</sup>. Filmik z badania CBCT jest jednak zdecydowanie lepszy jakościowo oraz bezpieczniejszy dla pacjenta ze względu na: małą dawkę napromieniowania; krótkie, skierowane pod kątem celowe strzały. CBCT pozwala w szybki i precyzyjny sposób zdiagnozować ewentualne patologie na poszczególnych poziomach oraz dostosować precyzyjne leczenie i rehabilitację pacjentów, w tym: elektrostymulację celowaną.

#### 5. WNIOSKI

Opisane badanie wprowadzone do katalogu świadczeń medycznych, jako nowa procedura diagnostyczna, w znacznym stopniu może zmniejszyć ryzyko powikłań związanych z aspiracją treści pokarmowych u pacjentów po naczyniopochodnym uszkodzeniu ośrodkowego układu nerwowego. Badanie CBCT aktu połykania wykonane we wczesnej fazie: ostrej czy podostrej może uchronić pacjenta przed potencjalnymi powikłaniami, takimi jak: astma nocna – skurcz oskrzeli wywołany przez refluks żołądkowo-przełykowy, zapalenia oskrzelików, zachyłkowe zapalenie płuc, przewlekła obturacyjna choroba płuc, ropień płuc i ropniak opłucnej czy idiopatyczne włóknienia płuc.

#### KONFLIKT INTERESÓW

Nie zgłoszono.

#### ŹRÓDŁO FINANSOWANIA

Nie zgłoszono.

#### ETYKA

Przeprowadzone badania uzyskały zgodę komisji bioetycznej nr KB 42/2019 z dnia 25 kwietnia 2019 r. i nr KB1/2023 z dnia 13 maja 2023 r. Przed badaniem od pacjentów uzyskano świadomą zgodę pacjenta.

#### PIŚMIENNICTWO

- 1 Martino R, Foley N, Bhogal S, Diamant N, Speechley M, Teasell R. Dysphagia after stroke. Incidence, diagnosis and pulmonary complications. *Stroke*. 2005;36(12):2756–2763. <https://doi.org/10.1161/01.str.0000190056.76543.eb>.
- 2 González-Fernández M, Ottenstein L, Atanelov L, Christian AB. Dysphagia after stroke: an overview. *Curr Phys Med Rehabil Rep*. 2013;1(3):187–196. <https://doi.org/10.1007/s40141-013-0017-y>.
- 3 Budrewicz S, Słotwiński K, Madetko N, Koszewicz M. Zaburzenia połykania w chorobach układu nerwowego — diagnostyka i leczenie. *Pol Przegl Neurol*. 2018;14(1):28–34.
- 4 Chmielewska J, Jamróz B, Gibiński K, Sielska-Badurek E, Milewska M, Niemczyk K. Badanie wideofluoroskopowe—procedura badania z oceną kwestionariuszową. *Pol Przegl Otorynolaryngol*. 2017;6(1):12–20. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0009.7981>.
- 5 Langmore SE, Schatz K, Olsen N. Fiberoptic Endoscopic Examination of Swallowing Safety: a New Procedure. *Dysphagia*. 1988;2(4):216–219. <https://doi.org/10.1007/bf02414429>.
- 6 Langmore SE, Pelletier C, Nelson R. Results of FEES survey on safety of endoscopy for swallowing assessment. Presented at Fourth Annual Meeting of the Dysphagia Research Society. McLean, VA, October 28 1995.
- 7 Jamróz B, Milewska M, Chmielewska-Walczak J. Wykorzystanie badania wideofluoroskopowego w diagnostyce cichych aspiracji – wybrane przypadki kliniczne. W: Więcek-Poborczyk I, Żulewska-Wrzosek J, red. *Interdyscyplinarność w logopedii. Konieczność czy nadmiar*. Warszawa: Wydawnictwo Akademii Pedagogiki Specjalnej; 2020:73–84.