

Na 53. Kongresie Naukowym PTU w Krakowie przyznano nagrodę im. prof. Tadeusza Krzeskiego za najlepszą rozprawę doktorską z dziedziny urologii obronioną w 2022 roku. Nagrodę otrzymał doktor Mikołaj Frankiewicz za pracę pt.:

Wartość diagnostyczna obrazowania metodą rezonansu magnetycznego u pacjentów ze zwężeniem cewki moczowej

Praca została obroniona w Katedrze i Klinice Urologii Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego. Promotorem pracy jest prof. dr hab. n. med. Marcin Matuszewski.

Wprowadzenie

Zwężenie cewki moczowej (*urethral stricture* – US) to schorzenie urologiczne, które przeważnie występuje u mężczyzn, a jego częstość wzrasta wraz z wiekiem. Szacuje się, że dotyka ono 0,6–1,4% populacji [1]. Tendencja wzrostowa wynika ze starzenia się ludności oraz rosnącej liczby mało inwazyjnych procedur urologicznych wykonywanych z dostępu przezcewkowego. Zwężenie cewki moczowej znacząco wpływa na jakość życia pacjentów, prowadząc do zaburzeń w oddawaniu moczu, funkcji seksualnych oraz płodności [2]. Spośród badań radiologicznych standardowo stosowana jest cystouretrografia (*cystouretrography* – CUG). Urologicy coraz częściej jednak poszerzają diagnostykę o badanie ultrasonograficzne cewki moczowej (*sonouretrography* – SUG). Powstałe w wymienionych badaniach obrazy są dwuwymiarowymi rzutami, a przestrzenny przebieg zwężenia cewki moczowej może być bardzo skomplikowany. Dokładniejszą ocenę US wraz z informacją dotyczącą włóknienia ciała gąbczastego, a także stosunku patologii do struktur sąsiadujących umożliwia badanie uretrografii metodą rezonansu magnetycznego (*magnetic resonance uretrography* – MRU) [3, 4]. Pomimo dynamicznego rozwoju i szerokiego zastosowania rezonansu magnetycznego w medycynie, wykorzystanie tej techniki w obrazowaniu cewki moczowej wciąż opisywane jest w nielicznych publikacjach. Dotychczas nie opisywano też efektów wdrożenia technologii druku 3D w celu tworzenia rzeczywistych modeli cewki moczowej na podstawie obrazów MRU.

Omawiana rozprawa doktorska dotyczy oceny wartości obrazowania metodą rezonansu magnetycznego w diagnostyce pacjentów ze zwężeniem cewki moczowej.

Cele pracy

1. Analiza metod obrazowania dotychczas standardowo stosowanych u pacjentów z podejrzeniem zwężenia cewki moczowej.
2. Wybór optymalnej techniki wykonania badania MRU u pacjentów z US.
3. Ocena porównawcza dokładności badania MRU w odniesieniu do standardowo stosowanych metod diagnostyki obrazowej US, uwzględniając ocenę: długości zwężenia, lokalizacji zwężenia, liczby zwężeń oraz zdolności do oceny patologicznych tkanek otaczających cewkę moczową.
4. Ocena możliwości wykorzystania danych uzyskanych w badaniu MRU do tworzenia trójwymiarowych modeli wirtualnych oraz rzeczywistych modeli przedstawiających badaną patologię z zastosowaniem technologii druku 3D.
5. Ocena przydatności badania MRU w przypadku skomplikowanych zwężeń cewki moczowej.

Materiał i metody

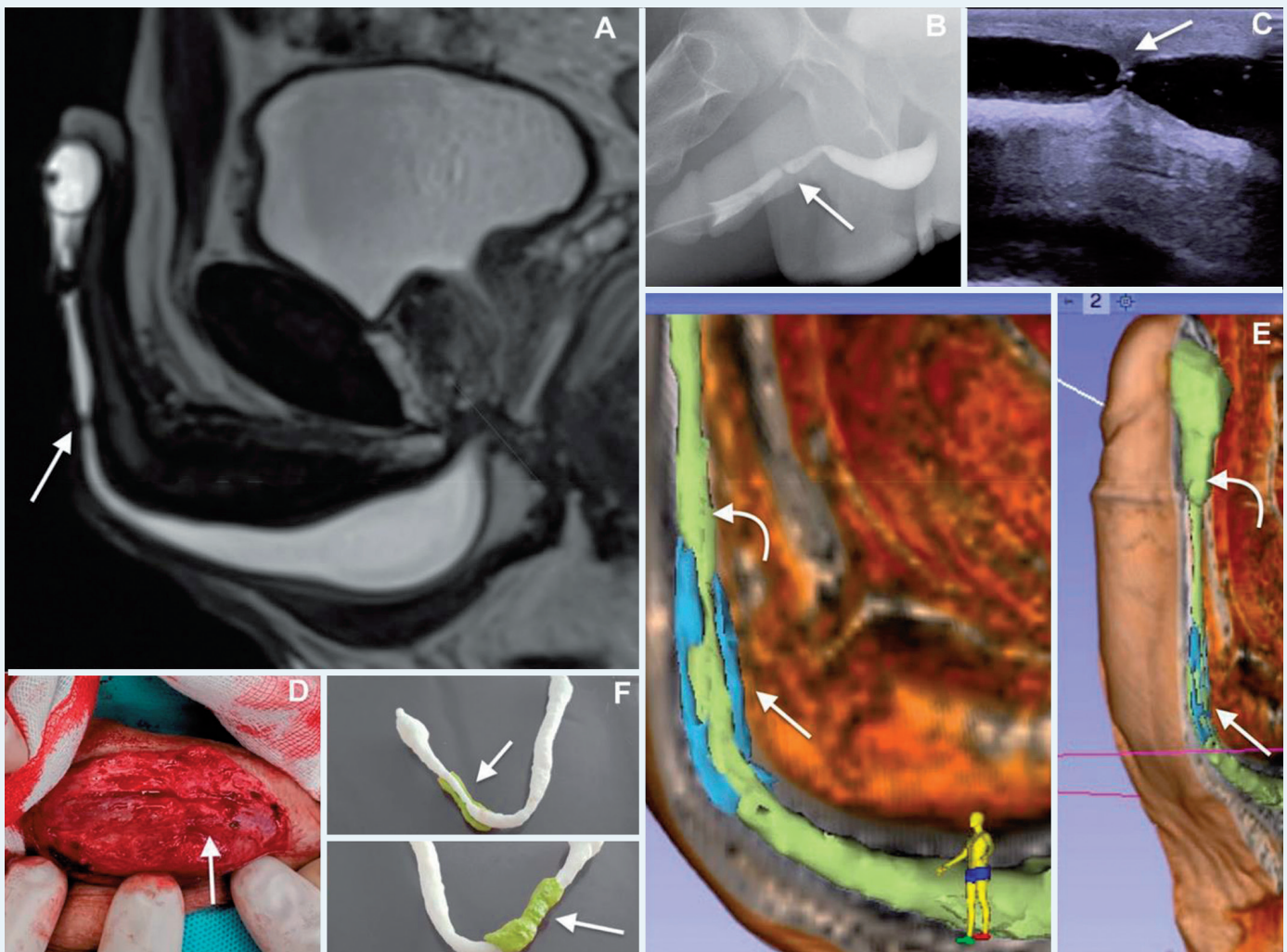
Wartość diagnostyczną badania MRU u pacjentów z US oceniono poprzez porównanie tej metody obrazowania z badaniami CUG oraz SUG. Wartość wzorcową dla analizowanych badań ustalono na podstawie oceny śródoperacyjnej. W okresie od września 2017 do października 2019 roku do jednoośrodkowego badania prospektywnego włączono 55 pacjentów płci męskiej przyjętych do Kliniki Urologii Uniwersyteckiego Centrum Klinicznego w Gdańsku z podejrzeniem lub rozpoznaniem US. Średnia wieku wynosiła 57,9 (zakres 21–82 lat). Kwalifikacja do przyjęcia pacjenta opierała się na wywiadzie klinicznym, CUG lub uretroskopii i uroflowmetrii wykonanych przed przyjęciem do szpitala lub w dniu przyjęcia. Do ba-

dania włączono zarówno osoby nowo diagnozowane, jak i pacjentów z nawrotowym US, niezależnie od przyczyny i lokalizacji. Wszystkie procedury diagnostyczne wykonywane były przez lekarza urologa doświadczonego w stosowaniu badanych metod. Analizę uzyskanych obrazów w badaniu CUG przeprowadzał radiolog z ponad 10-letnim doświadczeniem w ocenie obrazów cystograficznych. Każde badanie SUG było wykonywane i oceniane przez urologa z ponad 6-letnim doświadczeniem w ultrasonografii cewki moczowej. Dodatkowo, w celu wykazania wiarygodności między ocenianymi badaniami MRU, uzyskane tą metodą obrazy były oceniane niezależnie przez dwóch radiologów z odpowiednio 7- i 5-letnim doświadczeniem w radiologii układu moczowo-płciowego. Szczegółowej analizie statystycznej poddano dokładność

oceny długości zwężenia zmierzonej każdą z metod (CUG, SUG, MRU 1, MRU 2), porównując je do oceny śródoperacyjnej. Zastosowano w tym celu współczynnik Kappa Cohena. Ponadto dla każdej z metod obliczono odchylenie od pomiaru śródoperacyjnego. Ocenie została również poddana możliwość wykorzystania obrazów uzyskanych w badaniu MRU do tworzenia trójwymiarowych rekonstrukcji wirtualnych oraz realnych modeli badanej patologii z zastosowaniem technologii druku 3D.

Wyniki

- Wykazano, że najdokładniejszym badaniem było MRU [prawie idealna zgodność, $\kappa_w = 0,834$ (95% CI: 0,786–0,882), $p < 0,0005$], ze średnim



Ryc. 1. A – Obraz MRU, strzałkowy T2-WI cewki moczowej przedstawiający krótkie zwężenie części prąciowej (strzałka) z towarzyszącym zwłóknieniem (hipointensywna tkanka modelująca światło cewki moczowej na poziomie zwężenia i wokół niego). B – CUG, miejsce zwężenia (strzałka). C – SUG, zwężenie z towarzyszącym zwłóknieniem (strzałka). D – Ocena śródoperacyjna, tkanka zwłókniona wokół zwężenia (strzałka). E – Zwłóknienie gąbczaste (strzałka) otaczające zwężoną cewkę moczową (zakrzywiona strzałka) wydzielone z sekwencji MRU strzałkowej T1-zależnej ze wzmocnionym kontrastem. F – Wydruk 3D cewki moczowej na podstawie danych z MRU, z widocznym miejscem zwężenia (strzałka), kolorem zielonym zaznaczono stopień zmian zwłóknieniowych

- przeszacowaniem 1,145 mm (MRU 1) i 0,727 mm (MRU 2) w stosunku do pomiaru śródoperacyjnego.
- CUG było mniej dokładne [umiarkowana do znacznej zgodności, $k_w = 0,653$ (95% CI: 0,536–0,769), $p < 0,0005$], ze średnim niedoszacowaniem 1,509 mm w stosunku do pomiaru śródoperacyjnego.
 - SUG była najmniej dokładną metodą [$k_w = 0,643$ (95% CI: 0,510–0,776), $p < 0,0005$], ze średnim przeszacowaniem 2,127 mm w stosunku do pomiaru śródoperacyjnego.
 - Zgodność SUG i MRU w ocenie stopnia zwłóknienia ciała gąbczastego była istotna dla wszystkich włączonych do analizy pomiarów. Stopień zgodności wahał się od umiarkowanego do prawie doskonałego.
 - Po analizie statystycznej pomiarów stwierdzono prawie idealną zgodność między oceną radiologów (MRU 1 vs MRU 2), [$k_w = 0,883$ (95% CI: 0,838–0,928), $p < 0,0005$].
 - W celu implementacji technologii druku 3D do segmentacji światła cewki moczowej użyto sekwencji T2, a sekwencje T1 z kontrastem wykorzystano do segmentacji zwłókniałego ciała gąbczastego. Modele 3D stworzono przy użyciu oprogramowania 3DSlicer®, a drukarka 3D Ultimaker3™ posłużyła do tworzenia unikatowych, naturalnej wielkości modeli cewki moczowej ze zwężeniem, różnicując je kolorem (ryc. 1).

Dyskusja

Obecnie rutynowo stosowana metoda obrazowania cewki moczowej – CUG – ograniczona jest brakiem możliwości oceny obszaru zwłóknienia ciała gąbczastego, będącej istotną informacją w procesie planowania przedoperacyjnego. Pomimo tego, ze względu na niski koszt, dużą dostępność i zadowalającą dokładność w ocenie długości i lokalizacji zwężenia, CUG jest nadal „złotym standardem” diagnostyki zwężenia cewki moczowej. O ile w zwężeniach cewki przedniej połączenie metod CUG i SUG wydaje się optymalnym wyborem, o tyle metody te mają istotne ograniczenia w ocenie cewki proksymalnej. W omawianej pracy doktorskiej gorsza dokładność SUG jest konsekwencją

kilku wartości istotnie odstających, z których wszystkie zlokalizowane były w cewce opuszkowej. Odzwierciedla to w pełni trudności techniczne wykonywania badania SUG do oceny zwężeń w tym odcinku. W zwężeniach zlokalizowanych w cewce tylnej badanie to jest często niewykonalne, natomiast w zlokalizowanych w początkowym odcinku cewki opuszkowej jest znacznie utrudnione. W tej trudnej do diagnostyki lokalizacji szczególne zastosowanie znajduje badanie MRU z sekwencją T2 po wypełnieniu cewki moczowej sterylnym żelazem, umożliwiając wielopłaszczyznową ocenę światła cewki. Natomiast sekwencja T1 po dożylnym wzmocnieniu kontrastowym umożliwia ocenę zwłóknienia ciała gąbczastego i patologii otaczających cewkę moczową, dostarczając wysokiej jakości przestrzennych projekcji niezależnie od lokalizacji zwężenia.

Wnioski

Największą przydatność MRU wykazano w pourazowych zwężeniach zlokalizowanych w części tylnej cewki moczowej, mnogich zwężeniach i długich zwężeniach z rozległym obszarem zwłóknienia ciała gąbczastego. W większości przypadków pacjentów ze zwężeniami zlokalizowanymi w części przedniej cewki moczowej połączenie badań CUG i SUG może dostarczyć informacji porównywalnych z tymi otrzymanymi dzięki MRU. ■

dr n. med. **Mikołaj Frankiewicz**

Katedra i Klinika Urologii Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego

kierownik kliniki: prof. dr hab. n. med. **Marcin Matuszewski**

Piśmiennictwo:

1. Mangoni LG, Stephano ML, Castraldi L, et al.: Postirradiation female urethral diverticula: diagnosis by voiding endovaginal sonography. *J Clin Ultrasound* 1995; 23: 63–65.
2. Narumi Y, Hricak H, Armenakas NA, Dixon CM, McAninch JW: MR imaging of traumatic posterior urethral injury. *Radiol* 1993; 188: 439–443.
3. El-Ghar MA, Osman Y, Elbaz ES, Rafiaf H, El-Diasty T: MR urethrogram versus combined retrograde urethrogram and sonourethrography in diagnosis of urethral stricture. *Eur J Radiol* 2010; 74: 193–198.
4. El-Bab TKF, Abdelhamid AM, Galal EM, Amin MF: Magnetic resonance urethrography versus conventional retrograde urethrography for diagnosis of anterior urethral stricture. *J Am Sci* 2013; 9: 238–242.