

Tracheotomia przezskórna pod kontrolą ultrasonografii

Ultrasound-guided percutaneous tracheostomy

Piotr Plata¹, Tomasz Gaszyński²

¹Oddział Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Wojewódzki Szpital Specjalistyczny w Legnicy, Polska

²Katedra Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Uniwersytet Medyczny w Łodzi, Polska

Abstract

Point-of-care ultrasound in the intensive care unit has emerged as a routine bedside diagnostic tool. This article provides literature review on the ultrasound-guided percutaneous dilational tracheostomy (US-PDT), which is a relatively novel technique. US-PDT reduces periprocedural complication rate, facilitates identification of proper tube insertion site and provides other additional safety-measures versus non-ultrasound Seldinger-based PDT technique.

Key words: tracheostomy, percutaneous tracheostomy, ultrasound, point-of-care ultrasound.

Słowa kluczowe: tracheotomia, tracheotomia przezskórna, ultrasonografia, ultrasonografia *point of care*.

Anestezjologia Intensywna Terapia
2019; 51, 2: 130–137

Przyjęto: 13.09.2018,
zaakceptowano: 30.04.2019

ADRES DO KORESPONDENCJI:

Piotr Plata, Oddział Anestezjologii i Intensywnej Terapii,
Wojewódzki Szpital Specjalistyczny w Legnicy,
ul. Iwaszkiewicza 5, 59-220 Legnica, Polska,
e-mail: intensywna@szpital.legnica.pl

Ultrasonografia *point-of-care* (POCUS) stała się obowiązującym standardem diagnostyki na oddziałach anestezjologii i intensywnej terapii [1]. Dostępność aparatów USG, upowszechnienie się kursów o tej tematyce oraz szybkie postępy, jakie są czynione podczas nauki technik ultrasonograficznych, sprawiły, że zwiększa się liczba anestezjologów biegle korzystających z diagnostyki ultrasonograficznej w codziennej praktyce.

Jednym z interesujących obszarów zastosowań ultrasonografii jest przeprowadzanie zabiegów przezskórnej tracheotomii pod kontrolą USG. Obecnie tracheotomia przezskórna jest techniką z wyboru w grupie pacjentów leczonych na oddziałach intensywnej terapii. W porównaniu z klasyczną tracheotomią cechuje się mniejszym ryzykiem zakażenia rany i krwawienia, mniejszą śmiertelnością [2–4], a także możliwością wykonania zabiegu na łóżku pacjenta. Wiąże się z rzadszym występowaniem zwężenia tchawicy po usunięciu rurki tracheostomijnej (1,1–1,6%) [5, 6]. Jest także stosunkowo łatwa do opanowania dla anestezjologów poprzez podobieństwo do kaniulacji naczyń techniką Seldingera. Tracheotomia przezskórna jest jednocześnie związana ze specyficznymi dla tej procedury powikłaniami, takimi jak przedwczesna ekstubacja, wytworzenie tzw. fałszywego kanału (wprowadzenie rurki tracheostomijnej przytchawiczco zamiast dotchawiczco) oraz rozerwanie tylnobocznej ściany tchawicy. W porównaniu z tracheotomią otwartą, z powodu niestabilnego oraz wąskiego kanału

tracheostomijnego, ryzyko utraty drożności dróg oddechowych z potencjalnie śmiertelnymi tego następstwami jest zwiększone [7]. Ze względu na upowszechnienie w Polsce techniki przezskórnej tracheotomii (*percutaneous dilational tracheostomy* – PDT) metodą Griggsa, prezentowana w artykule problematyka obejmuje przede wszystkim aspekty związane z tą techniką.

Przeprowadzenie zabiegu tracheotomii dylatacyjnej pod kontrolą USG wymaga doświadczenia zarówno w wykonywaniu PDT opierającej się na punktach anatomicznych, jak i znajomości son anatomii i obsługi aparatu ultrasonograficznego. Niezbędne jest także posiadanie doświadczenia w zakresie wykonywania klasycznej tracheostomii (w razie nieprzewidzianych powikłań) lub dostępność w ośrodku specjalisty mającego takie umiejętności. Zaznajomienie się z techniką PDT wymaga wykonania co najmniej 20 takich zabiegów [8]. Wykonanie tracheostomii pod kontrolą ultrasonograficzną wydłuża czas trwania zabiegu i zmniejsza jednocześnie ryzyko wystąpienia powikłań [9].

WYBÓR GŁOWICY ULTRASONOGRAFICZNEJ

Do wykonania tracheostomii przezskórnej przydatne jest użycie głowicy liniowej o dużej częstotliwości [10]. Ze względu na płytkie położenie interesujących struktur anatomicznych, a także brak zniekształcenia obrazu w przypadku zastosowania takiej głowicy jest to sprzęt z wyboru. Wybór szerokości głowicy jest uzależniony od dostępności

miejsca w polu operacyjnym. U pacjentów z krótką szyją oraz u dzieci preferowane są głowice o jak najmniejszych wymiarach.

WYBÓR PROJEKCJI

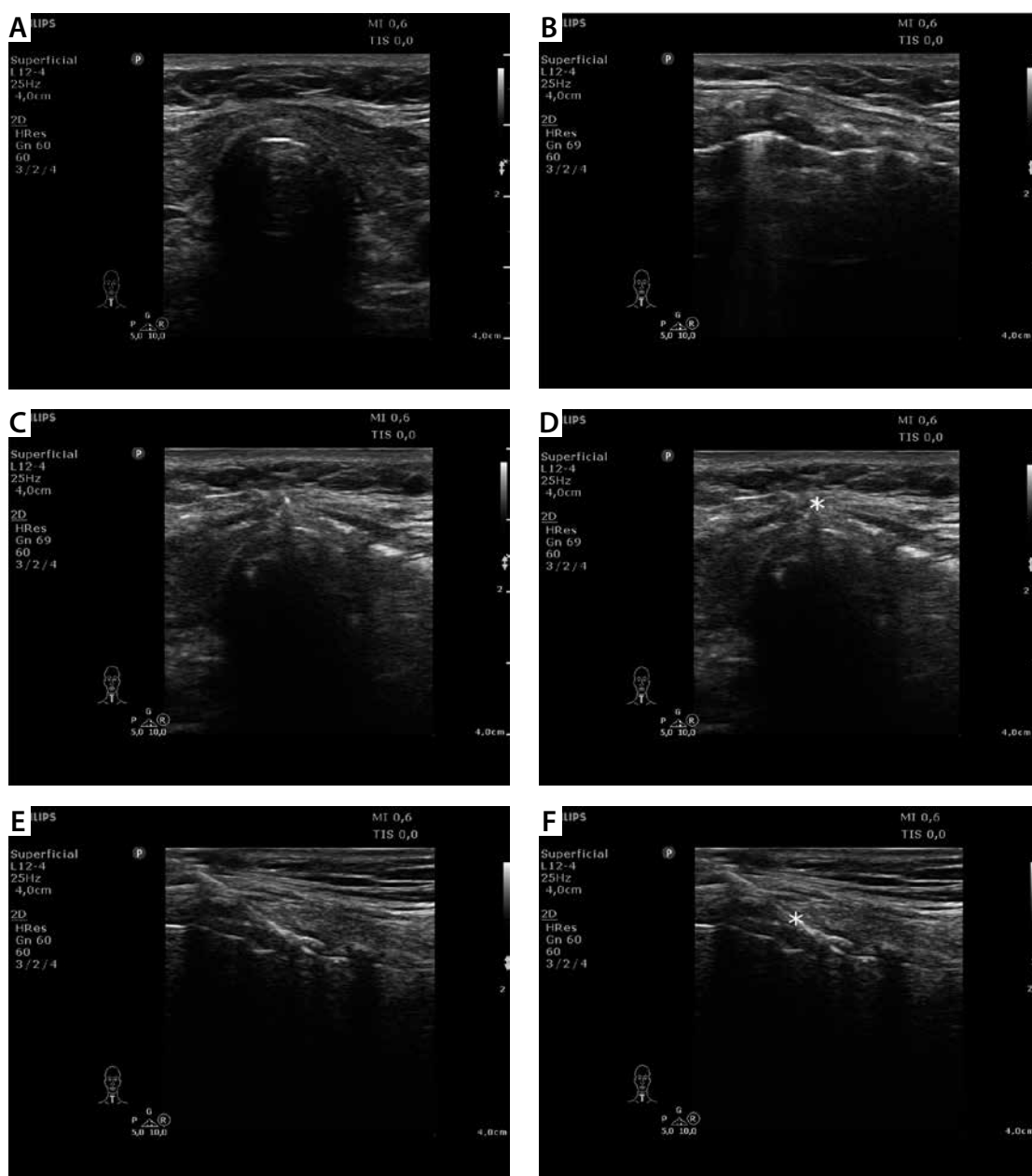
Wiązka ultradźwięków generowana i odbierana przez głowicę USG ma kształt zależny od użytej głowicy. Po przetworzeniu odebranych danych na ekranie aparatu wyświetla się obraz, który odpowiada tzw. płaszczyźnie insonacji. W przypadku głowicy liniowej uzyskany obraz jest prostokątem, z podstawą o wymiarze poprzecznym odpowiadającym szerokości użytej głowicy.

Widoczne podczas badania struktury anatomiczne typowo wizualizuje się w osi długiej lub krótkiej.

Przecięcie struktury anatomicznej płaszczyzną insonacji wzdłuż długiej osi nazywa się projekcją *long axis* (LAX), natomiast wzdłuż krótkiej osi – projekcją *short axis* (SAX) (ryc. 1).

Wizualizacja igły w trakcie wykonywania w czasie rzeczywistym punkcji kontrolowanej ultrasonograficznie jest możliwa również na dwa sposoby: w przypadku prowadzenia igły w obrębie płaszczyzny insonacji używa się terminu *in-plane*, a w przekrój płaszczyzny insonacji – terminu *out-of-plane*.

W praktyce wybór projekcji SAX lub LAX i techniki prowadzenia igły *in-plane* albo *out-of-plane* podyktowany jest przede wszystkim warunkami anatomicznymi pacjenta i rozmiarem użytego sprzętu. U pacjentów z trudnymi warunkami anatomicznymi



RYCINA 1. A) Tchawica – SAX. B) Krtań i tchawica – LAX. C-D) Igła widoczna w technice *out-of-plane*. E-F) Igła widoczna w technice *in-plane* – gwiazdką oznaczono igłę, poniżej której widoczny jest cień akustyczny

TABELA 1. Przeciwwskazania do przezskórnej tracheotomii

| Bezwzględne |
|--|
| niestabilne złamanie kręgosłupa szyjnego |
| wiek < 12. roku życia |
| niekorygowalna koagulopatia |
| zakażenie w miejscu tracheostomii* |
| złośliwy proces nowotworowy w miejscu tracheostomii* |
| Względne |
| duże wole* |
| ratunkowy dostęp do dróg oddechowych |
| chorobliwa otyłość* |
| wiek > 12. roku życia |
| tracheomalacja* |
| wentylacja z $FiO_2 > 0,6$ |
| niestabilność układu krążenia |
| istotna koagulopatia/trombocytopenia |
| wcześniejsza tracheostomia* |
| przebyta operacja/radioterapia szyi* |
| rana pooperacyjna w okolicy tracheostomii* |
| anatomiczne odmienności budowy szyi* |
| rozległe oparzenia szyi* |
| oczekiwane przeżycie < 48 godzin |

*Przeciwwskazania możliwe do oceny w trakcie wstępnego badania USG, tzw. *prescan*

do przeprowadzenia tracheostomii (pacjenci otyli, z krótką szyją, z przymusowym przygięciem szyi, dzieci) użycie głowicy i „zmięszczenie” jej w polu operacyjnym może nastręczać trudności. W takich przypadkach konieczne staje się obrazowanie tchawicy w projekcji SAX z prowadzeniem igły *out-of-plane*.

UŁOŻENIE PACJENTA

Większość chorych poddawanych tracheotomii układanych jest w pozycji z odgiętą, podpartą głową oraz niewielkim wałkiem podłożonym pod plecami na wysokości łopatek, aby uzyskać jak najlepsze warunki do zabiegu (hiperekstensja). Ułożenie takie powoduje przesunięcie struktur anatomicznych względem siebie w stosunku do pozycji neutralnej. Miejsce wykonania zabiegu należy identyfikować dopiero po ułożeniu pacjenta poddanego procedurze w docelowej pozycji.

Hiperekstensja, czyli nadmierne odgięcie szyi, zwiększa ryzyko uszkodzenia naczyń przebiegających w pobliżu wcięcia szyjnego, ze względu na ich przemieszczenie dogłowowe oraz kompresję powierzchniowo przebiegających naczyń żylnych w związku z powstałym napięciem tkanek. Wzajemne przesunięcie struktur szyi w trakcie zabiegu w znacznym jej odgięciu doprowadza do skośnego (w płaszczyźnie strzałkowej) przebiegu otworu tracheostomijnego po przywróceniu neutralnego uło-

żenia. Ma to niekorzystny wpływ na gojenie rany ze względu na ucisk górnej powierzchni rurki tracheostomijnej na tkanki.

Odgięcie głowy przy PDT jest przeciwwskazane w przypadku niestabilnego urazu kręgosłupa szyjnego.

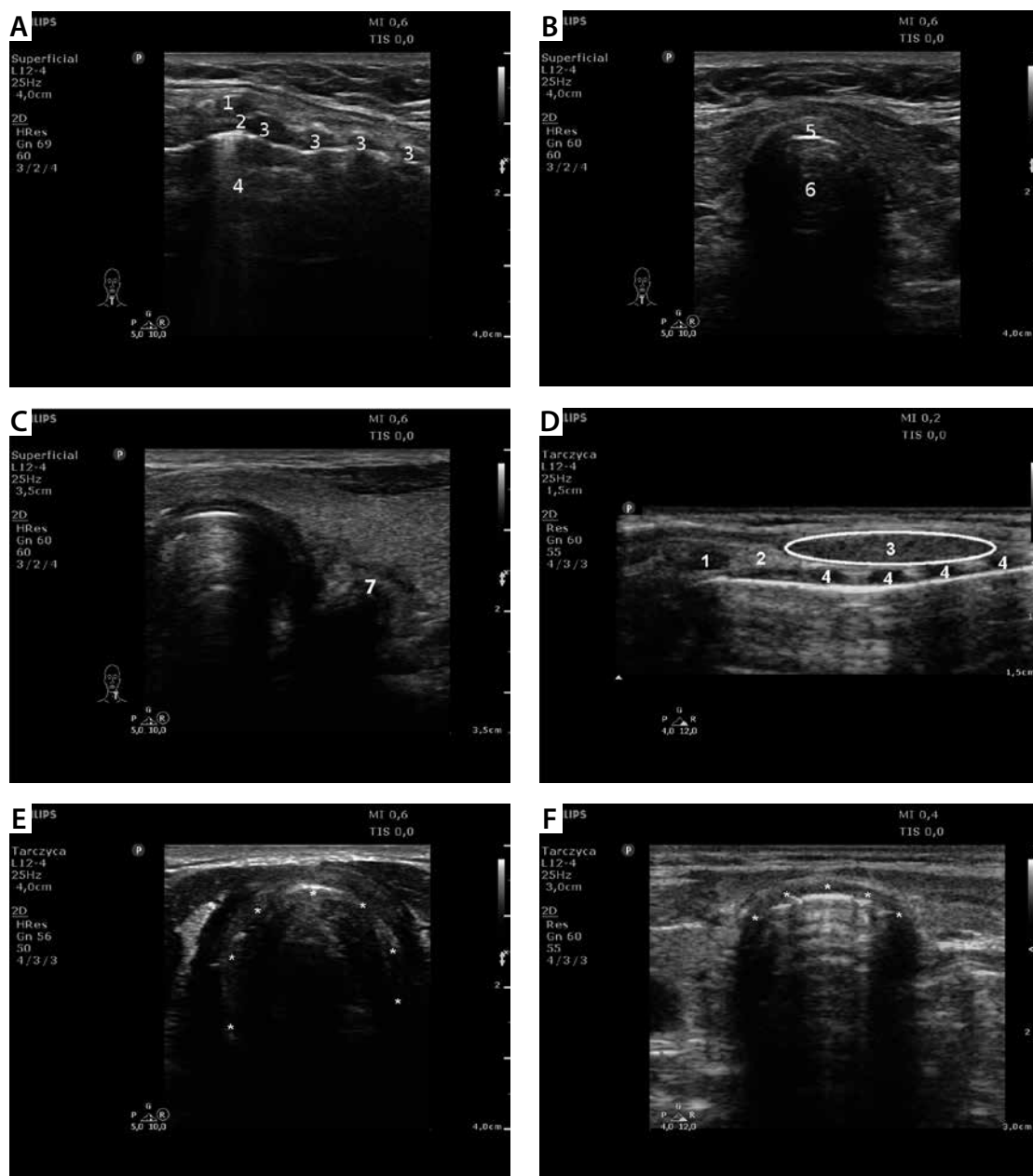
WSTĘPNA OCENA SONOANATOMII

Przed właściwym zabiegiem tracheotomii wykonuje się wstępne badanie ultrasonograficzne, którego celem jest identyfikacja struktur anatomicznych, wyznaczenie osi tchawicy, ocena odległości od skóry do ściany tchawicy w miejscu planowanej tracheostomii, ocena średnicy tchawicy, stwierdzenie występowania ewentualnych patologii. W trakcie wstępnej oceny sonoanatomii należy zwrócić szczególną uwagę na obecność unaczynienia w okolicy planowanej tracheostomii. Ten etap umożliwia podjęcie decyzji o istnieniu technicznych możliwości wykonania zabiegu i ewentualnych przeciwwskazań (tab. 1) [11], dobór właściwej rurki tracheostomijnej (średnica, zastosowanie rurki o zwiększonej proksymalnie długości), a także określenie potencjalnych komplikacji okołoproceduralnych. Niejednokrotnie możliwe jest także uwidocznienie rurki dotchawiczej przed wycofaniem jej na czas zabiegu.

Tradycyjnie wykorzystywana technika identyfikacji miejsca wykonania tracheostomii przezskórnej opierająca się na punktach anatomicznych bywa zawodna [11]. Zastosowanie USG zapewnia większe bezpieczeństwo [12] zabiegu w zalecanej przestrzeni poniżej pierwszej lub poniżej drugiej chrząstki tchawiczej. Wykonanie badania ultrasonograficznego przed tracheotomią przezskórną w badaniu perspektywnym Kolliga i wsp. spowodowało zmianę pierwotnie wyznaczonego miejsca punkcji tchawicy w 24% przypadków na bardziej optymalne [13]. Wykonanie tracheotomii pomiędzy chrząstką pierścieniową a pierwszą chrząstką tchawicy zwiększa ryzyko zwężenia tchawicy. W badaniach pośmiertnych pacjentów, u których wykonano zabieg tracheostomii przezskórnej pod kontrolą USG, całkowicie uniknięto założenia tracheotomii na wysokości błony pierścienno-tchawiczej [14].

SONOANATOMIA KRTANI, TCHAWICY I WYBRANYCH STRUKTUR SZYI

W projekcji LAX w obrębie krtani ważnymi punktami orientacyjnymi są chrząstka tarczowata, hipoechogenna chrząstka pierścieniowata oraz więzadło pierścienno-tarczowe rozciągające się między nimi. W tej projekcji chrząstka pierścieniowata tworzy charakterystyczny wzgórek, od którego widoczne są położone doogonowo więzadło pierścienno-tchawicze oraz chrząstki tchawicy, tworzące obraz przypominający sznur koralu. W projekcji SAX chrząstka pierście-



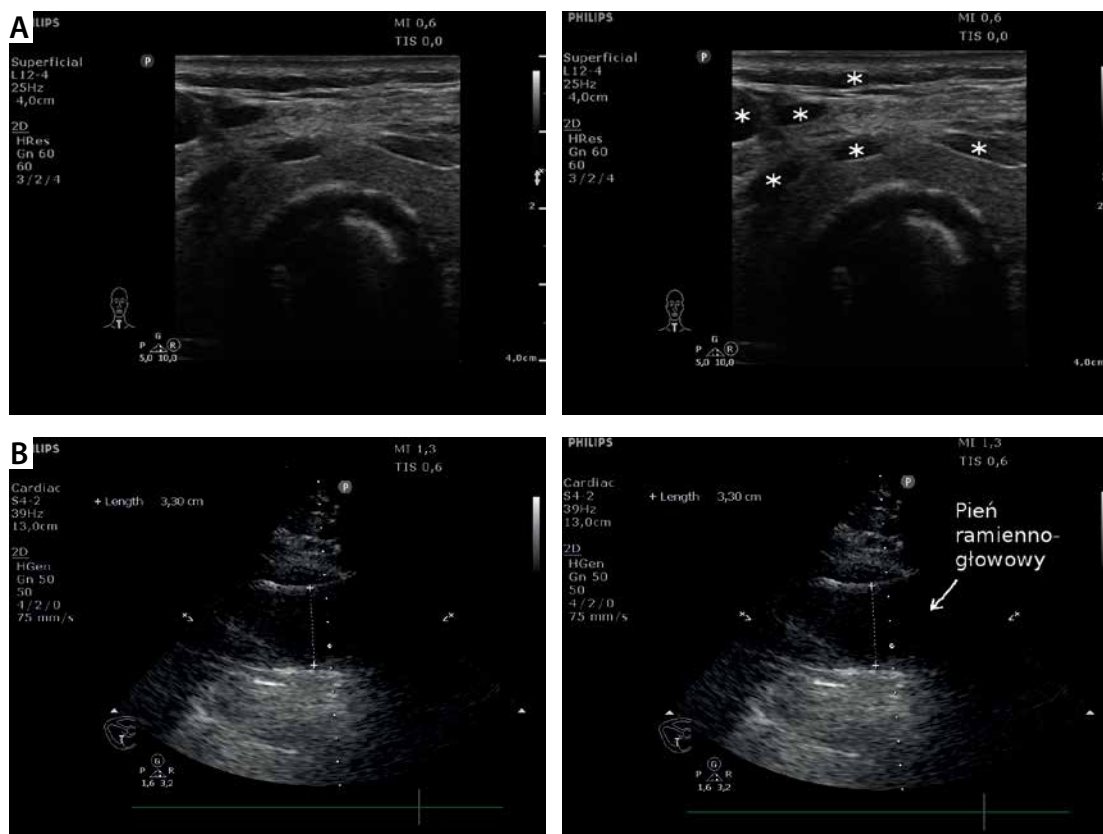
RYCINA 2. A) Krtań i tchawica – LAX. Kolejnymi cyframi oznaczono: 1) chrząstka pierścieniowa, 2) błona pierścienno-tchawicza, 3) pierścienie tchawicy, 4) światło tchawicy. B) Krtań i tchawica – SAX. Kolejnymi cyframi oznaczono: 5) pierścień tchawicy, 6) światło tchawicy. C) Przełyk: 7) widoczny lewobocznie od linii pośrodkowej. D) Ciężń tarczycy – LAX. Kolejnymi cyframi oznaczono: 1) chrząstka pierścieniowa, 2) błona pierścienno-tarczowa, 3) ciężń tarczycy, 4) chrząstki tchawicy. E) Chrząstka pierścieniowa – SAX. Oznaczona gwiazdkami (odwrócona litera U). F) Chrząstka tchawicy – SAX. Oznaczona gwiazdkami (odwrócona litera U)

niowata oraz chrząstki tchawicy tworzą kształt odwróconej litery U (ryc. 2E, F). Na wysokości pierwszej i drugiej chrząstki tchawicy po stronie lewej i do tyłu od płata tarczycy uwidacznia się przełyk (ryc. 2C).

Identyfikacja naczyń okolicy przedtchawiczej obejmuje uwidocznienie przy użyciu techniki dopplerowskiej żył przedtchawiczych oraz naczyń tętniczych. Obecność żył przedtchawiczych (żyła przednia szyi, żyła tarczowa dolna; ryc. 3A) wymusza zmianę miejsca punkcji w technice PDT Griggsa, jeśli żyły są położone w pobliżu linii pośrodkowej. Konieczne może być poszerzenie cięcia w trakcie procedury

i podwiązanie naczyń. Opisywano śmiertelne krwotoki w przypadku punkcji żyły ramienno-głowej lewej.

W okolicy przedtchawiczej w zakresie unaczynienia tętniczego istotne dla wykonania tracheostomii są tętnica tarczowa najniższa (do 10% populacji) oraz wariant anatomiczny – wysoko położony pień ramienno-głowy (0,9% pacjentów [15]). Tętnica tarczowa najniższa odchodzi od pnia ramienno-głowego, rzadziej – od łuku aorty, wstępuje wzdłuż przedniej ściany tchawicy i zaopatruje zwykle dolną część gruczołu tarczowego. Opisywane



RYCINA 3. Naczynia szyi. Żyły przedtchawicze (A) oznaczono gwiazdką. Pień ramienno-głowy (B) uwidoczniiony nad wcięciem szyjnym za pomocą głowicy sektorowej

są krwotoki związane z uszkodzeniem tej tętnicy w trakcie PDT [16]. Wysokie położenie pnia (ryc. 3B) powoduje nie tylko bezpośrednie ryzyko krwotoku śródoperacyjnego, lecz także odległe, potencjalnie śmiertelne komplikacje związane z erozją ściany tej tętnicy w wyniku rozwoju stanu zapalnego wywołanego obecnością rurki [17]. Opisywane są również przypadki nietypowego położenia tętnic szyjnych oraz łuku aorty, szczególnie w przypadku obecności tętniaka rozwarstwiającego aorty [18].

Cieśń tarczycy (ryc. 2D) u osób dorosłych lokalizuje się na wysokości drugiej do czwartej chrząstki tchawicy. U 10–30% populacji obecny jest także płat piramidowy, skierowany zwykle dogłowowo lub w stronę lewą. W trakcie klasycznej, otwartej tracheotomii rozległość pola operacyjnego umożliwia tępe odpreparowanie i uruchomienie tarczycy oraz retrakcję cieśni lub – w razie jej powiększenia – podwiązanie i przecięcie. Niestety, w przypadku PDT takiej możliwości nie ma, a manewrem opisywanym w literaturze jest podciągnięcie ku górze i uciśnięcie chrząstki pierścieniowatej, co doprowadza do zmniejszenia grubości cieśni [19]. Liczba tracheotomii przezskórnych wykonanych przez cieśń tarczycy jest prawdopodobnie znacznie niedoszacowana. Zastosowanie ultrasonografii w trakcie PDT zmniejsza ryzyko punkcji tarczycy.

KONTROLA BRONCHOFIBEROSKOPOWA A ULTRASONOGRAFICZNA

Zastosowanie bronchofiberoskopii w trakcie PDT niesie ze sobą niewątpliwe korzyści [20–22], ale może też powodować poważne następstwa. Warunkiem stosowania tej techniki jest obecność w placówce wyszkolonego personelu oraz dostępność sprzętu. Jego koszt, konieczność serwisowania i dezynfekcji stanowią jednak istotną przeszkodę. Wśród zalet użycia bronchoskopii należy wymienić ocenę głębokości położenia rurki dotchawiczej, potwierdzenie umiejscowienia igły w osi tchawicy i wprowadzenia we właściwym kierunku przewodnicy, kontrolę użycia rozszerzadła, wykrycie ewentualnych złamań pierścieni tchawicy czy wreszcie prawidłowe wprowadzenie rurki tracheostomijnej. W przypadku incydentalnego wycofania przewodnicy bronchofiberoskopia pozwala na identyfikację wprowadzenia rurki do tzw. fałszywego kanału. Należyte zastosowanie bronchofiberoskopii w PDT zmniejsza ryzyko urazu tylnej ściany tchawicy, pod warunkiem użycia właściwej techniki zabiegowej – odpowiedniej stabilizacji i napięcia przewodnicy w trakcie kolejnych etapów tracheotomii metodą Griggsa [23]. Bronchofiberoskop umożliwia także kontrolę dróg oddechowych po tracheostomii w zakresie oceny ewentualnego krwawienia po-

operacyjnego do dróg oddechowych oraz toaletę drzewa oskrzelowego.

Negatywnymi następstwami zastosowania bronchofiberoskopii są: uszkodzenie samego sprzętu (uszkodzenie zewnętrznej powłoki i rozszczelnienie bronchofiberoskopu, uszkodzenie optyki, złamanie lub zerwanie elementów konstrukcyjnych bronchoskopu), możliwe powikłania infekcyjne wynikające z nieprzestrzegania procedur dezynfekcji i kontroli jakości sprzętu [24], zaburzenia wentylacji, hipoksemia, hiperkarcia oraz niezamierzona ekstubacja. U pacjentów po urazie czaszkowo-mózgowym w trakcie bronchofiberoskopii może dojść do znacznego wzrostu ciśnienia śródczaszkowego [25]. Wykonywanie bronchofiberoskopii w trakcie PDT u osób otyłych zwiększa ryzyko powikłań. Użycie bronchofiberoskopu wydłuża również czas trwania zabiegu PDT [26, 27].

Nie przeprowadzono dotychczas wielośrodkowych badań z randomizacją metodą podwójnie ślepej próby, które wykazałyby jednoznaczną przewagę ultrasonografii nad bronchofiberoskopią w PDT. W 2016 roku zakończono pierwsze do tej pory badanie z randomizacją o nazwie TRACHUS [28], w którym wykazano, że zastosowanie ultrasonografii w PDT jest co najmniej równie dobre, jak zastosowanie kontroli bronchofiberoskopowej. Ze względu na brak oceny późnych powikłań oraz jednośrodkowy, niezaślepiiony charakter próby niezbędne będą dalsze badania w celu jednoznacznej oceny wyższości USG w PDT.

DOBÓR DŁUGOŚCI RURKI TRACHEOSTOMIJNEJ

Po potwierdzeniu istnienia warunków anatomicznych do przeprowadzenia PDT w trakcie badania wstępnego *prescan* i wyborze odpowiedniej przestrzeni do wykonania zabiegu należy zmierzyć odległość między powierzchnią skóry a przednią ścianą tchawicy. Wykonany pomiar posłuży do wyboru odpowiedniej długości rurki – standardowej lub proksymalnie wydłużonej. U osób otyłych grubość tkanek przedtchawicznych jest zwiększona [29], podobnie jak u większości pacjentów oddziałów intensywnej terapii [30].

WIZUALIZACJA PRZEZSKÓRNEJ TRACHEOTOMII W CZASIE RZECZYWISTYM

Po znieczuleniu ogólnym i ułożeniu pacjenta ultrasonograficzna kontrola tracheotomii jest możliwa w czasie rzeczywistym. Konieczne jest wycofanie rurki dotchawiczej powyżej planowanego miejsca wykonania tracheotomii. Tradycyjnie rurka jest wycofywana pod kontrolą bezpośredniej laryngoskopii. Możliwa jest także ocena położenia końca rurki techniką Dopplera [31]. Po założeniu na zdezynfekowaną głowicę sterylnej osłony z żelem i ponownym

określeniu docelowej przestrzeni między pierścieniami tchawiczymi dokonuje się punkcji tchawicy. Ultrasonografia zwiększa prawdopodobieństwo identyfikacji tchawicy przy pierwszej punkcji oraz umieszczenia kaniuli w linii pośrodkowej [32–34]. Ze względu na stromy przebieg igły uwidocznie nie jej możliwe jest niekiedy wyłącznie w technice *out-of-plane*. *Ultrasound-guided* PDT (US-PDT) nie zapewnia kontroli nad położeniem końca igły, gdy ta znajdzie się już w przestrzeni powietrznej tchawicy, ze względu na rozproszenie ultradźwięków. Nie ma zatem pewnej metody na uniknięcie urazu tylnej ściany tchawicy z użyciem techniki USG. Sustić [10] proponuje oznaczenie na kaniuli służącej do identyfikacji tchawicy docelowej głębokości, na jakiej ma znaleźć się końcówka igły. Jedynie technika bronchofiberoskopowa zapewnia wgląd w położenie wewnątrztrachealnego igły.

Po wprowadzeniu przewodnicy przez kaniulę zrotowanie głowicy do osi LAX pozwala na uwidocznienie jej przebiegu przez tkanki. Na tym etapie możliwa jest ocena przebiegu przyszłego kanału tracheostomijnego i potwierdzenie wysokości, na jakiej wykonano punkcję tchawicy. W przypadku niezamierzonej punkcji niewłaściwej przestrzeni na tym etapie możliwe jest wycofanie przewodnicy i ponowienie nakłucia tchawicy.

W dalszej kolejności powiększa się otwór dylatorem oraz kleszczami, a następnie wprowadza rurkę tracheostomijną.

Podjęmowano próby wizualizacji w USG balonu rurki tracheostomijnej po wypełnieniu go roztworem chlorku sodu 0,9% [35], niemniej jednak technika ta jest zawodna. Do pewnych sposobów potwierdzenia umiejscowienia końca rurki tracheostomijnej w tchawicy należą wykonanie bronchofiberoskopii przez rurkę tracheostomijną, wentylacja przez rurkę z oceną kapnogramu oraz potwierdzenie ruchomości obu kopuł przepony w trakcie prowadzenia wentylacji kontrolowanej u zwiotzonego pacjenta – takiej oceny można dokonać w badaniu USG przepony obustronnie w projekcji podżebrowej oraz poprzez ocenę ślizgania się opłucnej ściennej i opłucnej płucnej, tzw. *lung-sliding* [36].

ULTRASONOGRAFICZNA OCENA POWIKŁAŃ PRZEZSKÓRNEJ TRACHEOTOMII

Powikłania okołozabiegowe związane z tracheotomią przedstawiono w tabeli 2.

Stosunkowo częstym powikłaniem tracheotomii jest odma opłucnowa. Najprawdopodobniej jest ona wynikiem bezpośredniej punkcji opłucnej, rozwarstwienia powięzi głębokiej szyi i dostania się mieszaniny oddechowej do śródpiersia lub rozerwania pęcherzyków płucnych. Wykonanie zdjęcia radiologicznego klatki piersiowej po zabiegu jest uzasad-

TABELA 2. Powikłania okołozabiegowe dotyczące tracheotomii

| Powikłania |
|--|
| odma opłucnowa |
| krwotok |
| nieprawidłowe położenie rurki |
| perforacja tylnej ściany tchawicy |
| uraz tarczycy |
| uszkodzenie nerwu krtaniowego wstecznego |
| rozedma podskórna |
| zatrzymanie krążenia |

nione u pacjentów, u których wystąpiły trudności w trakcie PDT, lub w przypadku pogorszenia stanu klinicznego pacjenta [37]. Technika USG umożliwia ocenę wystąpienia odmy opłucnowej przyłożkowo, cechuje się krótszym czasem wykonania, a także większą czułością w porównaniu z RTG [38, 39].

Nieprawidłowe położenie rurki tracheostomijnej i utrata drożności dróg oddechowych stanowią potencjalnie śmiertelne powikłanie [40]. Badanie USG pozwala na ocenę ruchomości kopuł przepony oraz stwierdzenie obecności objawu *lung-sliding*, o czym wspomniano wyżej, nawet przy braku prawidłowego zapisu z kapnografu.

PODSUMOWANIE

Rozwój technik tracheotomii u pacjentów długotrwanie wentylowanych poprzez wprowadzenie tracheotomii przezskórnej w miejsce klasycznej wpłynął na istotne zmniejszenie liczby powikłań związanych z wytworzeniem sztucznych dróg oddechowych i pozwolił na przeprowadzanie zabiegów tracheotomii przy łóżku chorego. Bronchofiberoskopia umożliwiła skrupulatną ocenę przebiegu przezskórnych technik tracheotomii i obecnie jako jedyna pozwala na wizualną ocenę światła tchawicy, co pozwala nie tylko na monitorowanie postępu procedury, lecz także na uniknięcie powikłań, przede wszystkim niezamierzonego uszkodzenia tylnej ściany tchawicy.

Dzięki wprowadzeniu ultrasonografii lekarze z oddziałów intensywnej terapii zyskali użyteczne narzędzie niezbędne w codziennej pracy. Zastosowanie USG w ocenie dróg oddechowych i wspomaganie zabiegów tracheotomii przezskórnych jest techniką relatywnie nową. Przedstawione w opracowaniu doniesienia i wyniki badań zachęcają do wprowadzenia US-PDT do codziennej praktyki. Kontrola ultrasonograficzna pozwala na skrócenie czasu zabiegu, zwiększa prawdopodobieństwo właściwego umiejscowienia rurki tracheostomijnej, umożliwia identyfikację przebiegu naczyń szyi, położenia i budowy tchawicy oraz struktur przyległych i ich

zmian w procesach patologicznych, a także zmniejsza liczbę powikłań okołozabiegowych.

Wiele zagadnień związanych z tracheotomią przezskórną pod kontrolą USG pozostaje nadal niewyjaśnionych i zachęca do prowadzenia dalszych badań.

PODZIĘKOWANIA

1. Źródła finansowania: brak.
2. Konflikt interesów: brak.

PIŚMIENNICTWO

1. Lichtenstein D. Whole Body Ultrasonography in the Critically Ill. Springer, 2010.
2. Delaney A, Bagshaw SM, Nalos M. Percutaneous dilatational tracheostomy versus surgical tracheostomy in critically ill patients: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care* 2006; 10: R55. doi: 10.1186/cc4887.
3. Griggs WM, Myburgh JA, Worthley LI. A prospective comparison of a percutaneous tracheostomy technique with standard surgical tracheostomy. *Intensive Care Med* 1991; 17: 261-263. doi: 10.1007/BF01713934.
4. Kornblith LZ, Burlew CC, Moore EE, et al. One thousand bedside percutaneous tracheostomies in the surgical intensive care unit: time to change the gold standard. *J Am Coll Surg* 2011; 212: 163-170. doi: https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2010.09.024.
5. Kettunen W, Helmer S, Haan J. Incidence of overall complications and symptomatic tracheal stenosis is equivalent following open and percutaneous tracheostomy in the trauma patient. *Am J Surg* 2014; 208: 770-774. doi: https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2013.12.036.
6. Kearney PA, Griffen MM, Ochoa JB, Boulanger BR, Tseui BJ, Mentzer RM Jr. A single-center 8-year experience with percutaneous dilatational tracheostomy. *Ann Surg* 2000; 231: 701-709.
7. Rajkumar R, Faisal KM, Alex J. Tracheostomy tube displacement: an update on emergency airway management. *Indian J Respir Med* 2017; 6: 800-806. doi: 10.4103/ijrc.ijrc_12_17.
8. Massick DD, Powell DM, Price PD, et al. Quantification of the learning curve for percutaneous dilatational tracheostomy. *Laryngoscope* 2000; 110 (2 Pt 1): 222-228. doi: 10.1097/00005537-200002010-00007.
9. Yavuz A, Yilmaz M, Göya C, Alimoglu E, Kabaalioglu A. Advantages of US in percutaneous dilatational tracheostomy: randomized controlled trial and review of the literature. *Radiology* 2014; 273: 927-936. doi: 10.1148/radiol.14140088.
10. Sustić A. Role of ultrasound in the airway management of critically ill patients. *Crit Care Med* 2007; 35: S173-177. doi: 10.1097/01.CCM.0000260628.88402.8A.
11. van Heurn LW, Theunissen PH, Ramsay G, Brink PR. Pathologic changes of the trachea after percutaneous dilatational tracheostomy. *Chest* 1996; 109: 1466-1469.
12. Fernández-Trujillo A, Santos-Sánchez L, Farré-Lladó O, et al. Usefulness of ultrasound in percutaneous tracheostomy. *Br J Anaesth* 2015; 114: 703-704. doi: 10.1093/bja/aev049.
13. Kollig E, Heydenreich U, Roetman B, Hopf F, Muhr G. Ultrasound and bronchoscopic controlled percutaneous tracheostomy on trauma ICU. *Injury* 2000; 31: 663-668. doi: https://doi.org/10.1016/S0020-1383(00)00094-2.
14. Sustić A, Kovac D, Zgaljardić Z, Zupan Z, Krstulović B. Ultrasound-guided percutaneous dilatational tracheostomy: a safe method to avoid cranial misplacement of the tracheostomy tube. *Intensive Care Med* 2000; 26: 1379-1381.
15. Itezote AM, Medeiros AD, Barbosa Filho RC, et al. Anatomical variation of the brachiocephalic trunk and common carotid artery in neck dissection. *Int J Morphol* 2009; 27: 601-603.
16. Kamparoudi P, Paliouras D, Gogakos AS, et al. Percutaneous tracheostomy-beware of the thyroidea-ima artery. *Ann Transl Med* 2016; 4: 449. doi: 10.21037/atm.2016.11.04.
17. Jones JW, Reynolds M, Hewitt RL, Drapanas T. Tracheo-innominate artery erosion: successful surgical management of a devastating complication. *Ann Surg* 1976; 184: 194-204.
18. Hatfield A, Bodenham A. Portable ultrasonic scanning of the anterior neck before percutaneous dilatational tracheostomy. *Anaesthesia* 1999; 54: 660-663.

19. Duann CW, Hsieh MS, Chen PT, Chou HP, Huang CS. Successful percutaneous tracheostomy via puncture through the thyroid isthmus. *Respirology Case Reports* 2014; 2: 57-60. doi:10.1002/rcr2.48.
20. Kost K. Endoscopic percutaneous dilatational tracheostomy: a prospective evaluation of 500 consecutive cases. *Laryngoscope* 2005; 115 (10 Pt 2): 1-30. doi: 10.1097/01.MLG.0000163744.89688.E8.
21. Marelli D, Paul A, Manoldis S, et al. Endoscopic guided percutaneous tracheostomy: early results of a consecutive trial. *J Trauma* 1990; 30: 433-435.
22. Barba CA, Angood PB, Kauder DR, et al. Bronchoscopic guidance makes percutaneous tracheostomy a safe, cost-effective and easy-to-teach procedure. *Surgery* 1995; 118: 879-883.
23. Trotter SJ, Hazard PB, Sakabu SA, et al. Posterior tracheal wall perforation during percutaneous dilatational tracheostomy: an investigation into its mechanism and prevention. *Chest* 1999; 115: 1383-1389.
24. Kenters N, Huijskens EG, Meier C, Voss A. Infectious diseases linked to cross-contamination of flexible endoscopes. *Endosc Int Open* 2015; 3: E259-E265. doi:10.1055/s-0034-1392099.
25. Reilly PM, Anderson HL III, Sing RF, Schwab CW, Bartlett RH. Occult hypercarbia. An unrecognized phenomenon during percutaneous endoscopic tracheostomy. *Chest* 1995; 107: 1760-1763.
26. Chacko J, Gagan B, Kumar U, Mundlapudi B. Real-time ultrasound guided percutaneous dilatational tracheostomy with and without bronchoscopic control: an observational study. *Minerva Anesthesiol* 2015; 81: 166-174.
27. Abdulla S, Conrad A, Vielhaber S, Eckhardt R, Abdulla W. Should a percutaneous dilatational tracheostomy be guided with a bronchoscope? *B-ENT* 2013; 9: 227-234.
28. Gobatto AL, Besen BA, Tierno PF, et al. Ultrasound-guided percutaneous dilatational tracheostomy versus bronchoscopy-guided percutaneous dilatational tracheostomy in critically ill patients (TRACHUS): a randomized noninferiority controlled trial. *Intensive Care Med* 2016; 42: 342-351. doi: 10.1007/s00134-016-4218-6.
29. Guinot PG, Zogheib E, Petiot S, et al. Ultrasound-guided percutaneous tracheostomy in critically ill obese patients. *Critical Care* 2012; 16: R40. doi: 10.1186/cc11233.
30. Mallick A, Bodenham A, Elliot S, Oram J. An investigation into the length of standard tracheostomy tubes in critical care patients. *Anaesthesia* 2008; 63: 302-306. doi: 10.1111/j.1365-2044.2007.05327.x.
31. Reilly PM, Sing RF, Giberson FA, et al. Hypercarbia during tracheostomy: a comparison of percutaneous endoscopic, percutaneous Doppler, and standard surgical tracheostomy. *Intensive Care Med* 1997; 23: 859-864.
32. Rudas M, Seppelt I, Herkes R, Hislop R, Rajbhandari D, Weisbrodt L. Traditional landmark versus ultrasound guided tracheal puncture during percutaneous dilatational tracheostomy in adult intensive care patients: a randomised controlled trial. *Crit Care* 2014; 18: 514. doi: 10.1186/s13054-014-0514-0.
33. Dinh VA, Farshidpanah S, Lu S, et al. Real-time sonographically guided percutaneous dilatational tracheostomy using a long-axis approach compared to the landmark technique. *J Ultrasound Med* 2014; 33: 1407-1415. doi: 10.7863/ultra.33.8.1407.
34. Rajajee V, Fletcher JJ, Rochlen LR, Jacobs TL. Real-time ultrasound-guided percutaneous dilatational tracheostomy: a feasibility study. *Crit Care* 2011; 15: R67. doi: 10.1186/cc10047.
35. Hatfield A, Bodenham A. Ultrasound: an emerging role in anaesthesia and intensive care. *Br J Anaesth* 1999; 83: 789-800.
36. Sobczyk D, Andruszkiewicz P, Andres J. Ultrasonografia w stanach zagrożenia życia i intensywnej terapii. *Polska Rada Resuscytacji*, Kraków 2012.
37. Tobler WD Jr, Mella JR, Ng J, Selvam A, Burke PA, Agarwal S. Chest X-ray after tracheostomy is not necessary unless clinically indicated. *World J Surg* 2012; 36: 266-269. doi: 10.1007/s00268-011-1380-4.
38. Nagarsheth K, Kurek S. Ultrasound detection of pneumothorax compared with chest X-ray and computed tomography scan. *Am Surg* 2011; 77: 480-484.
39. Ebrahimi A, Yousefifard M, Mohammad Kazemi H, et al. Diagnostic accuracy of chest ultrasonography versus chest radiography for identification of pneumothorax: a systematic review and meta-analysis. *Tanaffos* 2014; 13: 29-40.
40. Klemm E, Karl Nowak A. Tracheostomy-related deaths: a systematic review. *Deutsches Ärzteblatt International* 2017; 114: 273-279. doi: 10.3238/arztebl.2017.0273.