

Lek. Łukasz Paprocki
Ocena ultrasonograficzna krtani i tchawicy w populacji
noworodków - opracowanie wartości referencyjnych.

Rozprawa na stopień doktora nauk medycznych i nauk o zdrowiu
w dyscyplinie nauki medyczne

Promotor: Prof. dr hab. n. med. Renata Bokiniec
Promotor pomocniczy: Dr hab. n. med. Bartosz Migda

Klinika Neonatologii i Intensywnej Terapii Noworodka
Warszawski Uniwersytet Medyczny



Obrona rozprawy doktorskiej przed Radą Dyscypliny Nauk Medycznych
Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego

Warszawa 2026 r.

Słowa kluczowe

ultrasonografia; krtań; tchawica; noworodek; anatomia; szyja; diagnostyka; pediatria; neonatologia

Keywords

ultrasonography; larynx; trachea; newborn; anatomy; neck; diagnostics; pediatrics; neonatology

Dedykacje

Dedykuję tę pracę mojej Rodzinie, bez wsparcia której spełnianie moich naukowych marzeń nie byłoby możliwe. W szczególności żonie Agnieszce i synowi Józefowi, którzy z cierpliwością i wyrozumiałością towarzyszą mi na każdym etapie ich realizacji.

Serdecznie dziękuję Pani Profesor Renacie Bokiniec, za zaufanie, życzliwość i czas poświęcony na mój rozwój naukowy, ultrasonograficzny oraz neonatologiczny.

Dziękuję Panu Docentowi Bartoszowi Migdzie, za przekazaną mi wiedzę i pasję do ultrasonografii.

Dziękuję Profesorowi Wiesławowi Jakubowskiemu, za wprowadzenie w świat ultrasonografii i wiarę w moje umiejętności już od pierwszego spotkania.

Dziękuję przyjaciółom, Maciejowi i Bartkowi za to, że zawsze mogę na nich liczyć.

Wykaz publikacji stanowiących pracę doktorską

1. **Paprocki Ł**, Migda B, Bokiniec R. Ultrasound Assessment of Larynx and Trachea in the Neonatal Period, Examination Standard with Predictive Values—Study Protocol. *Diagnostics*. 13(9):1578.

Liczba punktów MNiSW: 70

Współczynnik oddziaływania: 3,3

2. **Paprocki Ł**, Migda B, Bokiniec R. Ultrasound assessment of larynx and trachea in the neonatal period—reference values. *Eur Radiol*. 36 423–432

Liczba punktów MNiSW: 140

Współczynnik oddziaływania: 4,7

3. **Paprocki Ł**, Migda B, Bokiniec R. Ultrasound assessment of larynx and trachea in the neonatal period – analysis of correlations and percentile charts. *J Ultrason* 2025; 25: 34

Liczba punktów MNiSW: 20

Współczynnik oddziaływania: 1,5

4. **Paprocki Ł**, Migda B, Bokiniec R. Reply to the Letter to the Editor: Neonatal laryngeal and tracheal ultrasound—normative data or measurement variability. *Eur Radiol*. 36(1):435–6

Sumaryczna liczba punktów MNiSW: 230

Sumaryczny Impact Factor: 9,5

Spis treści

Słowa kluczowe	2
Dedykacje	3
Wykaz publikacji stanowiących pracę doktorską	4
Wykaz stosowanych skrótów	6
Streszczenie.....	7
Summary	9
Wstęp	11
Omówienie cyklu publikacji	13
Założenia i cel pracy	15
Kopie opublikowanych prac	17
Podsumowanie i wnioski	38
Bibliografia	39
Opinia Komisji Bioetycznej	42
Oświadczenia współautorów publikacji	46

Wykaz stosowanych skrótów

MR – rezonans magnetyczny

TK – tomografia komputerowa

Streszczenie

Krtani i tchawica stanowią bardzo istotne elementy układu oddechowego. Zaburzenia związane z ich budową i funkcją mogą mieć zarówno bezpośredni jak i pośredni wpływ na przebieg adaptacji pourodzeniowej oraz dalszy rozwój noworodka.

W praktyce klinicznej diagnostyka krtani i tchawicy skupia się na laryngoskopii, endoskopii, tomografii komputerowej czy rezonansie magnetycznym. Są to metody dobrze poznane, które pozwalają na dokładne obrazowanie struktur oraz funkcji tych narządów, jednak nie są pozbawione wad. Należą do nich dyskomfort, częsta konieczność sedacji pacjenta, transportu, jak również ograniczona dostępność.

Ultrasonografia jest nieinwazyjną, bezpieczną metodą diagnostyczną, od wielu lat z powodzeniem wykorzystywaną w diagnostyce chorób noworodka. Pomimo jej powszechnego zastosowania wiedza na temat badania ultrasonograficznego krtani i tchawicy pozostaje skąpa. W piśmiennictwie dostępne są prace opisujące obrazy ultrasonograficzne krtani w przypadkach konkretnych wad wrodzonych, czy zaburzeń funkcji fałdów głosowych, jednak dotąd nie publikowano prac opisujących w sposób całościowy badanie ultrasonograficzne krtani i tchawicy w wieku noworodkowym.

Niniejsza rozprawa jest podsumowaniem cyklu prac, którego celem był kompleksowy opis badania ultrasonograficznego krtani i tchawicy w populacji noworodków urodzonych pomiędzy 32. a 42. tygodniem życia płodowego.

Ze względu na brak w dostępnym piśmiennictwie innych, podobnych prac, w pierwszej publikacji opisano protokół zawierający szczegółową charakterystykę metodologii badania. Omówiono w nim szczegółowo aspekty techniczne badania, w tym sposób ułożenia pacjenta, ustawienia aparatu ultrasonograficznego, wykorzystywaną aparaturę, projekcje ultrasonograficzne oraz sposób akwizycji, analizy obrazów oraz pomiaru poszczególnych struktur krtani i tchawicy.

Opublikowany protokół posłużył do przeprowadzenia prospektywnego badania na grupie 300 zdrowych noworodków, u których wykonywano badania ultrasonograficzne krtani oraz tchawicy. Wyniki pomiarów poszczególnych struktur tych narządów, pochodzące z badań 298 uczestników posłużyły do dalszej analizy statystycznej, której efektem były dwie kolejne publikacje.

W drugiej z prezentowanych prac opublikowano normy wielkości struktur krtani i tchawicy u dziewcząt i chłopców. Wykazano również istotnie statystycznie różnice

w wielkości większości badanych struktur u obu płci. Ponadto, nie stwierdzono istotnej statystycznie różnicy szerokości światła głośni u chłopców i dziewcząt.

W trzeciej publikacji omówiono wyniki analizy korelacji pomiędzy wielkością krtani i tchawicy oraz ich światłem w odniesieniu do pomiarów antropometrycznych noworodków. Stwierdzono istotnie statystycznie zależności większości analizowanych struktur do masy ciała noworodków. Ponadto, wykonano siatki centylowe pozwalające na ocenę uzyskanych pomiarów struktur krtani i tchawicy w odniesieniu do masy ciała noworodków obu płci.

Czwarta z prezentowanych publikacji jest odpowiedzią na list do redakcji czasopisma *European Radiology*. Odniesiono się w niej do pytań autorów listu dotyczących drugiego z omawianych artykułów. W odpowiedzi zwrócono również uwagę na odmienności badania ultrasonograficznego noworodków, które stanowią szczególną grupę pacjentów, wymagających szczególnej dbałości o ich komfort w czasie badania.

Prezentowany w niniejszej rozprawie doktorskiej cykl prac pozwolił na wysunięcie wniosków, iż metoda ultrasonograficzna pozwala na zobrazowanie i pomiar struktur krtani i tchawicy w wieku noworodkowym oraz uzyskane w przeprowadzonych badaniach wyniki umożliwiły wyznaczenie pierwszych, jak dotąd niepublikowanych, norm wielkości jak również siatek centylowych struktur krtani i tchawicy w populacji noworodków.

Summary

The larynx and trachea represent crucial components of the respiratory system. Disorders related to their structure and function can have both a direct and indirect impact on postnatal adaptation and the further development of the newborn.

In clinical practice, the diagnosis of the larynx and trachea is based on laryngoscopy, endoscopy, computed tomography, and magnetic resonance imaging. These are well-known methods that allow for accurate imaging of the structures and functions of these organs, but they are not without their disadvantages. These include discomfort, the frequent need for patient sedation, transport and limited availability.

Ultrasonography is a non-invasive, safe diagnostic method that has been successfully utilised for many years in the diagnosis of neonatal diseases. Despite its widespread utilisation, knowledge concerning the ultrasound examination of the larynx and trachea in newborn remains limited. The available literature comprises studies that detail ultrasound images of the larynx in cases of specific congenital defects or vocal fold dysfunction. However, to date, no studies have been published that describe a comprehensive ultrasound examination of the larynx and trachea in the neonatal period.

This dissertation summarises a series of studies that were conducted with the objective of providing a complete description of the ultrasound examination of the larynx and trachea in a population of newborns born between 32 and 42 weeks of gestation.

In view of the paucity of similar studies in the extant literature, the initial publication delineated a protocol comprising a comprehensive description of the examination methodology. The examination's technical aspects were discussed in detail, including patient positioning, ultrasound machine settings, equipment used, ultrasound projections, and the method of image acquisition, analysis, and measurement of individual structures of the larynx and trachea.

The published protocol was used to conduct a prospective study on a group of 300 healthy newborns who underwent ultrasound examinations of the larynx and trachea. The findings from the measurement of individual structures of these organs, obtained from the examination of 298 participants, were utilised for further statistical analysis, which resulted in two subsequent publications.

The second of the presented studies published standards for the size of the larynx and trachea in girls and boys. Statistically significant differences in the size of most

of the examined structures in both sexes were also demonstrated. Moreover, no statistically significant difference in glottis width was identified between boys and girls.

The third publication presented the findings of a correlation analysis between the measurements of the larynx and trachea and their lumen, in relation to anthropometric measurements of newborns. Statistically significant correlations were identified between the majority of the analysed structures and the body weight of newborns. Furthermore, centile charts were developed to facilitate the evaluation of the obtained measurements of the larynx and trachea structures in relation to the body weight of newborns of both sexes.

The fourth publication presented is a response to a letter to the editor of the European Radiology journal. The present article addresses the authors' questions regarding the second of the articles discussed. Furthermore, it draws attention to the differences in ultrasound examination of newborns, who constitute a special group of patients requiring particular care to ensure their comfort during the examination.

The series of studies presented in this dissertation concluded that the ultrasound method enables imaging and measurement of laryngeal and tracheal structures in newborns. The results obtained in the conducted studies determined the first, as yet unpublished, size standards and centile charts for laryngeal and tracheal structures in the neonatal population.

Wstęp

Prawidłowa budowa i funkcja krtani oraz tchawicy są jednymi z kluczowych elementów układu oddechowego, niezbędnymi do zapewnienia właściwej mechaniki oddychania, fonacji czy połykania. W wieku noworodkowym zaburzenia związane z tymi narządami mogą mieć wpływ na stan pacjenta bezpośrednio po urodzeniu (zaburzenia oddychania (1), trudna intubacja (2)) jak również w czasie jego dalszego rozwoju (trudności w karmieniu (3), nawracające infekcje dróg oddechowych (1)).

Wrodzone choroby krtani oraz tchawicy występują z częstością 0,2-1 na 10 tysięcy urodzeń żywych noworodków (4). Do tej grupy schorzeń należy między innymi laryngomalacja, porażenie fałdów głosowych, podgłośniowe zwężenie krtani, naczyniaki podgłośniowe czy zwężenie tchawicy (1,4). Poza zaburzeniami wrodzonymi, do pojawienia się nieprawidłowości związanych z budową i funkcją krtani i tchawicy u noworodków mogą przyczynić się procedury medyczne. Są one niezbędne w ratowaniu ich życia w związku z ich przedwczesnym urodzeniem, zaburzeniami oddychania czy leczeniem wad wrodzonych dotyczących innych narządów. Powyższe zaburzenia budowy i funkcji krtani dotyczą między innymi pointubacyjnego zwężenia krtani (5,6), uszkodzenia fałdów głosowych (7) czy zaburzenia funkcji krtani w związku z zabiegami chirurgicznymi, np. ligacją chirurgiczną przetrwałego przewodu tętniczego (8).

Ocena prawidłowości budowy oraz funkcji krtani i tchawicy w wieku noworodkowym stanowi istotne wyzwanie kliniczne. W ich diagnostyce wykorzystuje się techniki radiologiczne, takie jak tomografia komputerowa (TK), czy rezonans magnetyczny (MR) oraz badania endoskopowe. Są to metody dobrze znane oraz pozwalające na prawidłowe rozpoznanie chorób krtani i tchawicy i w wielu przypadkach uznawane za złoty standard diagnostyczny (9,10). Pomimo niewątpliwych zalet nie są one pozbawione słabości mogących mieć wpływ na przebieg diagnostyki i dalszego leczenia pacjenta. Tomografia komputerowa pozwala na dokładne obrazowanie struktur krtani, jednak naraża pacjenta na promieniowanie jonizujące, co ma szczególne znaczenie w odniesieniu do rozwijających się tkanek, w tym tarczycy położonej w bezpośrednim sąsiedztwie badanych narządów (11). Rezonans magnetyczny, który pozbawiony jest wpływu promieniowania jonizującego na pacjenta, umożliwia nie tylko statyczną diagnostykę, ale również dynamiczną ocenę struktur krtani. Niestety brak wystarczającej ilości badań dotyczących jego wykorzystania w diagnostyce w wieku

noworodkowym nie pozwala w pełni go wykorzystać (11). Endoskopia jest powszechnie stosowanym, diagnostycznym, pozwalającym nie tylko na diagnostykę struktur krtani, ale również na leczenie. Choć jest procedurą inwazyjną o niskim ryzyku może skutkować powikłaniem w postaci zaburzeń oddychania (12). Ponadto duża zależność jakości badania endoskopowego od doświadczenia osoby je przeprowadzającej znacznie zmniejsza jego dostępność. Dodatkowo, należy zaznaczyć, że przeprowadzenie powyższych badań wiąże się z koniecznością (w zależności od modalności) zastosowania znieczulenia miejscowego lub sedacji (12–14). Co więcej samo wykonanie powyższych procedur wiąże się dyskomfortem noworodka związanym z miejscem ich przeprowadzania czy hałasem. Czas oczekiwania, a niejednokrotnie również konieczność transportu pacjenta do specjalistycznego ośrodka może znacząco wydłużyć proces diagnostyczny. Nie pozostaje to bez wpływu na rozwój i komfort życia noworodków. Ważną kwestią wydaje się być również możliwość obecności rodzica przy badanym noworodku, która w przypadku badań związanych z promieniowaniem jonizującym jest ograniczona. Powyższe argumenty kierują nas w stronę poszukiwania lub rozwijania innych metod diagnostycznych, które pozwoliłyby na ograniczenie dyskomfortu pacjenta i umożliwiły rozpoczęcie diagnostyki chorób krtani i tchawicy już w oddziale neonatologicznym. w efekcie mogłoby to przyspieszyć diagnostykę tych narządów i ukierunkować ją tak aby stała się bardziej celowana.

Ultrasonografia jest nieinwazyjną, łatwo dostępną metodą diagnostyczną szeroko stosowaną w diagnostyce chorób w noworodków. Pomimo tego, jej wykorzystanie w diagnostyce chorób krtani i tchawicy w tej grupie pacjentów jest ograniczone. w dostępnym piśmiennictwie, do czasu opublikowania omawianego w poniższej rozprawie badania naukowego, publikowano prace opisujące położenie, ruch i obraz ultrasonograficzny fałdów głosowych w populacji noworodków urodzonych przedwcześnie (15). Ponadto w piśmiennictwie można znaleźć liczne opracowania dotyczące wykorzystania ultrasonografii w diagnostyce chorób krtani i tchawicy w populacji noworodków. Dotyczyły one diagnostyki funkcji fałdów głosowych (16–18), stridoru krtaniowego (12,19) czy laryngomalacji (20). Po dziś dzień nie opublikowano standardu badania ultrasonograficznego opisującego technikę badania, anatomie ultrasonograficzną, normy wielkości poszczególnych struktur krtani i tchawicy w badaniu ultrasonograficznym w populacji noworodków. Brak takich danych może stanowić istotną przeszkodę w wykonywaniu diagnostyki ultrasonograficznej

omawianych narządów, pomimo szerokiej dostępności aparatów ultrasonograficznych w oddziałach neonatologicznych.

Omówienie cyklu publikacji

Przedstawiony w niniejszej rozprawie doktorskiej cykl publikacji dotyczy diagnostyki ultrasonograficznej krtani i tchawicy w populacji noworodków rasy kaukaskiej urodzonych pomiędzy 32. a 42. tygodniem wieku ciążowego. W świetle opisanego powyżej braku podobnych publikacji w omawianych pracach podjęto próbę usystematyzowania wiedzy dotyczącej ultrasonografii krtani i tchawicy w tej populacji, skupiając się na jej najważniejszych aspektach.

Pierwsza publikacja pod tytułem: „Ultrasound Assessment of Larynx and Trachea in the Neonatal Period, Examination Standard with Predictive Values-Study Protocol” jest protokołem badania zarejestrowanego w ClinicalTrials.gov (identyfikator NCT05636410), która została opublikowana w czasopiśmie *Diagnostics* (IF 3,3; punkty MNiSW 70). Praca miała na celu szczegółowe omówienie metodologii badania ultrasonograficznego krtani i tchawicy u noworodków z wykorzystaniem głowicy liniowej wysokiej częstotliwości. Opisano w niej techniczne aspekty badania zwracając uwagę na optymalne miejsce oraz czas badania wskazując na zapewnienie najwyższego komfortu badanego noworodka. W pracy omówiono również ustawienia aparatu ultrasonograficznego, pozwalające na uzyskanie najwyższej jakości obrazu oraz opisano wykorzystywane projekcje ultrasonograficzne. Ponadto skupiono się na technice pomiaru struktur na poszczególnych poziomach krtani i tchawicy, w których uwzględniono: szerokość i głębokość krtani, wielkość kąta tworzonego przez blaszki chrząstki tarczowatej, grubość chrząstki tarczowatej pośrodkowo oraz w częściach bocznych, grubość nagłośni oraz przestrzeni przednagłośniowej, grubość fałdów głosowych i mięśnia międzynałekowego, szerokość, wysokość oraz powierzchnię głośni, kąt tworzony przez rozwarte fałdy głosowe, szerokość i głębokość części podgnykowej na wysokości chrząstki pierścieniowej oraz tchawicy wraz z szerokością i głębokością ich światła, grubość mięśnia mostkowo-gnykowego i mostkowo-tarczowego na wysokości głośni i kości gnykowej. w celu zapewnienia uczestnikom badania najwyższego komfortu, czas badania ultrasonograficznego skrócono do minimum. Z tego powodu zaplanowano wykonanie pomiarów powyższych struktur w programie komputerowym, na czas po zakończeniu rekrutacji uczestników.

Dwie kolejne publikacje o tytułach: „Ultrasound assessment of larynx and trachea in the neonatal period – reference values” opublikowana w czasopiśmie *European Radiology* (IF 4,7; punkty MNiSW 140) oraz „Ultrasound assessment of larynx and trachea in the neonatal period – analysis of correlations and percentile charts.”, opublikowana w czasopiśmie *Journal of Ultrasonography* (IF 1,5; punkty MNiSW 20) to prace oryginalne. Dokonano w nich analizy danych pochodzących z badania przeprowadzonego zgodnie z opublikowanym uprzednio protokołem. Technikę badania ultrasonograficznego zmodyfikowano jedynie w zakresie pomiaru fałdów głosowych w sposób pozwalający ich lepszą wizualizację oraz na skrócenie czasu badania i zwiększenie komfortu badanego noworodka. Badania ultrasonograficzne wykonano u wszystkich 300 zakwalifikowanych noworodków. w analizie statystycznej wykorzystano dane pochodzące z badań 298 uczestników. Brak danych antropometrycznych dwóch uczestników wykluczył ich z dalszej analizy. Duża grupa badana i istotne statystycznie różnice w pomiarach antropometrycznych między dziewczynkami a chłopcami pozwoliła na podzielenie wyników w zależności od płci.

W pierwszej z prac oryginalnych wyznaczono normy wielkości poszczególnych struktur krtani i tchawicy w populacji zdrowych noworodków. W badaniu stwierdzono istotnie statystyczne różnice w wielkości większości analizowanych struktur krtani i tchawicy w zależności od płci. W pracy stwierdzono u chłopców większą szerokość i głębokość krtani, wielkość kąta tworzonego przez blaszki chrząstki tarczowatej, grubość nagłośni i przestrzeni przednagłośniowej, grubości fałdów głosowych i mięśnia międzynalewkowego, szerokość i głębokość części podgłośniowej na wysokości chrząstki pierścieniowej oraz tchawicy jak również ich światła w porównaniu do populacji dziewcząt. W odniesieniu do mięśni podgnykowych podobne obserwacje dotyczyły tylko ich pomiarów na wysokości kości gnykowej. Ponadto wykazano brak różnic w pomiarach szerokości oraz powierzchni głośni między dziewczynkami a chłopcami. Co więcej, analizując dane zwrócono uwagę na węższe światło tchawicy niż światło części podgłośniowej krtani. Ten fakt może stanowić istotny element w rozważaniach dotyczących szerokości stosowanych rurek intubacyjnych w badanej populacji.

W drugiej pracy oryginalnej przeanalizowano zależności wielkości wybranych, struktur krtani i tchawicy (szerokość i głębokość krtani, części podgłośniowej na wysokości głośni, tchawicy wraz szerokością i głębokością światła części podgłośniowej i tchawicy oraz szerokością głośni) z danymi antropometrycznymi

populacji noworodków oraz utworzono siatki centylowe wielkości ocenianych struktur w odniesieniu do masy ciała noworodków. Stwierdzono istotne statystycznie zależności wielkości ocenianych parametrów od masy ciała u obu płci. W zakresie głębokości części podgłośniowej krtani u chłopców zależność ta była dobra. W przypadku pozostałych parametrów u obu płci korelacje oceniono jako umiarkowane i słabe. W odniesieniu do długości ciała oraz wieku płodowego noworodków nie wszystkie analizowane struktury wykazywały istotną statystycznie zależność. Z tego powodu stworzono siatki centylowe odnoszące się tylko do masy ciała noworodków.

Czwarta publikacja o tytule: „Reply to the Letter to the Editor: Neonatal laryngeal and tracheal ultrasound” stanowi odpowiedź na list do redakcji czasopisma *European Radiology*(21). w pracy dokonano odpowiedzi na wskazane przez autorów listu ograniczenia dotyczące prezentowanego badania, które dotyczyły osoby wykonującej badanie ultrasonograficzne. W odpowiedzi zaznaczono, iż populacja noworodków ze względu na swoją specyfikę wymaga zapewnienia im pełnego komfortu i ograniczenia czasu badania, dlatego badania przeprowadzał doświadczony ultrasonografista. Ponadto odniesiono się do faktu dynamicznych zmian wielkości struktur krtani podczas oddychania. Zaznaczono, iż w badaniu oceniano maksymalną i minimalną grubość fałdów głosowych i mięśnia międzynałeczkowego podczas spokojnego oddychania, co zgodnie z dostępnym piśmiennictwem można uznać za fazę wdechu i wydechu(22). Odniesiono się również do uwagi dotyczącej wyboru głowicy ultrasonograficznej i ocena wyłącznie projekcji poprzecznych. Wyjaśniono, iż taki wybór był podyktowany dbałością o komfort uczestników badania i ograniczenie jego czasu, jak również brakiem w czasie wykonywania badań na rynku głowicy hokejowej o porównywalnej częstotliwości pozwalającej na równie dobre obrazowanie niewielkich struktur. Ponadto w pracy również zwrócono uwagę na odmienności w wykonywaniu tego typu badań w populacji noworodków.

Założenia i cel pracy

Stały postęp technologiczny oraz rosnąca dostępność wysokiej klasy aparatury ultrasonograficznej nie tylko przyspiesza diagnostykę, ale również zwiększa komfort diagnostyki noworodków już w pierwszych dniach życia. W ostatnich latach wykorzystanie ultrasonografii obserwowane jest niemal na każdym polu diagnostyki i leczenia tej populacji pacjentów. Umiejętność badania ultrasonograficznego krtani

i tchawicy może stanowić istotny element w praktyce lekarzy zajmujących się noworodkiem, pozwalający na szybszą i lepiej ukierunkowaną diagnostykę ograniczając jednocześnie konieczność wykonywania inwazyjnych procedur diagnostycznych.

Celem prezentowanego w niniejszej rozprawie cyklu prac był zintegrowany opis badania ultrasonograficznego krtani i tchawicy w populacji zdrowych noworodków urodzonych pomiędzy ukończonym 32. a 42. tygodniem życia płodowego składający się z:

1. Opisu techniki badania ultrasonograficznego krtani i tchawicy.
2. Wyznaczenia norm wielkości poszczególnych struktur krtani w badaniu ultrasonograficznym.
3. Oceny korelacji pomiędzy wielkością krtani i tchawicy oraz ich światłem a parametrami antropometrycznymi badanej populacji.

Protocol

Ultrasound Assessment of Larynx and Trachea in the Neonatal Period, Examination Standard with Predictive Values—Study Protocol

Łukasz Paprocki ^{1,*} , Bartosz Migda ²  and Renata Bokiniec ³

¹ Department of Neonatology, Ujastek Medical Center, 31-752 Kraków, Poland

² Diagnostic Ultrasound Lab, Department of Pediatric Radiology, Medical University of Warsaw, 02-091 Warsaw, Poland

³ Department of Neonatology and Intensive Care, Medical University of Warsaw, 02-091 Warsaw, Poland

* Correspondence: l.paprocki@ujastek.pl; Tel.: +48-22-59-66-155

Abstract: Diseases of the larynx and trachea are a heterogeneous group of disorders. Their diagnosis frequently requires invasive methods. Ultrasound is a non-invasive, repeatable and safe diagnostic method, which has recently, thanks to the development of technology, provided for very accurate imaging of even small structures, as well as their assessment on dynamic examination. Ultrasound examination of the larynx and trachea will be performed in 2022–2023 in a group of randomly selected 300 stable neonates born between 32 and 42 weeks of gestation. The results of this study will be presented after data collection in accordance with the adopted methodology. To date, this will be the first study to describe the ultrasound anatomy of the larynx and trachea and to establish reference ranges for the size of individual structures of the larynx and trachea in the neonatal population. We expect that our study will contribute to the further development of this part of ultrasonography and will reduce the number of invasive procedures performed in the diagnostics of these organs in the future. This manuscript is a study protocol registered at ClinicalTrials.gov (Identifier NCT05636410) and approved by the Bioethics Committee of the Medical University of Warsaw (KB 65/A2022).

Keywords: ultrasound; larynx; trachea; newborn; anatomy; technique; norms; high resolution



Citation: Paprocki, Ł.; Migda, B.; Bokiniec, R. Ultrasound Assessment of Larynx and Trachea in the Neonatal Period, Examination Standard with Predictive Values—Study Protocol. *Diagnostics* **2023**, *13*, 1578. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13091578>

Academic Editor: Rute Santos

Received: 26 March 2023

Revised: 21 April 2023

Accepted: 26 April 2023

Published: 28 April 2023



Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

Diseases of the larynx and trachea constitute a heterogeneous group of disorders. They may include congenital anatomical disorders, neoplastic changes, vocal cord paralysis of varied aetiology or narrowing of the larynx associated with long-term intubation. The multitude of disorders of these organs necessitates the continuing search for diagnostic methods which will not only provide answers to clinical questions, but will also be safe and have the least level of interference with the wellbeing of the patient.

Diagnosis of diseases of the larynx and trachea with respect to neonates and infants is mainly based on endoscopy, magnetic resonance imaging and computer tomography. There are some challenges associated with these investigations which result in them being rarely used in everyday practice. One challenge concerns the invasiveness of the procedure during endoscopy of the upper respiratory tract or ionizing radiation in CT. Others include the not infrequent necessity of anaesthetizing the patient and the need to obtain special parental consent for the procedures, which is also not without significance. Moreover, the application of these techniques requires high numbers of highly qualified specialists for their performance and evaluation. Finally, an important constraint is the limited availability of fiberoscopy, MRI or CT in most neonatal departments, which results in the necessity of transporting the patient to another facility.

In recent decades, only a few studies have been reported which described the ultrasound anatomy of the larynx in pediatric populations, especially in diagnosis of infant

laryngomalacia prior to and following intubation or that of the mobility of the vocal cords [1–6]. Some of the studies which involved small groups of subjects—intensive care unit patients—were performed using lower quality ultrasound devices or addressed only part of the larynx and thus did not provide for unequivocal conclusions to be drawn [6–10]. In the literature, there are also reports where ultrasonography is used to assess pathologies such as laryngeal cysts or paralysis of the vocal folds [11,12]. To date, no standards have been published concerning the size of the structures of the larynx and trachea or the mobility of the vocal cords on ultrasound examination in the neonate. Additionally, there are no studies describing the technique of ultrasound examination of these organs with respect to the neonates, which would cover all relevant aspects, starting from a comfortable position for the patient, through the assessment of individual levels of the larynx, and ending with the description of the norms of the size of the structures of the larynx and trachea based on a large group of neonates. Additionally, there are no recommendations which include ultrasound examination as a reliable component of the diagnosis of congenital disorders of the larynx or other diseases of this organ in the pediatric population. With regard to adult patients, in the literature we can find high-value descriptions of ultrasound anatomy of the larynx using high-resolution ultrasonography [13]. Ultrasound is a non-invasive, repeatable and safe diagnostic method, which has recently provided for very accurate imaging of even small structures. Furthermore, the easy availability of this examination may in the future contribute to the early diagnosis of diseases of the larynx and trachea without the need to prolong neonatal hospitalization, anaesthesia or transportation of the patient.

We plan to provide a complete ultrasound examination standard for the larynx and trachea. Initially, the study will describe the preparation of the office, the exact placement of the neonate and the examination technique that will least affect the patient's comfort. Subsequently, the focus will be placed on determining the size and mobility standards of specific parts of the larynx and trachea in neonatal populations. Additionally, we plan to prepare an examination protocol of those organs to unify the results with other future studies. The expectation is that this protocol will allow clinicians to learn about laryngeal ultrasound and will allow other researchers to perform similar studies in other pediatric populations, as well as size and mobility standards of specific parts of these organs in the neonatal population. In addition, the use of neural networks to analyze the ultrasound images obtained will provide for the development of algorithms which could become an irreplaceable tool, not only in the diagnosis of disorders, but also in predicting disorders affecting further development of a newborn.

2. Experimental Design

The design is a prospective, multi-center cohort study. The trial protocol was approved by the Bioethics Committee of the Medical University of Warsaw on 10 October 2022 (decision number KB 65/A2022) and has been registered at ClinicalTrials.gov (Identifier-NCT05636410). Once the eligibility criteria are fulfilled and written consents are obtained, the newborns will undergo an ultrasound examination according to the established protocol. After examination, the captured images will be analyzed prospectively by researchers in a computer program to collect data on the dimensions of particular structures. Additionally, data obtained from each patient will be analyzed with the use of neural networks in order to develop artificial intelligence algorithms. The study design diagram is shown in Figure 1.

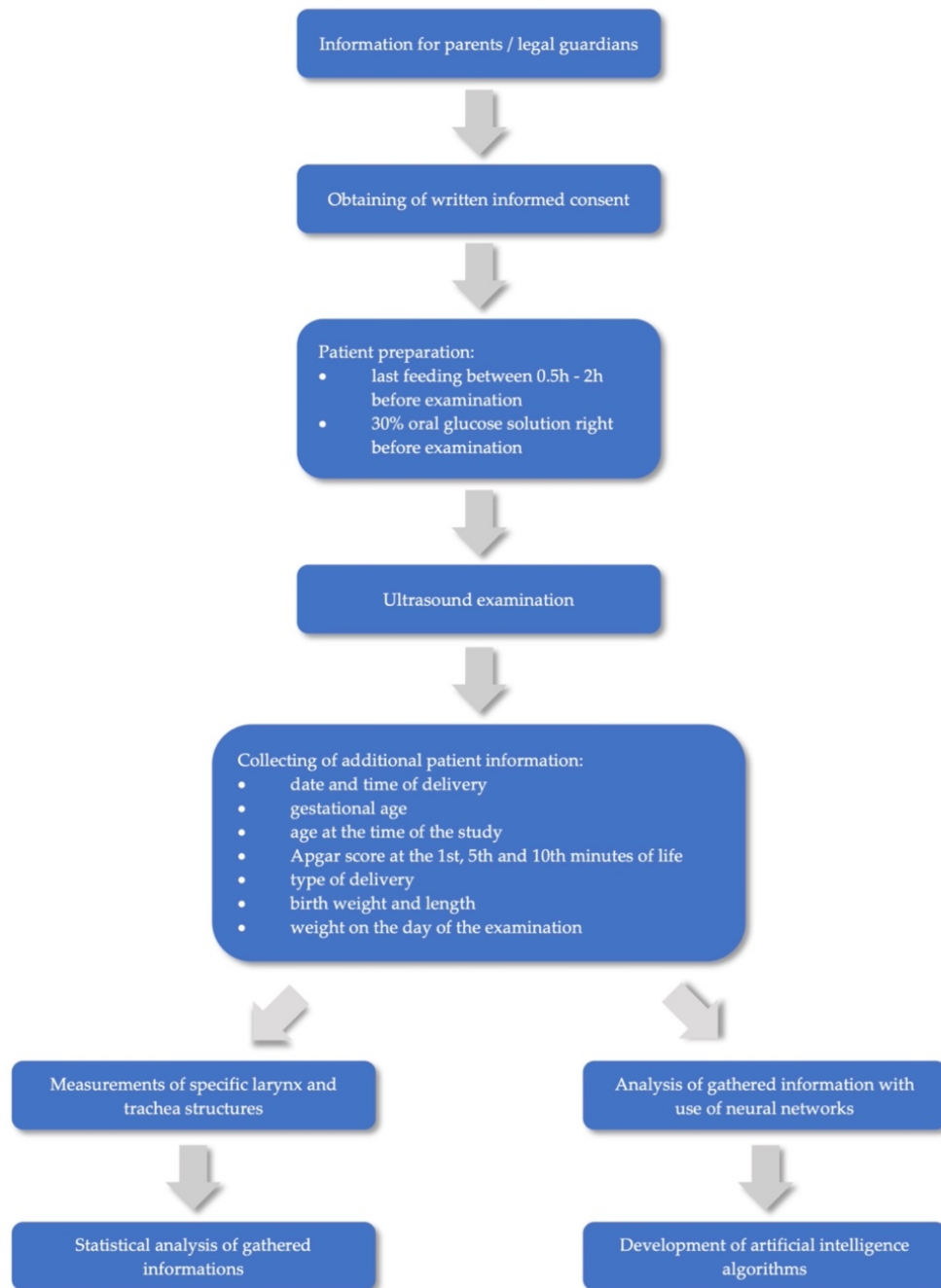


Figure 1. Study design diagram.

3. Materials and Equipment

Ultrasound examination of larynx and trachea will be performed in the Department of Neonatology and Neonatal Intensive Care at the Medical University of Warsaw and the

Department of Neonatology at Ujastek Medical Center in Cracow, in 2022–2023, in a group of three-hundred randomly selected neonates, born between 32 and 42 weeks of gestation, who are stable and do not require intubation. The examination will take place in a specially prepared ultrasound room; therefore, only stable newborns who do not require intubation will be included. Prior to that, written consent will be obtained from at least one parent prior to the examination.

Inclusion criteria:

- Gestational age ≥ 32 weeks.

Exclusion criteria:

- Gestational age < 32 weeks;
- Presence of significant congenital anomalies;
- Intubated neonate;
- Unstable neonate.

As recommended by WHO for similar research projects, a representative study group should include at least 200 study participants [14]. To improve the quality and reliability of the results, the number of participants for this study was set at 300. The calculated inter-observer and intra-observer concurrence (Kappa coefficient) will be calculated for all measurements.

The examination will be performed with high-class ultrasound machine (Philips Epiq 97G device, using the eL18-4 linear probe), using water-based, hypoallergic ultrasound gel (Aquasonic 100, Parker laboratories Inc., Fairfield, CT, USA), previously warmed to body temperature.

4. Details of the Procedure

4.1. Test Methods

Examination of the larynx and trachea will be carried out in the ultrasound room. To avoid neonate anxiety, windows will be shadowed and the ambient light will be kept low. Each time during examination, at least one parent will be able to accompany the child and make it feel comfortable. To avoid newborn anxiety, it will not be transferred to a special couch, but rather the ultrasound examination will be conducted in its crib. Prior to that, the researcher will make sure that the newborn has eaten between half and two hours before examination, and is fully calm or asleep. Right before examination, the baby will be sedated with a 30% oral glucose solution (Glux) and if a given neonate uses a pacifier, it will be removed. A small diaper roll will be placed under the newborn's shoulder blades to ensure that the head is slightly tilted back to clearly show the structures of the neck. Each time the researcher will make sure that the newborn's face and chest surface is parallel or nearly parallel so the test will not disturb its breathing (Figure A1). The study procedures will not affect neonatal and mother–infant care practices at the participating centers. The ultrasound examination will last up to 5 min or shorter in cases of newborn anxiety. At any time during ultrasound, the patient's parent will have an opportunity to interrupt it without giving a reason. In such cases, the patient will be removed from the study.

The examination will be performed using a high-class ultrasound device (Philips Epiq 7G), with the eL18-4 linear probe, using water-based, bacteriostatic and hypoallergic ultrasound gel, previously warmed in the special ultrasound gel warmer to body temperature. In every possible case, the researcher will try to use the same settings, which include most of all the highest possible frequency (18 Mhz), examination depth set at 2.5 cm, ultrasonic signal gain set between 45 and 50%, dynamic range set at 55–60, focus zone range width of about 2 cm and placed on 1 cm depth. In cases in which the images obtained with respect to single patients, using these settings, prove to be of low quality, the researcher will change them to receive the best image quality and resolution.

All ultrasound data will be gathered by doctors with at least 6 years' experience in US examinations. Every patient will receive an individual number and a three letter code (e.g., 000 XXX), that will allow the collection of anonymous data. In each case, at

least six cine loops and several still images will be collected, according to the following plan. Every cine loop will have a duration of 10 s to provide for slow movement of the probe and the most advantageous visualization of the structures under examination. The researcher will exert as little pressure as possible with the ultrasound transducer in order to best visualize individual structures, so as not to disturb the patient's comfort and not to change the anatomy of the examined structures. The first projection will show the transverse section of the medial part of the neck from the base of the tongue, through the larynx, up to the jugular notch of the sternum. This will be firstly made with a linear probe placed on the midline of the neck, with the probe angled 90 degrees to the skin and then slowly moved upward towards the tongue, and downward towards the jugular notch. During upward movement, the probe will be tilted, so that it remains at the same angle to the skin surface. This cine loop will show the general structure and position of the hyoid bone, larynx and trachea with their anatomical relationships. This image will also visualize supraglottis with preepiglottic space, as well as infrahyoid muscles on the level of hyoid bone. To obtain second and third bilateral recordings, the researcher will place the transducer parallel to each thyroid lamina angled 90 degrees to the skin and move it slowly up and down a few centimeters to show the thyroid level of the larynx. Those images (left and right sides) will show the transverse, lateral section at the level of the glottis in order to accurately visualize the laryngeal cartilages, vocal cords and structures posterior to the thyroid cartilage. Furthermore, this image will be used for the evaluation of the posterior part of the piriform recess, the interarytenoid muscles and the anatomical relationship between the larynx and esophagus. The fourth and fifth recordings will also be bilateral, obtained technically in the same way as the previous two cine loops, but only at the level of a glottis. Those images will show the transverse, lateral section applying the M-mode option, which allows for the accurate measurement of the amplitude and duration of the movement of the vocal cords. The sixth recording, also through the transverse section in the midline of the larynx, will be carried out by arranging a probe similarly to the first cine loop, but only at the glottal level. These images will document the movement and thickness of the vocal cords and the shape of the glottis while breathing. This view will also allow one to measure the thickness of the thyroid cartilage and the angle of its lamellae and to evaluate subglottic muscles. Recordings will be archived as DICOM files. After examination, the recordings will be saved to a dedicated, password-protected external drive for further processing of the images.

In every case, during further evaluation, the researcher who carried out the ultrasound examination and other researchers with at least 5 years' experience in ultrasonography will take the following measurements using the dedicated software (Horos, Nimble Co. LLC d/b/a Purview, Annapolis, MD USA):

- Width of the larynx at the level of the glottis (measurement taken in the transverse plane from the external margins of the thyroid cartilage) (Figure A2);
- Depth of the larynx at the level of the glottis (measurement taken in the transverse view from the external margin of the thyroid cartilage to the external border of the annular cartilage) (Figure A2);
- Thickness of the thyroid cartilage in the midline and on both sides transversely at the level of the glottis (in the transverse plane measurement from external margins of thyroid cartilage and vertical measurement of thyroid cartilage above the anterior commissure at the level of well-visualized arytenoid cartilages in the transverse plane) (Figure A3);
- Angle formed by the lamina of the thyroid cartilage (measurement taken in the transverse plane with two lines drawn tangentially to the thyroid laminae) (Figure A4);
- Width of the glottis during calm breathing (measured in the transverse plane with lines drawn between two medial margins of arytenoid glands when they are farthest apart during breathing) (Figure A5);
- Angle formed by the vocal cords during calm breathing, considering the opening angle of individual chords (measurement taken in the transverse plane with a line

drawn from posterior part of the anterior commissure to the medial margins of the arytenoid gland) (Figure A6);

- Surface area of the glottis during calm exhalation (in order to avoid distorting the result of measuring the glottal area using the outline of its visible borders, this measurement will be taken by calculating the area of a triangle, the basis of which will be the width of the glottis, and the height will be the depth of the glottis measured from the posterior part of the anterior commissure to the line drawn to measure glottis width, measurement taken in the transverse plane) (Figure A7);
- Thickness of the arytenoid muscle during inhalation and exhalation (measurement taken in the transverse plane in the midline from the outer surfaces of this muscle) (Figure A8);
- Thickness of the vocal cords in transverse projections, tangentially to the midline (measurement in the transverse, lateral plane, ventral and tangentially to the arytenoid cartilages) (Figure A9);
- Amplitude and duration of vocal cord movement during breathing at rest (measurement taken in the transverse, lateral plane, using M-mode as the distance between two lines drawn by the movement of the outer surface of the vocal cord—lighter than the surrounding lines);
- Width and depth of the trachea (measurement taken in the transverse plane of the longest transverse dimension of the trachea from the external edges of the tracheal cartilages and measurement of the longest depth of the trachea from the external margin of the tracheal cartilage to the outer part of the membranous wall) (Figure A10);
- Width and depth of the tracheal lumen (measurement made in the transverse plane of the longest transverse dimension and longest depth of the hypoechoic area limited by the inner edges of the tracheal cartilages and membranous wall of the trachea) (Figure A11);
- Thickness and width of the supraglottis (measurement taken in the transverse plane of the thickest and the widest visible part of the supraglottis) (Figure A12);
- Thickness of the preepiglottic space (measurement taken in the transverse plane of the thickest part) (Figure A13);
- Thickness of the infrahyoid muscles at the level of the thyroid cartilage and hyoid bone (measurement taken in the transverse view of the thickest dimension between the outer edges of thyrohyoid and sternohyoid muscles as a group of infrahyoid muscles in the transverse plane, at the level of well-visible hyoid bone and glottis) (Figure A14).

In order to reduce the variability of the results, only measurements taken from patients who are breathing calmly will be considered. Crying, anxious or heavy breathing patients will be marked and will not be included in the measurements. These patients will not be excluded from the study to determine the percentage of patients who can be examined without compromising comfort in this population.

In addition to the data obtained from the ultrasound examination, the following patient information from the medical history will be collected: date and time of delivery, gestational age, age at the time of the study, Apgar score at the 1st, 5th and 10th minutes of life, gender, type of delivery, birth weight and length, weight on the day of the examination.

During the next stage of the study, the images acquired in the ultrasound examination will be analyzed with the use of neural networks in order to develop artificial intelligence algorithms. The method of these analyses will be determined at a later date, depending on the quality and quantity of information collected.

To date, there is no established standard technique for ultrasound examination of the larynx and trachea with respect to newborns. Furthermore, at the time of designing and commencing the study, there is no reference standard that would allow one to compare the obtained results.

4.2. Analysis

Statistical analysis will be conducted using R software, version 4.2.1. or later. Norms for measurements of the larynx and trachea will be defined with the following percentiles: 5th, 10th, 25th, 50th (median), 75th, 90th and 95th. Additionally, density charts will be drafted to visualize the distribution of data for each measurement. Normality of distribution will be assessed using the Shapiro–Wilk test and based on visual assessment of histograms. Differences in each measurement between subgroups (sex, Apgar score, delivery method) will be verified using t-test and ANOVA or their non-parametric equivalents, as appropriate. Correlation analysis will be conducted between measurements of the larynx and trachea and gestational age, age at the time of the study, Apgar score at the 1st, 5th and 10th minutes of life, gender, type of delivery, birth weight and length, and weight on the day of the examination. Additionally, regression analysis (univariate and multivariate) will be used to determine the relationship between the above anthropometric measurements and measurements of the larynx and trachea.

5. Expected Results

The main aim of the study is the accurate description of the ultrasound anatomy of the larynx and trachea, as well as the establishment of an examination standard for these organs in neonatal populations. The next objective is to set reference ranges for the size of individual structures of the larynx and trachea with respect to newborns. The study also aims to develop a universal method of ultrasound assessment of the mobility of the vocal cords on dynamic examination and to determine a rule for predicting the expected size of the laryngeal and tracheal structures in relation to anthropometric measurements.

Another purpose of the study is to promote the use of a non-invasive examination, such as ultrasonography, in the diagnosis of diseases of the larynx and trachea with respect to the youngest patients. Additionally, the study will be conducted to develop artificial intelligence algorithms based on artificial neural networks, which will allow one to make larynx and trachea diagnostics easier in the future.

6. Discussion

This study will be effected subject to the following limitations. The first is the restriction of the research group to the Polish population. In order to increase the research group and increase its heterogeneity, recruitment of patients will take place in two Polish neonatal centers. The second limitation is the lack of a valid ultrasound examination standard and reference size standards for the larynx and trachea in the study population, so the obtained images and measurements may differ significantly between individual researchers. To reduce this problem, each researcher will be trained in the technique of obtaining the required images before the study begins. Furthermore, each researcher will be instructed in identification and measurement of individual trachea and larynx structures. Additionally, high-class ultrasound machines will be used to acquire the highest quality images.

To avoid bias, the ultrasound will be performed in the presence of one researcher, who will then measure the individual structures of the larynx and trachea. The other researcher's measurements will take place independently with no information about patient history and without any contact between the researchers.

To date, no detailed description of the ultrasound anatomy of the larynx and trachea in the newborn population has been published considering the norms of the measurements of individual structures of these organs. We hope that our study will contribute to the further development of this part of ultrasonography and will reduce the number of invasive procedures performed on newborns in the future.

Author Contributions: Conceptualization, L.P.; methodology, L.P.; investigation, L.P.; project administration, L.P. and R.B.; supervision, R.B.; visualization, L.P.; Writing—original draft, L.P.; Writing—review and editing, R.B. and B.M. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and approved by the Bioethics Committee of the Medical University of Warsaw (decision number KB 65/A2022, 10 October 2022).

Informed Consent Statement: Written informed consent will be obtained from parents or legal guardians before enrolment, after providing information about the methods, aims, duration, benefits, and risks of the study. Parents or legal guardians will be informed of their right to withdraw consent at any stage of the study.

Data Availability Statement: This manuscript is a study protocol. No new data was created or analyzed in this study. Data sharing is not applicable to this article.

Acknowledgments: The authors would like to thank the parents and children participating in this study and the medical, nursing, and study teams at the participating sites for their help with the study setup, recruitment, data collection, and monitoring of study data. We thank Jolanta Sabbat for linguistic and editorial assistance in preparing this manuscript. We thank Urszula Malinowska for statistical support.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

Appendix A



Figure A1. Ultrasound examination technique—patient position.

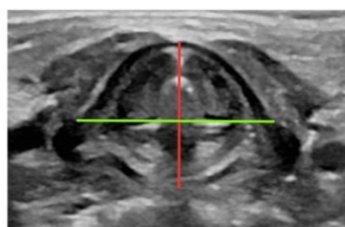


Figure A2. Measurement of the width and depth of the entire larynx at the level of the glottis.

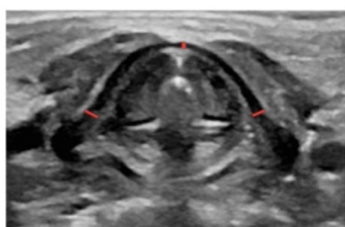


Figure A3. Measurement of the thickness of the thyroid cartilage in the midline and on both sides transversely at the level of the glottis.

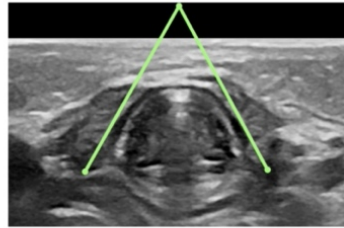


Figure A4. Measurement of the angle formed by the lamellae of the thyroid cartilage.

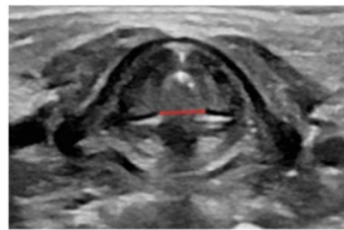
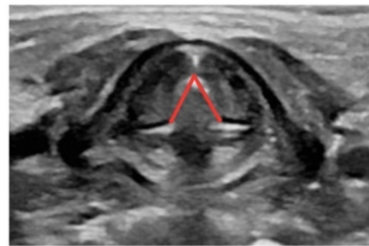
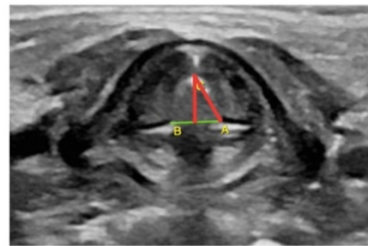


Figure A5. Measurement the width of the glottis while breathing.



(a)



(b)

Figure A6. (a) Measurement of the angle formed by the vocal cords during breathing. (b) Measurement of the opening angle of individual vocal cord.

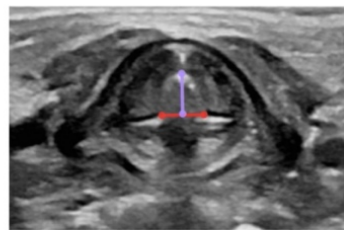


Figure A7. Measurement of the surface area of the glottis during exhalation.

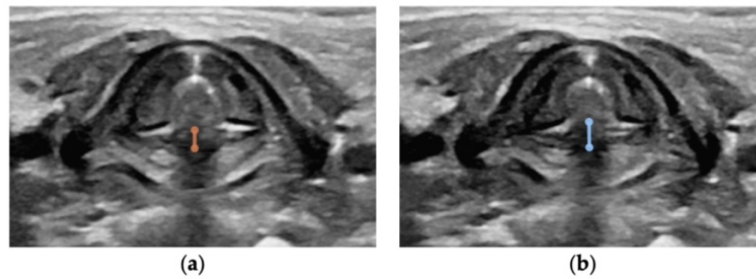


Figure A8. Measurement of the thickness of the arytenoid muscle during (a) inhalation, (b) exhalation.

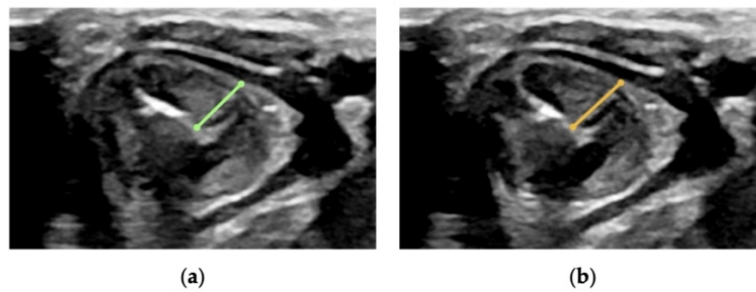


Figure A9. (a,b) Measurement of the amplitude and duration of vocal cord movement during breathing at rest.

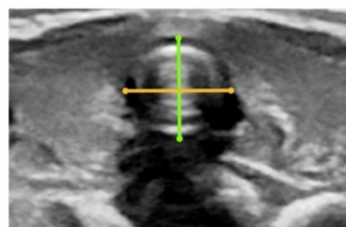


Figure A10. Measurement of the width and depth of the trachea.

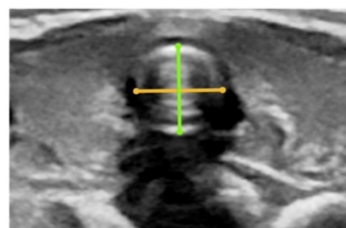


Figure A11. Measurement of the width and depth of the tracheal lumen.

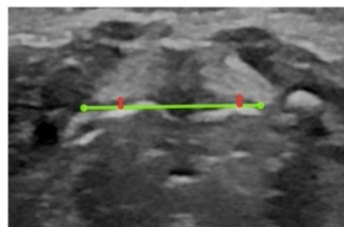


Figure A12. Measurement of the thickness and width of the supraglottis.

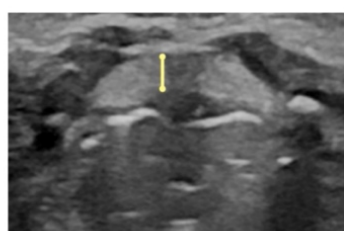


Figure A13. Measurement of the thickness of the preepiglottic space.

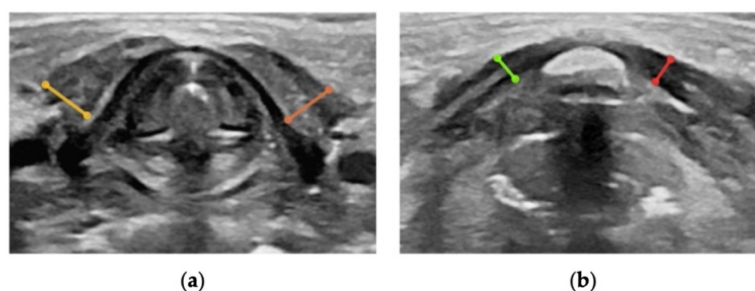


Figure A14. Measurement of the thickness of the subglottic muscles: (a) at the level of thyroid cartilage, (b) at the level of hyoid bone.

References

1. Raghavendra, B.N.; Horii, S.C.; Reede, D.L.; Rumancik, W.M.; Persky, M.; Bergeron, T. Sonographic anatomy of the larynx, with particular reference to the vocal cords. *J. Ultrasound Med.* **1987**, *6*, 225–230. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
2. Garel, C.; Hassan, M.; Legrand, I.; Elmaleh, M.; Narcy, P. Laryngeal ultrasonography in infants and children: Pathological findings. *Pediatr. Radiol.* **1991**, *21*, 164–167. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
3. Hamilton, C.E.; Su, E.; Tawfik, D.; Fernandez, E.; Veten, A.; Conlon, T.; Ginsburg, S.; Mariano, K.; Sidell, D.; Haileselassie, B. Pediatric Research Collaborative on Critical Ultrasound (PeRCCUS). Assessment of Vocal Cord Motion Using Laryngeal Ultrasound in Children: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Pediatr. Crit. Care Med.* **2021**, *22*, e532–e539. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
4. Shibasaki, M.; Nakajima, Y.; Ishii, S.; Shimizu, F.; Shime, N.; Sessler, D.I. Prediction of Pediatric Endotracheal Tube Size by Ultrasonography. *Anesthesiology* **2010**, *113*, 819–824. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
5. Huang, H.; Xia, C.; Hu, M.; Ma, T.; Zhu, Q.; Zhao, H. The Role of Laryngeal Ultrasound in Diagnosis of Infant Laryngomalacia. *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol.* **2019**, *124*, 111–115. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
6. Samprathi, M.; Baranwal, A.K.; Gupta, P.K.; Jayashree, M. Pre-extubation ultrasonographic measurement of intracricoid peritubal free space: A pilot study to predict post-extubation airway obstruction in children. *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol.* **2020**, *138*, 110348. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
7. Ongkasuwan, J.; Ocampo, E.; Tran, B. Laryngeal ultrasound and vocal fold movement in the pediatric cardiovascular intensive care unit. *Laryngoscope* **2016**, *127*, 167–172. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
8. Gathwal, C.K.; Gathwal, M.B.; Singh, K.; Singh, S.; Bhincher, S. Evaluation of ultrasonic anatomy of epiglottis and pre-epiglottic space in pre pubertal children: A tertiary hospital based prospective study. *Int. J. Contemp. Med. Surg. Radiol.* **2018**, *3*, 102–106.
9. Sever, F.; Özmert, S. Evaluation of the Relationship Between Airway Measurements with Ultrasonography and Laryngoscopy in Newborns and Infants. *Pediatr. Anesth.* **2020**, *30*, 1233–1239. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)

10. Jadcherla, S.R.; Gupta, A.; Stoner, E.; Coley, B.D.; Wiet, G.J.; Shaker, R. Correlation of Glottal Closure Using Concurrent Ultrasonography and Nasolaryngoscopy in Children: A Novel Approach to Evaluate Glottal Status. *Dysphagia* **2006**, *21*, 75–81. [CrossRef] [PubMed]
11. Shita, L.; Rypens, F.; Hassid, S.; Vermeylen, D.; Struyven, J. Sonographic demonstration of a congenital laryngeal cyst. *J. Ultrasound Med.* **1999**, *18*, 665–667. [CrossRef] [PubMed]
12. Wang, L.M.; Zhu, Q.; Ma, T.; Li, J.P.; Hu, R.; Rong, X.Y.; Xu, W.; Wang, Z.C. Value of ultrasonography in diagnosis of pediatric vocal fold paralysis. *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol.* **2011**, *75*, 1186–1190. [CrossRef] [PubMed]
13. Beale, T.; Twigg, V.M.; Horta, M.; Morley, S. High-Resolution Laryngeal US: Imaging Technique, Normal Anatomy, and Spectrum of Disease. *RadioGraphics* **2020**, *40*, 775–790. [CrossRef] [PubMed]
14. World Health Organization. WHO Expert Committee on Physical Status: The Use and Interpretation of Anthropometry (1993, Geneva, Switzerland) & World Health Organization. Physical Status: The Use of and Interpretation of Anthropometry, Report of a WHO Expert Committee. 1995. Available online: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/37003> (accessed on 1 March 2023).

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

Submitted:
16.09.2025
Accepted:
02.12.2025
Published:
31.12.2025

Ultrasound assessment of larynx and trachea in the neonatal period – analysis of correlations and percentile charts

Łukasz Piotr Paprocki¹ , Bartosz Migda² , Renata Bokinieć³ 

¹ Department of Neonatology, Chrzanów District Hospital, Poland

² Diagnostic Ultrasound Lab, Department of Pediatric Radiology, Medical University of Warsaw, Poland

³ Department of Neonatology and Intensive Care, Medical University of Warsaw, Poland

Corresponding author: Łukasz Piotr Paprocki; e-mail: lukaszpaprocki1@gmail.com

DOI: 10.15557/JoU.2025.0034

Keywords

ultrasound;
larynx;
trachea;
pediatrics;
neck

Abstract

Introduction: Assessment of the larynx and trachea presents a considerable challenge, particularly in the neonatal period, as conventional evaluation of these structures relies predominantly on invasive and uncomfortable methodologies. Ultrasonographic examination emerges as a non-invasive, readily accessible diagnostic modality that minimally compromises patient comfort. **Methods:** The investigation was designed as a prospective study. Between 2022 and 2023, ultrasonographic examinations of the larynx and trachea were performed during the first days of life in a cohort of 300 Caucasian neonates, born between 32 and 42 weeks of gestation. Measurements of the anatomical structures of the larynx, trachea, and their lumens were obtained. **Results:** Statistical analysis of the collected data examined correlations between the dimensions of the studied laryngeal and tracheal structures and the neonates' anthropometric parameters, as well as their birth age. Using a percentile regression model, centile charts were generated to illustrate the relationships between the measurements of the larynx, trachea, and their lumens and the body weight of the newborns. **Conclusion:** The findings contribute novel, previously unpublished insights into the ultrasonographic evaluation of the larynx and trachea in neonates. This publication offers an analytical account of data derived from the study, which has been registered with ClinicalTrials.gov (Identifier NCT05636410).

Introduction

Neonatal laryngeal and tracheal diagnostics often present considerable challenges, necessitating collaborative efforts among specialists across various disciplines. When a structural defect, focal lesion, or mechanical damage is suspected, diagnosis is primarily based on endoscopic examinations^(1–3). These procedures, while remarkably precise, are invasive and frequently require sedation, which can adversely affect patient comfort⁽⁴⁾. Moreover, despite their numerous advantages, access to endoscopic assessments remains substantially limited in many medical facilities.

The existing medical literature includes studies on the ultrasonographic anatomy and functional assessment of the larynx and trachea in both adults and children^(5–7). Historically, some publications described ultrasonographic imaging of the larynx and trachea in newborns for diagnosing congenital and acquired laryngeal conditions^(8–10). Attempts have also been made to compare the dimensions of the larynx with body length, head circumference, or gestational age; however, these studies were based on autopsy examinations of a small group of patients⁽¹¹⁾. Notably, none of these publications

provide measurements of individual anatomical components or relate these components to neonatal anthropometric parameters. To date, no percentile nomograms or research evaluating correlations between the sizes of specific laryngeal and tracheal structures, as measured by ultrasonography, and neonatal anthropometric data have been published.

Ultrasonography stands out as a non-invasive, widely accessible diagnostic modality that enables rapid, bedside evaluation of the larynx and trachea. Importantly, particularly in the neonatal population, ultrasound examination allows for minimal disruption to patient comfort.

This manuscript discusses the relationships between ultrasonographic measurements of the larynx, trachea, and their lumens in relation to neonatal weight, length, and gestational age. Moreover, percentile charts for the dimensions of laryngeal and tracheal structures and their lumens were constructed based on the cohort's body weight. The findings presented here are derived from data collected in a study registered at ClinicalTrials.gov (Identifier NCT05636410).

Methods

Study design

The study was designed as a prospective investigation. Ultrasonographic examinations of the larynx and trachea were performed during the first days of life in 300 stable neonates with Caucasian ethnicity born between 32 + 1/7 and 42 + 0/7 weeks of gestational age, following the completion of their postnatal adaptation. Video recordings (DICOM files) obtained during these procedures were subsequently reviewed, without participant involvement, using specialized computer software (Horos, Nimble Co LLC d/b/a Purview), where precise measurements of individual laryngeal and tracheal structures were performed. The study was approved by the Bioethics Committee of the Medical University of Warsaw (KB/65/A2022). The results presented in this manuscript constitute an analysis of data obtained from a previously published study protocol⁽¹²⁾ and represent a consecutive publication focusing on ultrasonographic diagnostics of the larynx and trachea in the neonatal period.

Setting

Ultrasonographic images analyzed in this study were collected between December 2022 and March 2023 at two neonatal centers in Poland: the Princess Anna Mazowiecka Hospital in Warsaw and the Ujastek Medical Center in Kraków. Video recordings of the examinations were reviewed post-recruitment by two experienced ultrasonographers, proficient in diagnostic ultrasonography, who performed measurements of the laryngeal and tracheal structures. These data facilitated an analysis of correlations with neonatal body weight, length, and gestational age. Furthermore, percentile reference charts were constructed for the dimensions of the larynx, trachea, and their lumens, based on these measurements in relation to neonatal weight.

Participants

Inclusion criteria for this study encompassed stable neonates born after 32 + 0/7 weeks of gestation, within the first week of life (less than 7 days old). Neonates born before the specified gestational age, exhibiting signs of congenital anomalies, and those who were intubated or deemed clinically unstable were excluded. The selection criteria aimed to assemble a diverse and representative cohort.

Variables

Ultrasonographic examinations, along with subsequent measurements of the larynx, trachea, and their lumens, were conducted in accordance with the previously published protocol⁽¹²⁾. Relationships between these measurements and the weight, body length, and gestational age of the newborns were analyzed. As part of further analysis, percentile charts depicting the dimensions of the larynx and trachea, including their lumens, were generated, considering the neonates' body weight.

Data sources / measurement

Ultrasound examinations of the larynx and trachea were performed by physicians with a minimum of six years' experience in ultrasonographic evaluation of cervical structures. Procedures took place in a dimly lit, quiet room. Each neonate was positioned supine in a neonatal bed, with a small fabric roller placed beneath the shoulder blades to align the face parallel to the chest. Prior to examination, it was ascertained that the infant had been fed between 30 minutes and 2 hours previously, and following detailed information, parenteral consent was obtained. Pacifiers were not used. In isolated cases of anxiety, 30% glucose solution was administered orally before imaging.

A Philips Epiq 5G ultrasound machine equipped with a linear probe (eL18-4) was employed. To ensure consistency and comparable image quality, standardized ultrasound settings were applied (frequency 18 MHz, examination depth 2.5 cm), with slight adjustments made as needed for individual examinations.

To maximize participant comfort, minimize procedure duration, and enhance measurement reproducibility, all ultrasound assessments adhered to a predetermined protocol. Recordings were stored in DICOM format. After data collection, measurements of individual structures of the larynx and trachea were performed using computer software (Horos, Nimble Co LLC d/b/a Purview). Figure 1 illustrates the ultrasound images of the discussed structures, along with detailed measurement techniques. Statistical analyses were performed using SAS/STAT software.

Bias

To ensure a highly diverse cohort of patients, recruitment was conducted randomly, independent of gender, gestational age, body mass, or length, beyond the established inclusion and exclusion criteria. Analysis of the ultrasound images was performed after the completion of all ultrasound examinations. The researchers responsible for measuring the specific structures of the larynx and trachea were blinded to the participants' anthropometric data at the time of measurement. Previous studies have documented considerable variability in neonatal body length measurements, influenced by both the measurement technique and the individual performing the assessment^(13–16). Consequently, this study discusses the relationships between various laryngeal and tracheal measurements and body length in newborns. However, percentile charts stratified by this parameter were not generated. The authors consider that referencing the obtained ultrasonographic measurements to potentially inaccurate neonatal length assessments could lead to misinterpretation of the results.

Study size

To assemble a sufficiently heterogeneous and sizable cohort for ultrasonographic evaluation, 300 participants were recruited. During the study planning phase, a hypothesis was proposed suggesting no differences in measurements between genders. Therefore, emphasis was not placed on recruiting comparable numbers of boys and girls. Nonetheless, the analyzed group comprised an equal number of both sexes (each with 149 participants). Due to significant statistical differences in the dimensions of various laryngeal structures between males and females, as discussed in a previous publication⁽¹⁷⁾,

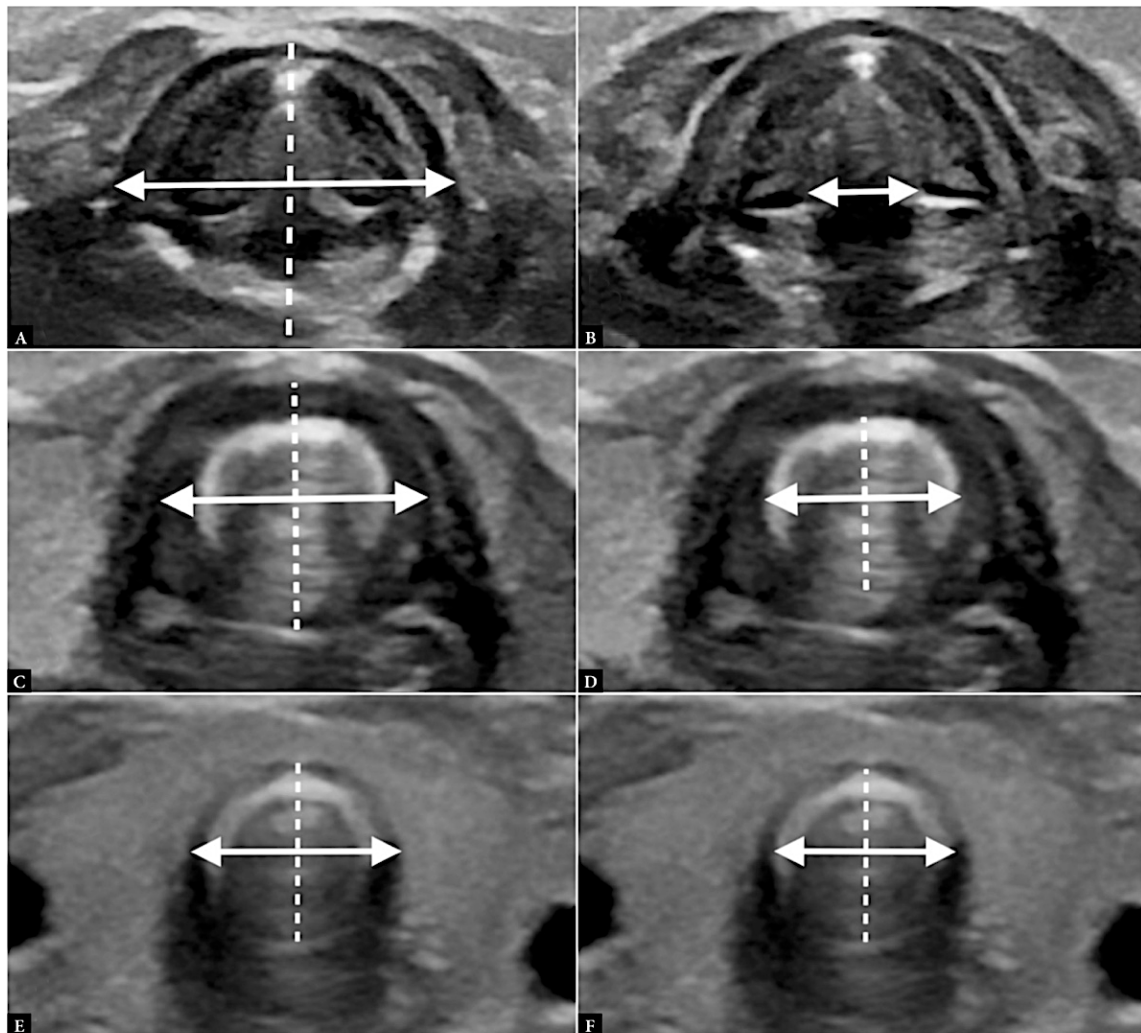


Fig. 1. Measurements of: **A.** laryngeal width (double-arrow line) – transversely from the outer borders of the thyroid cartilage at the level of the glottis; laryngeal depth (dashed line) – sagittally between the outer borders of the thyroid and annular cartilages; **B.** glottis width (double-arrow line) – between the medial borders of the arytenoid cartilages; **C.** subglottic width (double-arrow line) – transversely from the outer borders of the annular cartilage; subglottic depth (dashed line) – sagittally from the outer borders of the annular cartilage; the measurements are taken at the level of the arch of the annular cartilage. **D.** subglottic lumen width (double-arrow line) – transversely from the inner borders of the annular cartilage; subglottic lumen depth (dashed line) – sagittally medially from the inner borders of the annular cartilage; **E.** tracheal width (double-arrow line) – transversely from the outer borders of the tracheal cartilage; tracheal depth (dashed line) – sagittally from the outer border of the tracheal cartilage to the tracheal muscle membrane; **F.** tracheal lumen width (double-arrow line) – transversely from the inner borders of the tracheal cartilage; tracheal lumen depth (dashed line) – sagittally from the inner border of the tracheal cartilage to the tracheal muscle membrane

the research group was subdivided into female and male subgroups. An exception was made for the measurement of the glottic lumen width, which is addressed further in this publication.

Statistical methods

All statistical analyses were performed using the SAS/STAT software package. To evaluate the significance of differences between sexes,

the t-test, Kruskal-Wallis test, and Wilcoxon signed-rank test were applied. The Spearman rank correlation coefficient (r) was used to examine relationships between variables and anthropometric measurements. Based on existing literature⁽¹⁸⁾, correlations were classified as weak ($r < 0.3$), moderate (0.3–0.49), good (0.5–0.7), and strong ($r > 0.7$). The threshold for statistical significance was set at $p < 0.05$.

Percentile grids for assessing the distribution of selected factors were estimated empirically using a percentile regression model. Usually,

the quantile is considered a method of ordering observed values. According to Koenker⁽¹⁹⁾, a key aspect of quantile regression theory is that the problem of sorting ordered values can be converted into an optimization problem. Specifically, the objective is to minimize

$$E[\rho_{\tau}(X - \hat{x})] = (\tau - 1) \int_{-\infty}^{\hat{x}} (x - \hat{x}) dF(x) + \tau \int_{\hat{x}}^{\infty} (x - \hat{x}) dF(x)$$

where ρ_{τ} is the appropriate smoothing function. This formula determines the quantile levels of X . The quantreg procedure from the SAS/STAT rel. 15.2 system was used for implementation. Linear splines were chosen as functions $\rho_{\tau}'s$. The differences among researchers were analyzed using Bland–Altman analysis and Bablock–Passing regression, with the range of agreement defined as the mean bias of ± 2 standard deviations.

Results

Participants

A total of 300 participants meeting the inclusion criteria were initially enrolled. Due to incomplete anthropometric data, the final statistical analysis utilized data from 298 neonates. A flow diagram illustrating participants progression is presented in Figure S1.

Descriptive data

The analyzed study group comprised an equal number of females ($n = 149$) and males ($n = 149$). No statistically significant difference was observed in gestational age between sexes (mean gestational age: females $38 + 5/7$ weeks, males $38 + 6/7$ weeks, $p = 0.1$). Birth weights differed significantly based on sex ($p < 0.05$), averaging 3.182 grams for females and 3.381 grams for males. Similarly, a statistically significant but less pronounced difference was noted in body length ($p = 0.04$), with females measuring an average of 52.82 cm and males 53.62 cm. The structure of the study group is presented in Table S1. Details of the number of measurements obtained for individual structures across sexes are provided in Table 1. Missing data resulted from inadequate-quality ultrasonographic images.

Main results

Correlations of laryngeal and tracheal measurements

1. Correlations with neonatal body weight (Tab. 1A):

a) Females:

A moderate correlation was observed between body weight and laryngeal depth ($r = 0.32$, $p < 0.05$), subglottic laryngeal width ($r = 0.37$, $p < 0.05$), and subglottic lumen depth ($r = 0.34$, $p < 0.05$).

b) Males:

A good correlation was found between birth weight and subglottic laryngeal depth ($r = 0.55$, $p < 0.05$). Additionally, moderate correlations were identified between body weight and the width of the subglottic part of the larynx ($r = 0.37$, $p < 0.05$), and the width ($r = 0.33$, $p < 0.05$) as well as depth ($r = 0.34$, $p < 0.05$) of its lumen in boys. Other parameters analyzed showed weak but statistically significant associations with birth weight in both sexes.

c) The correlation between maximum glottic width across the entire research group (both sexes combined) and body weight was weak and not statistically significant ($r = 0.11$, $p = 0.06$) (Tab. 1D).

2. Correlations with neonatal body length (Tab. 1B):

a) Females:

Relationships between measured parameters and body length were weak.

b) Males:

Statistically significant correlations were observed between body length and laryngeal width and depth, as well as the width and depth of its subglottic part (respectively $r = 0.31$; 0.34 ; 0.35 ; 0.41 ; $p < 0.05$). Other parameters demonstrated weak correlations with body length.

3. Correlations with gestational age (Tab. 1C):

a) Females:

All analyzed parameters showed weak correlations with gestational age.

b) Males:

Good correlations were noted between gestational age and both laryngeal width ($r = 0.32$, $p < 0.05$) and subglottic depth ($r = 0.35$, $p < 0.05$). Other parameters showed weak but statistically significant relationships.

Percentile charts

Percentile charts for the dimensions of the larynx, trachea, and their lumens, adjusted for body weight in females and males, were generated (Fig. 2, Fig. 3). Previously published data indicated no significant sex differences in maximum glottic width (average 4.06 mm in females and 4.14 mm in males; $p = 0.24$)⁽¹⁷⁾. Therefore, the authors decided to create a percentile chart for this parameter, combining all participants into one group (Fig. 4).

Other analyses

Statistical evaluation using Bablock–Passing analysis and Bland–Altman regression, demonstrated a substantial degree of concordance between measurements obtained by the two independent researchers.

Discussion

Key findings

During the first days of life, ultrasound examinations of the larynx and trachea were performed on 300 stable Caucasian newborns. Ultimately, data obtained from 298 participants were included in the analysis, forming the basis for correlation analyses between individual measurements, body weight, body length and gestational age. Furthermore, percentile charts depicting the relationship between the sizes of the larynx, trachea, and their lumens in relation to the body weight of the newborns were also created. Results demonstrated a more pronounced dependency of these measurements on body weight than on body length in both female and male infants.

Tab. 1. Correlations between ultrasonographic measurements of the larynx and trachea and body weight (A), body length (B), and gestational age (C). Correlation between maximum glottic width and body weight, combined for females and males (D)

	Female			Male		
	n	r	p	n	r	p
A						
Laryngeal width	147	0.25	<0.05	147	0.36	<0.05
Laryngeal depth	147	0.32	<0.05	147	0.46	<0.05
Subglottic width	146	0.37	<0.05	147	0.37	<0.05
Subglottic depth	146	0.25	<0.05	147	0.55	<0.05
Subglottic lumen width	146	0.26	<0.05	147	0.33	<0.05
Subglottic lumen depth	146	0.34	<0.05	147	0.34	<0.05
Tracheal width	145	0.25	<0.05	141	0.26	<0.05
Tracheal depth	145	0.17	<0.05	141	0.24	<0.05
Tracheal lumen width	145	0.27	<0.05	141	0.26	<0.05
Tracheal lumen depth	145	0.20	<0.05	141	0.20	<0.05
B						
Laryngeal width	147	0.10	0.24	147	0.31	<0.05
Laryngeal depth	147	0.26	<0.05	147	0.34	<0.05
Subglottic width	146	0.26	<0.05	147	0.35	<0.05
Subglottic depth	146	0.21	<0.05	147	0.41	<0.05
Subglottic lumen width	146	0.30	<0.05	147	0.26	<0.05
Subglottic lumen depth	146	0.28	<0.05	147	0.27	<0.05
Tracheal width	145	0.28	<0.05	141	0.13	0.12
Tracheal depth	145	0.17	<0.05	141	0.06	0.49
Tracheal lumen width	145	0.27	<0.05	141	0.16	<0.05
Tracheal lumen depth	145	0.25	<0.05	141	0.04	0.67
C						
Laryngeal width	146	0.05	0.53	147	0.32	<0.05
Laryngeal depth	146	0.28	<0.05	147	0.24	<0.05
Subglottic width	145	0.16	0.05	147	0.22	<0.05
Subglottic depth	145	0.15	0.08	147	0.35	<0.05
Subglottic lumen width	145	0.09	0.29	147	0.20	<0.05
Subglottic lumen depth	145	0.12	0.15	147	0.21	<0.05
Tracheal width	144	0.07	0.38	141	0.09	0.28
Tracheal depth	144	0.02	0.85	141	0.14	0.09
Tracheal lumen width	144	0.14	0.10	141	0.18	<0.05
Tracheal lumen depth	144	0.12	0.17	141	0.17	0.05
D						
	Female + Male					
	n		r		p	
Maximum glottic width	289		0.11		0.06	

r – Spearman's rank correlation coefficient; n – number of measurements obtained; p – statistical significance of the correlation

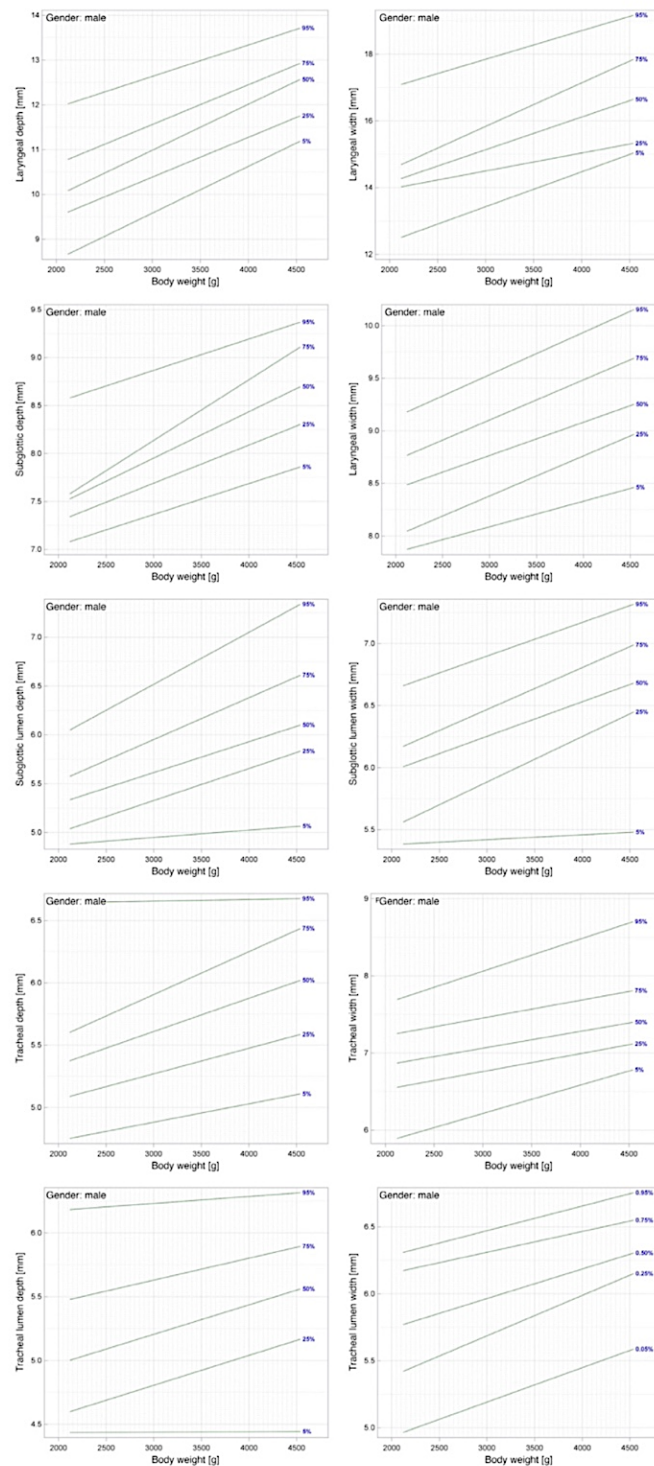


Fig. 2. Centile charts illustrating the relationship between the size of the larynx and trachea and body weight in female newborns

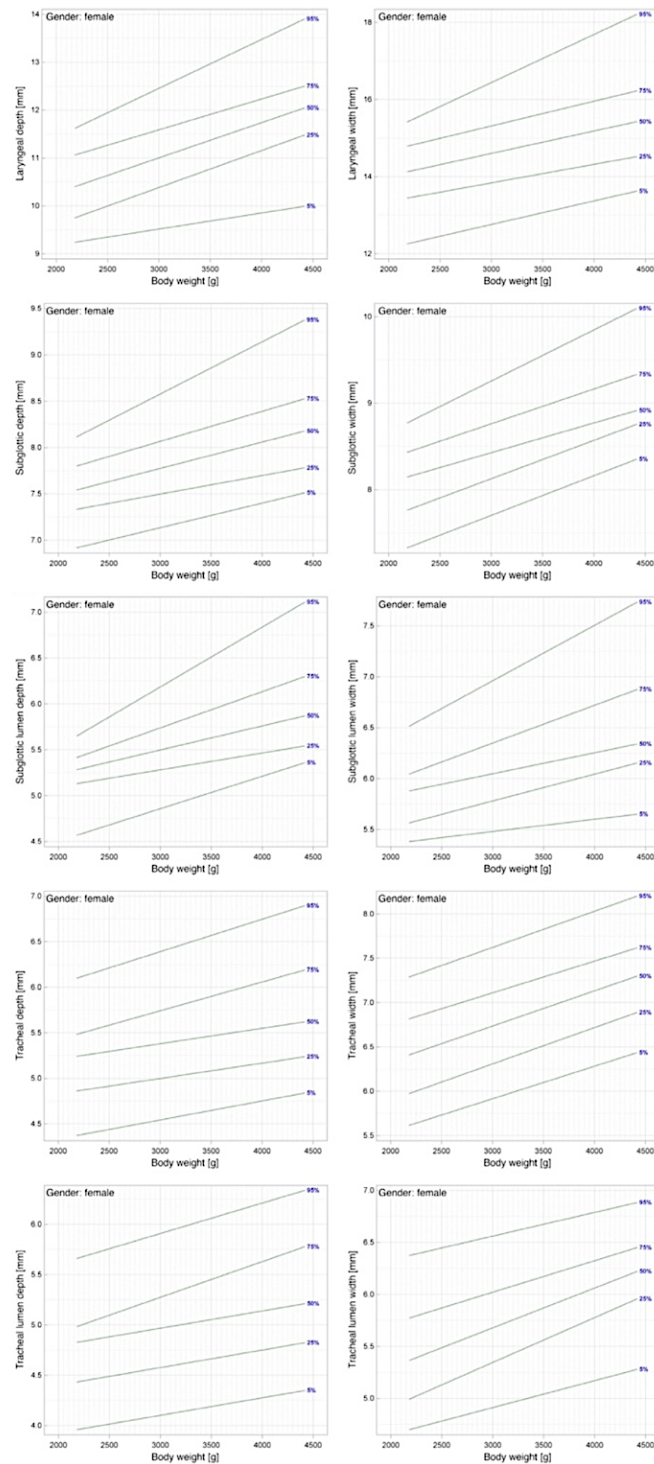


Fig. 3. Centile charts illustrating the relationship between the size of the larynx and trachea and body weight in male newborns

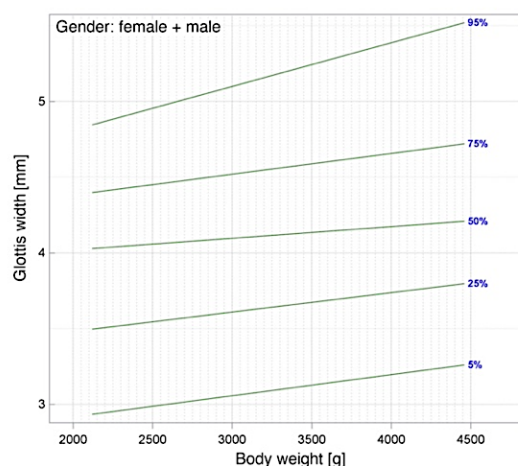


Fig. 4. Centile chart illustrating the relationship between maximum glottic width and body weight in newborns

Limitations

A notable limitation of this study is the lack of comparable literature evaluating correlations of laryngeal and tracheal dimensions in ultrasound examinations of newborns. Consequently, during imaging, utmost care was taken to adhere strictly to the pre-established protocol and to ensure measurement accuracy. Additionally, to maximize patient comfort, the duration of the ultrasonographic procedure was shortened as much as possible, and measurements were not performed during the examination itself. This approach precluded re-evaluation in cases of missing or poor-quality images. Nonetheless, data gaps were noted in only a small number of measurements. Moreover, conducting measurements in a computer program after completing patient recruitment and image acquisition allowed for the elimination of observer bias related to the assessment of neonatal anthropometric characteristics. Furthermore, the literature describes various methods for neonatal length measurement, the results of which vary significantly^(13–16). Thus, the evaluation of the relationship between measurements and body length was limited to a discussion of the obtained data. The authors decided not to publish percentile charts dependent on body length to avoid potential misinterpretation caused by inaccuracies in neonatal length measurements. In addition, the researchers decided not to create centile charts based on gestational age due to the weak and, in most cases, statistically insignificant correlations between the measurements obtained and this parameter. For the same reasons, relationships between maximum glottic width and body length and gestational age of the study group were not investigated.

Interpretation

The measurements of the larynx, trachea, and their lumens obtained from ultrasound examinations allowed for analysis of correlations

between these parameters and the anthropometric data of the newborns. Moreover, these data facilitated the creation of percentile charts illustrating the sizes of the larynx, trachea, and their lumens in relation to body weight. Despite the small size of the structures under consideration and seemingly minor differences in measurements, including a large group of healthy, stable neonates enabled a correlation analysis to be performed between the observed parameters and the anthropometric data. The results indicate a statistically significant relationship between the size of the larynx and trachea and body weight in both male and female infants.

Furthermore, the absence of clear, statistically significant relationships between laryngeal and tracheal measurements and gestational age, in relation to their body weight, is highlighted. The authors hypothesize that this finding may inform future considerations on the standardization of the intubation tube selection process for this patient population, with a particular focus on its correlation with birth weight.

As measurements of newborn length can be inaccurate depending on the technique used and the examiner's experience, and due to the weak, mostly statistically insignificant correlations between larynx and trachea measurements, the researchers decided to develop percentile charts based solely on body weight.

Considering widespread availability of ultrasound equipment in neonatal and pediatric wards, knowledge of these correlations and access to percentile charts for laryngeal and tracheal measurements, and their lumens could provide a vital foundation for the assessment of normal anatomical development of these organs. The authors believe that expanding knowledge of ultrasonography of the larynx and trachea may lead to faster, more accessible, and more targeted diagnostic procedures that minimize patient discomfort.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgements

The authors would like to express their sincere gratitude to the study participants and their parents for their invaluable contribution to the development of neonatal ultrasound, and to Ms. Anna Karwańska for her assistance in preparing the statistical data.

Author contributions

Original concept of study: LP, RB. Writing of manuscript: LP. Analysis and interpretation of data: LP, RB. Final acceptance of manuscript: RB. Collection, recording and/or compilation of data: LP, BM. Critical review of manuscript: BM, RB.

References

1. Rutter MJ: Congenital laryngeal anomalies. *Braz J Otorhinolaryngol* 2014; 80: 533–539. doi: 10.1016/j.bjorl.2014.08.001.
2. Varela P, Schweiger C: Congenital airway anomalies. *Semin Pediatr Surg* 2021; 30: 151055. doi: 10.1016/j.sempedsurg.2021.151055.
3. Srikanthan A, Scott S, Desai V, Reichert L: Neonatal airway abnormalities. *Children (Basel)* 2022; 9: 944. doi: 10.3390/children9070944.
4. Ryan MA, Upchurch PA, Senekki-Florent P: Neonatal vocal fold paralysis. *Neoreviews* 2020; 21: e308–e322. doi: 10.1542/neo.21-5-e308.
5. Friedman EM: Role of ultrasound in the assessment of vocal cord function in infants and children. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1997; 106: 199–209. doi: 10.1177/000348949710600304.
6. Mills N, Keesing M, Ali Mirjalili S, Davies-Payne D: The challenges of diagnosing paradoxical vocal fold movement in infants and the potential role for bedside ultrasound: a case report. *Am J Otolaryngol Head Neck Surg* 2022; 5: 1170.
7. Sanchez-Jacob R, Cielma TK, Mudd PA: Ultrasound of the vocal cords in infants. *Pediatr Radiol* 2022; 52: 1619–1626. doi: 10.1007/s00247-021-05235-0.
8. Friedman S, Sadot E, Gut G, Armoni Domany K, Sivan Y: Laryngeal ultrasound for the diagnosis of laryngomalacia in infants. *Pediatr Pulmonol* 2018; 53: 772–777. doi: 10.1002/ppul.23964.
9. Lee MGY, Millar J, Rose E, Jones A, Wood D, Luitingh TL *et al.*: Laryngeal ultrasound detects a high incidence of vocal cord paresis after aortic arch repair in neonates and young children. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2018; 155: 2579–2587. doi: 10.1016/j.jtcvs.2017.12.133.
10. Finnoff JT, Orbelo DM, Ekblom DC: Can ultrasound identify paradoxical vocal fold movement? A pilot study. *Clin J Sport Med* 2020; 30: e120–e123. doi: 10.1097/JSM.0000000000000641.
11. Schild JA: Relationship of laryngeal dimensions to body size and gestational age in premature neonates and small infants. *The Laryngoscope* 1984; 94: 1284–1292.
12. Paprocki Ł, Migda B, Bokinić R: Ultrasound assessment of larynx and trachea in the neonatal period, examination standard with predictive values – study protocol. *Diagnostics (Basel)* 2023; 13: 1578. doi: 10.3390/diagnostics13091578.
13. Róźdzynska-Świątkowska A, Majcher A, Helwich E, Lauterbach R, Czubak J, Socha P *et al.*: Standard wykonywania pomiaru długości ciała noworodków i niemowląt. *Standardy Medyczne Pediatria* 2024; 21: 7–9.
14. Wood AJ, Raynes-Greenow CH, Carberry AE, Jeffery HE: Neonatal length inaccuracies in clinical practice and related percentile discrepancies detected by a simple length-board. *J Paediatr Child Health* 2013; 49: 199–203. doi: 10.1111/jpc.12119.
15. Johnson TS, Engstrom JL, Haney SL, Mulcrone SL: Reliability of three length measurement techniques in term infants. *Pediatr Nurs* 1999; 25: 13–17.
16. Laar ME, Marquis GS, Lartey A, Gray-Donald K: Reliability of length measurements collected by community nurses and health volunteers in rural growth monitoring and promotion services. *BMC Health Serv Res* 2018; 18: 118. doi: 10.1186/s12913-018-2909-0.
17. Paprocki Ł, Migda B, Bokinić R: Ultrasound assessment of larynx and trachea in the neonatal period-reference values. *Eur Radiol* 2025 Jul 10. doi: 10.1007/s00330-025-11794-9.
18. Akoglu H: User's guide to correlation coefficients. *Turk J Emerg Med* 2018; 18: 91–93. doi: 10.1016/j.tjem.2018.08.001.
19. Koenker R: Quantile regression. Cambridge; New York: Cambridge University Press 2005: 6–7.

Podsumowanie i wnioski

Niniejsza rozprawa doktorska stanowi podsumowanie cyklu publikacji dotyczących ultrasonografii krtani i tchawicy w populacji noworodków. Publikacje w sposób całościowy opisują technikę badania ultrasonograficznego krtani i tchawicy, sposób pomiaru oraz normy wielkości badanych struktur, jak również stosunek ich wielkości w odniesieniu do pomiarów antropometrycznych zdrowych noworodków urodzonych pomiędzy 32. a 42. tygodniem życia płodowego.

Przeprowadzone badanie pozwoliło na wysunięcie następujących wniosków:

1. Metoda ultrasonograficzna z zastosowaniem głowicy liniowej o wysokiej częstotliwości 18 Mhz pozwala na zobrazowanie i dokonanie pomiarów poszczególnych struktur krtaniowych takich jak: szerokość i głębokość krtani, wielkość kąta tworzonego przez blaszki chrząstki tarczowatej, grubość chrząstki tarczowatej pośrodkowo oraz w częściach bocznych, grubość nagłośni oraz przestrzeni przednagłośniowej, grubość fałdów głosowych i mięśnia międzynalewkowego, szerokość, wysokość oraz powierzchnię głośni, kąt tworzony przez rozwarte fałdy głosowe, szerokość i głębokość części podgnykowej na wysokości chrząstki pierścieniowatej oraz tchawicy wraz z szerokością i głębokością ich światła, grubość mięśnia mostkowo-gnykowego i mostkowo-tarczowego na wysokości głośni i kości gnykowej szerokość i głębokość krtani, wielkość kąta tworzonego przez blaszki chrząstki tarczowatej, grubość chrząstki tarczowatej pośrodkowo oraz w częściach bocznych, grubość nagłośni oraz przestrzeni przednagłośniowej, grubość fałdów głosowych i mięśnia międzynalewkowego, szerokość, wysokość oraz powierzchnię głośni, kąt tworzony przez rozwarte fałdy głosowe, szerokość i głębokość części podgnykowej na wysokości chrząstki pierścieniowatej oraz tchawicy wraz z szerokością i głębokością ich światła, grubość mięśnia mostkowo-gnykowego i mostkowo-tarczowego na wysokości głośni i kości gnykowej w populacji noworodków.
2. Uzyskane wyniki pozwoliły na wyznaczenie pierwszych, dotychczas niepublikowanych norm wielkości struktur krtani i tchawicy w populacji noworodków.

3. Uzyskane wyniki pozwoliły na stworzenie pierwszych, jak dotąd niepublikowanych siatek centylowych opisujących wielkość struktur krtaniowych noworodka.
4. Badanie ultrasonograficzne krtani i tchawicy może stanowić łatwo dostępną, bezpieczną metodę diagnostyczną tych narządów, wywierającą niewielki wpływ na komfort noworodka.

Według najlepszej wiedzy autora niniejszej rozprawy dotychczas nie opublikowano wyników podobnych badań w sposób całościowy opisujących badanie ultrasonograficzne krtani i tchawicy w wieku noworodkowym. w związku z tym, autor żywi ogromną nadzieję, iż prezentowane wyniki wniosą istotny wkład w rozwój wiedzy dotyczącej prawidłowego obrazu ultrasonograficznego krtani i tchawicy u noworodków. Dzięki stałemu wzrostowi dostępności ultrasonografii omawiane dane mogą przyczynić się do szybszej i nieinwazyjnej diagnostyki wrodzonych oraz nabytych nieprawidłowości krtani i tchawicy w populacji noworodków.

Bibliografia

1. Rutter MJ. Congenital laryngeal anomalies. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*. 2014 Nov;80(6):533–9.
2. Lin EE, Nelson O, Isserman RS, Henderson AA, Rintoul NE, Lioy J, et al. Management of neonatal difficult airway emergencies in the delivery room. Veyckemans F, editor. *Pediatric Anesthesia*. 2020 May;30(5):544–51.
3. Isaac A, El-Hakim H. Type 1 Laryngeal Cleft and feeding and swallowing difficulties in infants and toddlers: A Review. *Clinical Otolaryngology*. 2019 Mar;44(2):107–13.
4. Varela P, Schweiger C. Congenital airway anomalies. *Seminars in Pediatric Surgery*. 2021 Jun;30(3):151055.
5. Walner DL, Loewen MS, Kimura RE. Neonatal Subglottic Stenosis—Incidence and Trends. *The Laryngoscope*. 2001 Jan;111(1):48–51.
6. Zawadzka-Głos L, Ślaczka K. Effects of post-intubation laryngeal stenosis treatment depending on the grade of stenosis. *NewMed [Internet]*. 2017 Jun [cited 2026 Jan 14];21(3). Available from: <http://www.czytelniamedyczna.pl/6116,effects-of-postintubation-laryngeal-stenosis-treatment-depending-on-the-grade-of.html>
7. Bray D, Cavalli L, Eze N, Mills N, Hartley BEJ. Dysphonia secondary to traumatic avulsion of the vocal fold in infants. *J Laryngol Otol*. 2010 Nov;124(11):1229–33.

8. Ryan MA, Upchurch PA, Senekki-Florent P. Neonatal Vocal Fold Paralysis. *NeoReviews*. 2020 May 1;21(5):e308–22.
9. Varela P, Schweiger C. Congenital airway anomalies. *Seminars in Pediatric Surgery*. 2021 Jun;30(3):151055.
10. Ayari S, Aubertin G, Girschig H, Van Den Abbeele T, Mondain M. Pathophysiology and diagnostic approach to laryngomalacia in infants. *European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases*. 2012 Oct;129(5):257–63.
11. Elders BBLJ, Hermelijn SM, Tiddens HAWM, Pullens B, Wielopolski PA, Ciet P. Magnetic resonance imaging of the larynx in the pediatric population: A systematic review. *Pediatric Pulmonology*. 2019 Apr;54(4):478–86.
12. Jabłońska-Jesionowska M, Zawadzka-Głos L. Diagnostic difficulties in children with iatrogenic vocal cord paralysis in the material of the Department of Pediatric Otolaryngology of the Medical University of Warsaw. *New Med* [Internet]. 2018 Mar [cited 2026 Jan 17];22(1). Available from: <http://www.czytelniamedyczna.pl/6406,diagnostic-difficulties-in-children-with-iatrogenic-vocal-cord-paralysis-in-the.html>
13. Hudgins PA, Siegel J, Jacobs I, Abramowsky CR. The normal pediatric larynx on CT and MR. *AJNR Am J Neuroradiol*. 1997 Feb;18(2):239–45.
14. Federica Tosi, Giorgio Conti, Rossano Festa. Safety and effectiveness of deep sedation in pediatric patients undergoing flexible fibroscopy in spontaneous breathing. *SV*. 2021;17(4):60–5.
15. Heesters V, Dekker J, Panneflek TJ, Kuypers KL, Hooper SB, Visser R, et al. The vocal cords are predominantly closed in preterm infants <30 weeks gestation during transition after birth; an observational study. *Resuscitation*. 2024 Jan;194:110053.
16. Nikki Mills, Melissa Keesing, Seyed Ali Mirjalili, David Davies-Payne. The Challenges of Diagnosing Paradoxical Vocal Fold Movement in Infants and the Potential Role for Bedside Ultrasound: A Case Report. *Am J Otolaryngol Head Neck Surg*. 2022 Jan 14;Volume 5(Issue 1):Article 1170.
17. Sanchez-Jacob R, Cielma TK, Mudd PA. Ultrasound of the vocal cords in infants. *Pediatr Radiol*. 2022 Aug;52(9):1619–26.
18. Kenny L, McIntosh A, Jardine K, Suna J, Versluis K, Slee N, et al. Vocal cord dysfunction after pediatric cardiac surgery: A prospective implementation study. *JTCVS Open*. 2022 Sep;11:398–411.
19. Oulego-Erroz I, Terroba-Seara S, Alonso-Quintela P, Benavent-Torres R, Castro-Vecino PD, Martínez-Saez De Jubera J. Bedside Airway Ultrasound in the Evaluation of Neonatal Stridor. *The Journal of Pediatrics*. 2020 Dec;227:321–3.
20. Friedman S, Sadot E, Gut G, Armoni Domany K, Sivan Y. Laryngeal ultrasound for the diagnosis of laryngomalacia in infants. *Pediatric Pulmonology*. 2018 Jun;53(6):772–7.

21. Gurun E, Ozturk M, Akdulum I. Letter to the Editor: Neonatal laryngeal and tracheal ultrasound: normative data or measurement variability. *Eur Radiol.* 2025 Oct 23;36(1):433–4.
22. Chen Y, Maksym G, Brown T, Deng L. Determination of glottic opening fluctuation by a new method based on nasopharyngoscopy. *Chin J Physiol.* 2013 Feb 28;56(1):52–7.

Opinia Komisji Bioetycznej



Komisja Bioetyczna przy Warszawskim Uniwersytecie Medycznym

Tel.: 022/ 57 - 20 -303
Fax: 022/ 57 - 20 -165

ul. Żwirki i Wigury nr 61
02-091 Warszawa

e-mail: komisja.bioetyczna@wum.edu.pl
www.komisja-bioetyczna.wum.edu.pl

KB/²⁴...../2022

Komisja Bioetyczna przy Warszawskim Uniwersytecie Medycznym
w dniu 21 lutego 2022 r. po zapoznaniu się z wnioskiem

Dr hab. n. med. Renata Bokiniec
Klinika Neonatologii i Intensywnej Terapii Noworodka WUM
Ul. Karowa 2, 00-315 Warszawa

dotyczącym: wyrażenia opinii w sprawie badania pt. "Ocena ultrasonograficzna krtani i tchawicy w wieku noworodkowym."

- Badanie może być prowadzone wyłącznie w okresie obowiązywania polisy ubezpieczeniowej.

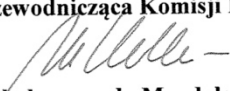
wyraża następującą opinię

- stwierdza, że jest ono dopuszczalne i zgodne z zasadami naukowo-etycznymi*.
- stwierdza, że jest ono niedopuszczalne i niezgodne z zasadami naukowo-etycznymi.*

Uwagi Komisji – *verte*

Komisja działa na podstawie art.29 ustawy z dnia 5.12.1996r. o zawodzie lekarza /Dz.U.nr 28/97 poz.152 wraz z późn.zm./, zarządzenia MZiOS z dn.11.05.1999r. w sprawie szczegółowych zasad powoływania i finansowania oraz trybu działania komisji bioetycznych /Dz.U.nr 47 poz.480/, Ustawy prawo farmaceutyczne z dnia 6 września 2001r. (Dz.U.Nr 126, poz. 1381 z późn. zm.) oraz Zarządzenie nr 56/2007 z dnia 15 października 2007r. w sprawie działania Komisji Bioetycznej przy Warszawskim Uniwersytecie Medycznym /Regulamin Komisji Bioetycznej przy Warszawskim Uniwersytecie Medycznym/.
Komisja działa zgodnie z zasadami GCP .

Przewodnicząca Komisji Bioetycznej


Prof. dr hab. n. med. Magdalena Kuźma-Kozakiewicz

*niepotrzebne skreślić

strona podpisowa do uchwały Komisji Bioetycznej przy Warszawskim
Uniwersytecie Medycznym nr KB/.....²⁴..... z dnia 21 lutego 2022r.

1. Prof. dr hab. n.med. Magdalena Kuźma –Kozakiewicz

2. Dr hab. n. med. Tomasz Grzela

3. Dr hab. n. med. Andrea Horvath-Stolarczyk

4. Dr hab. n. med. Urszula Ambroziak

5. Dr hab. n.med. Maciej Siński

6. Dr hab. n. farm. Sylwia Flis

7. Prof. dr hab.n.med Tomasz Jakimowicz

8. Dr n. med. Leszek Kraj

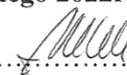
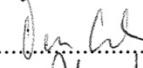
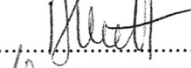
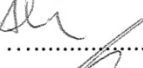
9.Mec. Danuta Lewandowska

10. Dr n .farm. Agata Maciejczyk

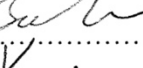
11. Dr hab. n.med. Barbara Grzechocińska

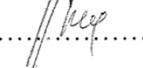
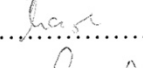
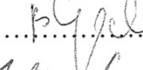
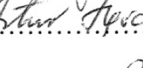
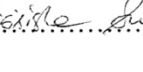
12. Dr n. med. Artur Hącia OP

13. Mgr Anna Jasińska


.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



Komisja Bioetyczna przy Warszawskim Uniwersytecie Medycznym

Tel.: 022/ 57 - 20 -303
Fax: 022/ 57 - 20 -165

ul. Żwirki i Wigury nr 61
02-091 Warszawa

e-mail: komisja.bioetyczna@wum.edu.pl
www.komisja-bioetyczna.wum.edu.pl

KB/ 65 /A2022

Komisja Bioetyczna przy Warszawskim Uniwersytecie Medycznym
w dniu 10 października 2022 r. po zapoznaniu się z wnioskiem:

Dr hab. n. med. Renata Bokiniec
Klinika Neonatologii i Intensywnej Terapii Noworodka WUM
Ul. Karowa 2, 00-315 Warszawa

dotyczącym: akceptacji dokumentacji obejmujących:

- Program badania, wersja 2 z dnia 30.09.2022 r.
 - Informacja dla Rodziców/Opiekunów Prawnych wraz z Formularzem Świadomej Zgody wersja 2 z dnia 30.09.2022 r.
- do badania pt. "Ocena ultrasonograficzna krtani i tchawicy w wieku noworodkowym."

wyraża następującą opinie

- stwierdza, że są one dopuszczalne i zgodne z zasadami naukowo-etycznymi*.
- ~~— stwierdza, że są one niedopuszczalne i niezgodne z zasadami naukowo-etycznymi.*~~

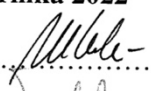
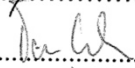
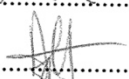
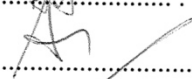
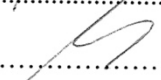
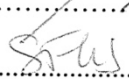
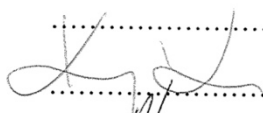
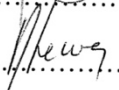
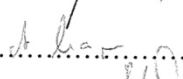
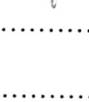
Komisja działa na podstawie art.29 ustawy z dnia 5.12.1996r. o zawodzie lekarza /Dz.U.nr 28/97 poz.152 wraz z późn.zm./, zarządzenia MZiOS z dn.11.05.1999r. w sprawie szczegółowych zasad powoływania i finansowania oraz trybu działania komisji bioetycznych /Dz.U.nr 47 poz.480/, Ustawy prawo farmaceutyczne z dnia 6 września 2001r. (Dz.U.Nr 126, poz. 1381 z późn. zm.) oraz Zarządzenie nr 56/2007 z dnia 15 października 2007r. w sprawie działania Komisji Bioetycznej przy Warszawskim Uniwersytecie Medycznym /Regulamin Komisji Bioetycznej przy Warszawskim Uniwersytecie Medycznym/.
Komisja działa zgodnie z zasadami GCP .

Przewodniczący Komisji Bioetycznej

Prof. dr/hab. n.med. Magdalena Kuźma-Kozakiewicz

*niepotrzebne skreślić

**strona podpisowa do uchwały Komisji Bioetycznej przy Warszawskim
Uniwersytecie Medycznym nr KB/.....^{651A} z dnia 10 października 2022**

- | | |
|--|--|
| 1. Prof. dr hab. n.med. Magdalena Kuźma –Kozakiewicz | ..... |
 |
| 2. Dr hab. n. med. Tomasz Grzela | ..... |
 |
| 3. Dr hab. n. med. Andrea Horvath-Stolarczyk | ..... |
 |
| 4. Dr hab. n. med. Urszula Ambroziak | ..... |
 |
| 5. Dr hab. n.med. Maciej Siński | ..... |
 |
| 6. Dr hab. n. farm. Sylwia Flis | ..... |
 |
| 7. Prof. dr hab.n.med Tomasz Jakimowicz | ..... |
 |
| 8. Dr n. med. Leszek Kraj | ..... |
 |
| 9.Mec. Danuta Lewandowska | ..... |
 |
| 10. Dr n .farm. Agata Maciejczyk | ..... |
 |
| 11. Dr hab. n.med. Barbara Grzechocińska | ..... |
 |
| 12. Dr n. med. Artur Hącia OP | ..... |
| 13. Mgr Anna Jasińska | ..... |

Oświadczenia współautorów publikacji

Warszawa, 07.02.2026 r.

Prof. dr hab. n. med. Renata Bokinić

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. **“Ultrasound assessment of the larynx and trachea in the neonatal period. Examination standard with predictive values. Study protocol”**, oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi: współudział w opracowaniu koncepcji i metodologii badania, finansowanie manuskryptu, współudział w pisaniu, edycji oraz korekcie ostatecznej wersji tekstu artykułu, akceptacja ostatecznej wersji artykułu.

Mój udział procentowy w przygotowaniu publikacji określam jako 35%

Wkład Łukasza Paprockiego w powstawanie publikacji określam jako 55%, obejmował on: przegląd piśmiennictwa, przygotowanie koncepcji i metodologii badania, napisanie pierwszej wersji artykułu, sprawdzenie ostatecznej wersji artykułu.

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Łukasza Paprockiego.

Kierownik Kliniki Neonatologii i
Intensywnej Terapii Noworodków
Renata Bokinić
prof. dr hab. n. med. Renata Bokinić

(podpis oświadczającego)

Warszawa, 07.02.2026 r.

Prof. dr hab. n. med. Renata Bokiniec

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. **“Ultrasound Assessment of Larynx and Trachea in the Neonatal Period - Reference Values”**, oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi: udział w opracowaniu metodologii, nadzór merytoryczny nad przeprowadzonym badaniem, udział w analizie danych i interpretacji wyników, edycja oraz korekta ostatecznej wersji tekstu artykułu.

Mój udział procentowy w przygotowaniu publikacji określam jako 30%

Wkład Łukasza Paprockiego w powstawanie publikacji określam jako 55%,

obejmował on: przygotowanie koncepcji i metodologii badania, przeprowadzenie badania, analizę danych, interpretację wyników, napisanie pierwszej wersji artykułu, sprawdzenie ostatecznej wersji artykułu.

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Łukasza Paprockiego.

Kierownik Kliniki Neonatologii i
Intensywnej Terapii Noworodka

prof. dr hab. n. med. Renata Bokiniec

(podpis oświadczającego)

Warszawa, 07.02.2026 r.

Prof. dr hab. n. med. Renata Bokinić

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. “ **Ultrasound assessment of larynx and trachea in the neonatal period – analysis of correlations and percentile charts**”, oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi: udział w opracowaniu koncepcji i metodologii badania, analizie i interpretacji danych, edycji oraz korekcie ostatecznej wersji artykułu.

Mój udział procentowy w przygotowaniu publikacji określam jako 30%

Wkład Łukasza Paprockiego w powstawanie publikacji określam jako 55%,

obejmował on: przygotowanie koncepcji i metodologii badania, przeprowadzenie badania, analizę danych, interpretację wyników, napisanie pierwszej wersji artykułu, sprawdzenie ostatecznej wersji artykułu.

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Łukasza Paprockiego.

Kierownik Kliniki Neonatologii i
Intensywnej Terapii Noworodka
Renata Bokinić
prof. dr hab. n. med. Renata Bokinić

(podpis oświadczającego)

Warszawa, 07.02.2026 r.

Prof. dr hab. n. med. Renata Bokiniec

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. “ **Reply to the Letter to the Editor: Neonatal Laryngeal and Tracheal Ultrasound--Normative Data or Measurement Variability**”, oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi: edycja i akceptacja ostatecznej wersji tekstu artykułu.

Mój udział procentowy w przygotowaniu publikacji określam jako 5%

Wkład Łukasza Paprockiego w powstawanie publikacji określam jako 90%,

obejmował on: przegląd piśmiennictwa, napisanie pierwszej wersji artykułu, sprawdzenie ostatecznej wersji artykułu.

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Łukasza Paprockiego.

Kierownik Kliniki Neonatologii i
Intensywnej Terapii Noworodka
Renata Bokiniec
prof. dr hab. n. med. Renata Bokiniec...

(podpis oświadczającego)

Warszawa, 07.02.2026 r.

Dr hab. n. med. Bartosz Migda

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. **“Ultrasound assessment of the larynx and trachea in the neonatal period. Examination standard with predictive values. Study protocol”**, oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi: edycja oraz korekta ostatecznej wersji tekstu artykułu.

Mój udział procentowy w przygotowaniu publikacji określłam jako 10%.

Wkład Łukasza Paprockiego w powstawanie publikacji określłam jako 55%, obejmował on: przegląd piśmiennictwa, przygotowanie koncepcji i metodologii badania, napisanie pierwszej wersji artykułu, sprawdzenie ostatecznej wersji artykułu.

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Łukasza Paprockiego.



.....
(podpis oświadczającego)

Warszawa, 07.02.2026 r.

Dr hab. n. med. Bartosz Migda

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. **“Ultrasound Assessment of Larynx and Trachea in the Neonatal Period - Reference Values”**, oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi: udział w opracowaniu metodologii i przeprowadzeniu badania, udział w analizie danych, edycja oraz korekta ostatecznej wersji artykułu.

Mój udział procentowy w przygotowaniu publikacji określam jako 15%.

Wkład Łukasza Paprockiego w powstawanie publikacji określam jako 55%, obejmował on: przygotowanie koncepcji i metodologii badania, przeprowadzenie badania, analizę danych, interpretację wyników, napisanie pierwszej wersji artykułu, sprawdzenie ostatecznej wersji artykułu.

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Łukasza Paprockiego.

 **PODPIS ZAUFANY**
Bartosz
MIGDA
08.02.2026 10:29:16 GMT+1
Dokument podpisany elektronicznie
podpisem zaufanym

(podpis oświadczającego)

Warszawa, 07.02.2026 r.

Dr hab. n. med. Bartosz Migda

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. “ **Ultrasound assessment of larynx and trachea in the neonatal period – analysis of correlations and percentile charts**”, oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi: udział w opracowaniu metodologii badania, udział w przeprowadzeniu badania, analizie i interpretacji danych, korekcie ostatecznej wersji artykułu.

Mój udział procentowy w przygotowaniu publikacji określłam jako 15%

Wkład Łukasza Paprockiego w powstawanie publikacji określłam jako 55%,

obejmował on: przygotowanie koncepcji i metodologii badania, przeprowadzenie badania, analizę danych, interpretację wyników, napisanie pierwszej wersji artykułu, sprawdzenie ostatecznej wersji artykułu.

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Łukasza Paprockiego.



.....
(podpis oświadczającego)

Warszawa, 07.02.2026 r.

Dr hab. n. med. Bartosz Migda

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. **“Reply to the Letter to the Editor: Neonatal Laryngeal and Tracheal Ultrasound--Normative Data or Measurement Variability”**, oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi: edycja oraz korekta ostatecznej wersji tekstu artykułu.

Mój udział procentowy w przygotowaniu publikacji określam jako 5%.

Wkład Łukasza Paprockiego w powstawanie publikacji określam jako 90%, obejmował on: przegląd piśmiennictwa, napisanie pierwszej wersji artykułu, sprawdzenie ostatecznej wersji artykułu.

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Łukasza Paprockiego.



.....
(podpis oświadczającego)