

GDAŃSKI UNIWERSYTET MEDYCZNY

Magdalena Kryger

Obraz ultrasonograficzny płuc u noworodków.
Lung ultrasound assessment in newborns.

Gdańsk 2016

Wydano za zgodą
Dziekana Wydziału Lekarskiego

Katedra i Klinika Pediatrii, Hematologii i Onkologii
Gdański Uniwersytet Medyczny

Promotor: **dr hab.n.med. Wojciech Kosiak**

Medical University of Gdańsk 2016

SPIS TREŚCI

WYKAZ STOSOWANYCH SKRÓTÓW	6
1. WSTĘP	8
1.1. WPROWADZENIE	8
1.2. PŁUCA: ROZWÓJ W ŻYCIU PŁODOWYM I ZMIANY ADAPTACYJNIE ZACHODZĄCE PO URODZENIU	9
1.2.1. EMBRIOGENEZA	9
1.2.2. PŁUCO JAKO NARZĄD WYDZIELNICZY	9
1.2.3. ZMIANY ADAPTACYJNE, PIERWSZY ODDECH	10
1.3. CECHY UKŁADU ODDECHOWEGO NOWORODKA	11
1.4. RYS HISTORYCZNY PRZEZKLATKOWEGO ULTRASONOGRAFICZNEGO BADANIA PŁUC (PUBP)	12
1.4.1. PUBP U DOROSŁYCH	12
1.4.2. PUBP U DZIECI	13
1.5. DIAGNOSTYKA ULTRASONOGRAFICZNA PŁUC – PODSTAWY OBRAZOWANIA	13
1.5.1. WYMAGANIA SPRZĘTOWE – APARAT ULTRASONOGRAFICZNY	15
1.5.2. WYMAGANIA SPRZĘTOWE – GŁOWICE ULTRASONOGRAFICZNE	15
1.5.3. TECHNIKA BADANIA	16
1.6. PUBP – OBRAZ PRAWIDŁOWY	16
1.7. PUBP – OBRAZ NIEPRAWIDŁOWY	21
1.8. PUBP U NOWORODKÓW	25
1.8.1. DLACZEGO WARTO WYKONYWAĆ PUBP?	25
1.8.2. PUBP U NOWORODKÓW, RYS HISTORYCZNY	26
1.8.3. PARADOKS PUBP U NOWORODKÓW	27
1.9. PODSUMOWANIE	27
2. CEL PRACY	30
3. PACJENCI I METODA	31
3.1. CHARAKTERYSTYKA GRUPY BADANEJ	31
3.2. METODYKA BADAŃ	33
3.2.1. PUBP – TECHNIKA BADANIA I ANALIZA OBRAZU USG	33
3.3. ANALIZA STATYSTYCZNA	35
4. WYNIKI	36
4.1. OCENA PODSTAWOWYCH PARAMETRÓW PUBP	36
4.2. OCENA ARTEFAKTÓW LINII I ORAZ LINII Z	36
4.2.1. OCENA ARTEFAKTÓW LINII B, WL I KONSOLIDACJI	37
4.2.2. PODSUMOWANIE	41

4.3.	OCENA OBRAZU PŁUC U NOWORODKA W ZALEŻNOŚCI OD: MASY CIAŁA, DOBY ŻYCIA, W KTÓREJ PRZEPROWADZONO BADANIE, PŁCI ORAZ PŁYNU OWODNIOWEGO	45
4.3.1.	ZALEŻNOŚĆ PUBP OD PŁCI.....	45
4.3.2.	OBRAZ PŁUC W PUBP W ZALEŻNOŚCI OD RODZAJU PŁYNU OWODNIOWEGO.....	49
4.3.3.	OBRAZ PŁUC W PUBP W ZALEŻNOŚCI OD MASY URODZENIOWEJ	56
4.3.4.	OBRAZ PUBP NOWORODKA W ZALEŻNOŚCI OD DOBY ŻYCIA DZIECKA, W KTÓREJ WKONANO BADANIE	57
4.3.5.	OBRAZ USG PŁUC W ZALEŻNOŚCI OD GODZINY ŻYCIA, W KTOREJ WYKONANO BADANIE (W PRZYPADKU DZIECI BADANYCH W PIERWSZEJ DOBIE ŻYCIA)	62
4.3.6.	OMÓWIENIE.....	67
4.4.	ANALIZA OBRAZU ULTRASONOGRAFICZNEGO PŁUC – BADANIE KONTROLNE.....	72
4.4.1.	ANALIZA OBJAWÓW DYNAMICZNYCH I STATYCZNYCH CHARAKTERYSTYCZNYCH DLA PRAWDŁOWEGO PUBP (DEFINICJA DOTYCZĄCA DOROSŁYCH I DZIECI) PORÓWNANIE BADANIA WSTĘPNEGO I KONTROLNEGO 74	
4.4.2.	ANALIZA ARTEFAKTÓW LINII I ORAZ LINII Z: PORÓWNANIE BADANIA WSTĘPNEGO I KONTROLNEGO 77	
4.4.3.	ANALIZA ARTEFAKTÓW LINII $B \geq 6$, LINII B CONF, WL I KONSOLIDACJI: PORÓWNANIE BADANA WSTĘPNEGO I KONTROLNEGO	81
4.4.4.	OMÓWIENIE.....	85
5.	DYSKUSJA	88
5.1.	WPROWADZENIE	88
5.2.	OBRAZ ULTRASONOGRAFICZNY PŁUC W BADANEJ GRUPIE PACJENTÓW	89
5.2.1.	OBRAZ PŁUC U NOWORODKÓW W PIERWSZYCH TRZECH DOBACH ŻYCIA – BADANIE WSTĘPNE (NR 1)	89
5.2.2.	OCENA ZMIENNOŚCI OBRAZU PUBP.....	91
5.2.3.	OBRAZ PŁUC U NOWORODKÓW W BADANIU KONTROLNYM (NR 2).....	92
5.2.4.	OGRANICZENIA	93
6.	WNIOSKI	94
7.	STRESZCZENIE	95
7.1.	ABSTRACT	98
8.	PIŚMIENNICTWO	101

WYKAZ STOSOWANYCH SKRÓTÓW

ALARA	<i>As low as reasonably achievable</i> / na najniższym, rozsądnie osiągalnym poziomie
ALL	<i>Acute lymphoblastic leukemia</i> / ostra białaczka limfoblastyczna
ARDS	<i>Acute respiratory distress syndrome</i> / ostry zespół niewydolności oddechowej
B-mode	<i>Brightness mode</i> / dwuwymiarowe obrazowanie ultrasonograficzne w skali szarości
CD	<i>Color doppler</i> / obrazowanie dopplerowskie kodowane kolorem
E-FAST	<i>Extended focus assesment with sonography for trauma</i> / rozszerzona ultrasonograficzna ocena pacjenta po urazie
FRC	<i>Functional Residual Capacity</i> / Czynnościowa pojemność zalegająca
ICRP	<i>International Commission on Radiological Protection</i> / Międzynarodowej Komisji Ochrony Radiologicznej
LA 1	<i>Left anterior upper lung field</i> / płuco lewe pole przednie górne
LA 2	<i>Left anterior medium lung field</i> / płuco lewe pole przednie środkowe
LA 3	<i>Left anterior lower lung field</i> / płuco lewe pole przednie dolne
LP 1	<i>Left posterior upper lung field</i> / płuco lewe pole tylne górne
LP 2	<i>Left posterior medium lung field</i> / płuco lewe pole tylne środkowe
LP 3	<i>Left posterior lower lung field</i> / płuco lewe pole tylne dolne
LUS	<i>Lung ultrasound examination</i> /ultrasonograficzne badanie płuc
NRDS	<i>Neonatal Respiratory Distress Syndrome</i> / Noworodkowy zespół niewydolności oddechowej
PD	<i>Power Doppler</i> / doppler mocy
PUBP	Przezklatkowe ultrasonograficzne badanie płuc
RA 1	<i>Right anterior upper lung field</i> /płuco prawe pole przednie górne
RA 2	<i>Right anterior medium lung field</i> /płuco prawe pole przednie środkowe
RDS	<i>Respiratory distress syndrome</i> / zespół niewydolności oddechowej
RP 1	<i>Right posterior upper lung field</i> /płuco prawe pole tylne górne
RP 2	<i>Right posterior medium lung field</i> /płuco lewe pole tylne środkowe
RP 3	<i>Right posterior lower lung field</i> / płuco prawe pole tylne dolne
RTG	Badanie rentgenowskie
SD	<i>Standard deviation</i> / odchylenie standardowe
TK	tomografia komputerowa

TTN	<i>Transient tachypnea of newborn/</i> przejściowe zaburzenia oddychania u noworodków
USG	Badanie ultrasonograficzne
WL	<i>White lung/</i> białe płuco
WHO	<i>World Human Organisation/</i> Światowa Organizacja Zdrowia

1. WSTĘP

1.1. WPROWADZENIE

Zaburzenia układu oddechowego są częstą przyczyną hospitalizacji noworodków. Obecnie podstawową metodą diagnostyczną chorób układu oddechowego u dzieci jest badanie rentgenowskie klatki piersiowej (RTG), a w przypadku wątpliwości diagnostycznych kolejnym etapem jest tomografia komputerowa (TK). Jednakże badania te mogą mieć potencjalnie niekorzystny wpływ na rozwijający się organizm.

Informacje na temat związku między wzrostem liczby wykonywanych badań rentgenowskich z podwyższonym ryzykiem późniejszego rozwoju: ostrej białaczki limfoblastycznej, chłoniaków (ziarnicznych i nieziarnicznych) czy nowotworów mózgu w populacji pediatrycznej, dostępne są już od 1994 roku [1-3].

Powyższe dane są jednym z powodów dla których, głównym założeniem współczesnej radiologii pediatrycznej jest redukcja dawki promieniowania jonizującego [4]. Równocześnie prowadzone są poszukiwania nowych, nieinwazyjnych metod diagnostycznych, pozbawionych niekorzystnego promieniowania rentgenowskiego, które można wykorzystać w populacji pediatrycznej, ze szczególnym uwzględnieniem obrazowania płuc. Kryteria te może spełniać przezklatkowe ultrasonograficzne badanie płuc (PUBP). Badanie to jest od niedawna wykorzystywane w ocenie płuc u dorosłych i u dzieci. Ma wiele zalet, aczkolwiek nie zyskało jeszcze pełnej akceptacji klinicystów, zarówno pediatrów jak i neonatologów.

1.2. PŁUCA: ROZWÓJ W ŻYCIU PŁODOWYM I ZMIANY ADAPTACYJNIE ZACHODZĄCE PO URODZENIU

1.2.1. EMBRIOGENEZA

W okresie życia płodowego płuca rozwijają się za równo pod względem ilościowym, jak i przechodzą przez określone fazy rozwoju jakościowego. Płuca rozwijają się z uchyłka brzusznej ściany prajelita przedniego w 3 tygodniu życia zarodka. Wyróżnia się 5 faz rozwoju morfologicznego płuc [5]:

Faza embrionalna (4-7 tydzień ciąży): rozwijają się i różnicują zawiązki dróg oddechowych pochodzenia endodermalnego. Na rusztowaniu dróg oddechowych formują się elementy pochodzenia mezenchymalnego: mięśnie gładkie, chrząstki, tkanka łączna, naczynia krwionośne i chłonne.

Faza rzekomogruczołowa (8-16 tydzień ciąży): tworzy się nieoddechowa część płuc, które swoim wyglądem przypominają twór gruczołowy. Następuje rozwój oskrzeli, który kończy się około 18 tygodnia ciąży. Oskrzela są jeszcze ślepo zakończone i nieprzystosowane do wymiany oddechowej. Zaczyna różnicować się nabłonek oddechowy. W tym czasie powstaje także przepona. Między 15 a 16 tygodniem życia płodowego widoczne już są ruchy oddechowe płodu.

Faza kanalikowa (17-27 tydzień ciąży): powstają najprostsze jednostki wymiany gazowej. Zmienia się morfologia komórek wyściełających oskrzela oraz następuje znaczne poszerzenie sieci naczyń krwionośnych, między 20 a 22 tygodniem ciąży następuje zróżnicowanie komórek nabłonka na I i II typ pneumocytów.

Faza woreczkowa (28-35 tydzień ciąży): płuco zatracca swój kanalikowy wygląd, następuje spłaszczenie komórek nabłonka oraz formowanie woreczków końcowych. W okresie 24 do 28 tygodnia życia płodowego pojawiają się w oskrzelikach przestrzenie powietrzne wyłożone pneumocytami II typu produkującymi surfaktant zwany także czynnikiem niedodmowym.

Faza pęcherzykowa (>36 tydzień ciąży): dochodzi do przebudowy oskrzelików końcowych; ulegają one wydłużeniu tworząc oskrzeliki oddechowe kończące się gronkami pęcherzykowymi. Dopiero w tej fazie możliwa jest właściwa wymiana gazowa.

Do pełnego rozwoju pęcherzyków płucnych dochodzi dopiero po urodzeniu [6].

1.2.2. PŁUCO JAKO NARZĄD WYDZIELNICZY

W czasie życia wewnątrzmacicznego płuca płodu nie uczestniczą w wymianie gazowej, ich rolę pełni łożysko dostarczając płodowi tlen i usuwając dwutlenek węgla. Płuca płodu są narządem wydzielniczym [7], wypełnione są płynem płucnym [5]. Odgrywa on ważną rolę w rozwoju płuc, warunkując ich

prawidłowy wzrost w okresie płodowym. Niedobór płynu płucnego prowadzi do hipoplazji płuc [8].

Płyn produkowany jest w sposób ciągły przez komórki nabłonka pneumocytów typu I. Szacuje się, że wytwarzany jest w objętości: między 135 a 180 ml/kg/dzień [9], co odpowiada od 2 do 5 ml/kg/godz. Zakłada się, że jego objętość u donoszonego noworodka bezpośrednio przed urodzeniem wynosi 30 ml/kg, czyli jest podobna lub nieco większa w porównaniu do mierzonej po urodzeniu czynnościowej objętości zalegającej (FRC – ang. *Functional Residual Capacity*) [10, 11]. Objętość płynu w płucach jest regulowana przez: wspomnianą wyżej jego ciągłą produkcję, receptory rozciągowe płuc, wypływ płynu z dróg oddechowych (w kierunku dogłowym) oraz dużą, przywiezioną nagłośnię ograniczającą wypływ płynu [9, 12].

Skład chemiczny płynu płucnego różni się do płynu owodniowego wyższym stężeniem substancji powierzchniowo czynnych i niższym stężeniem dwutlenku węgla i białek [9].

1.2.3. ZMIANY ADAPTACYJNE, PIERWSZY ODDECH

W okresie płodowym w płucach zachodzi wiele zmian morfologicznych, których celem jest wykształcenie pęcherzyków płucnych zdolnych do wymiany gazowej. Przed porodem, komórki nabłonka pneumocytów typu I pod wpływem steroidów przestają wydzielać płyn płucny [9], ponadto, rozpoczyna się proces oczyszczania, w którym płyn (podczas ruchów oddechowych płodu) jest usuwany przez tchawicę (przepływ w kierunku dogłowym).

Podczas porodu w organizmie płodu uwalniają się duże ilości adrenaliny, co powoduje, że pneumocyty typu I zaczynają absorbować płyn, w wyniku aktywacji kanałów sodowych znajdujących się w ściankach naczyń. Ponadto podczas porodu skurcze macicy ograniczają przestrzeń wewnątrzmaciczną, płód przyjmuje pozycję przymusową, zwiększa się ciśnienie w klatce piersiowej, co powoduje mechaniczne usunięcie płynu z płuc (około 10% płynu) [13].

Rozpoczęcie oddychania to pierwsza, najważniejsza funkcja życiowa noworodka bezpośrednio po urodzeniu. Następuje zmiana wymiany gazowej z łożyskowej na płucną z towarzyszącą zmianą wentylacji z płynowej na gazową. Przed rozpoczęciem samodzielnego oddychania muszą być spełnione następujące warunki:

- prawidłowo rozwinięty układ nerwowy z wrażliwym ośrodkiem oddechowym i sprawnymi drogami przewodzącymi bodźce,
- dojrzałe morfologicznie i czynnościowo płuca z prawidłową zawartością surfaktantu i prawidłowo rozwiniętą siecią naczyń włosowatych,
- wydolny układ sercowo – naczyniowy,
- układ mięśniowy wrażliwy na bodźce oddechowe.

Przy pierwszym oddechu dochodzi do rozprężenia klatki piersiowej, wytworzenia ujemnego ciśnienia w jamie opłucnej, rozprężenia płuc i

upowietrznienia pęcherzyków płucnych. Równocześnie dochodzi do otwarcia łożyska naczyniowego i zwiększenia przepływu krwi z prawej części serca do płuc. W kolejnych etapach powinien zamknąć się otwór owalny i przewód tętniczy Botalla. Krew zaczyna krążyć w dwóch niezależnych krążeniach. Krążenie systemowe staje się obiegiem wysokooporowym, natomiast krążenie płucne niskooporowym.

Po urodzeniu, płyn nadal wypełnia płuca. Przy pierwszym oddechu do płuc wprowadzone jest około 50 ml powietrza, które miesza się z zalegającym płynem, następnie z tej objętości (50 ml) u noworodka donoszonego, około 30 ml powietrza pozostaje w płucach tworząc FRC. Wysokie ujemne ciśnienie wdechowe (20-70 cm H₂O) powoduje przemieszczenie płynu płucnego do tkanki śródmiąższowej, z której jest on sukcesywnie usuwany do naczyń krwionośnych i limfatycznych, jednak czas, w którym dochodzi do pełnego usunięcia płynu nie został jeszcze określony [13].

Upowietrznienie płuc u noworodków wzrasta stopniowo, jest to efektem, powiększania się FRC (do 3 roku życia) i spadkiem objętości płynu płucnego. Ponadto w czasie pierwszych tygodni życia następuje intensywne alwearyzacja płuc, liczba pęcherzyków oddechowych u donoszonego noworodka wynosi około 50-150 milionów, a w ciągu pierwszych ośmiu lat życia wzrasta 5-6 krotnie[5].

1.3. CECHY UKŁADU ODDECHOWEGO NOWORODKA

Układ oddechowy noworodka różni się od układu oddechowego dzieci starszych czy osób dorosłych. Wynika to z odrębności anatomiczno czynnościowych.

Noworodek oddycha wyłącznie przez nos. Język i nagłośnia noworodka są duże, w efekcie zgięcie głowy do przodu może spowodować zamknięcie nagłośni. Krtań jest przesunięta bardziej dogłowowo i do przodu, chrząstka tarczowata zamyka znaczną część dróg oddechowych, co zwiększa opór płucny w przypadku obrzęku lub zakażenia.

Tchawica jest wąska (około 6 mm średnicy), bardzo podatna, łatwo ulega zamknięciu przy nadmiernym zgięciu lub odchyleniu głowy. Pęcherzyki płucne mają zdolność do znacznego zwiększania pojemności, co wpływa na zmniejszanie ubocznej cyrkulacji powietrza oraz tendencję do wzrostu „ucieczki” gazów oddechowych. Odległość między pęcherzykami płucnymi, a siecią naczyń włosowatych jest zwiększona, co wywołuje zmniejszenie powierzchni wymiany gazowej. Naczynia płucne są bardzo wrażliwe na działanie czynników wywołujących skurcz (jak niedotlenienie, kwasica, wzrost CO₂), co łatwo prowadzi do wzrostu oporu naczyniowego.

Ściana klatki piersiowej noworodka jest nadmiernie podatna. Wpływ na to ma wiotkość żeber, a ich poziome ułożenie, zwiększa wymiar przednio-tylny. Niedojrzałość mięśni oddechowych, powoduje, że przy wzroście wysiłku

oddechowego, łatwo dochodzi do ich wyczerpania. Obniżona i specyficzna reakcja na wzrost PaCO₂ i obniżenia PaO₂ jest przyczyną złej tolerancji niedotlenienia i napadów bezdechu [6].

1.4. RYS HISTORYCZNY PRZEZKLATKOWEGO ULTRASONOGRAFICZNEGO BADANIA PŁUC (PUPB)

1.4.1. PUPB U DOROSŁYCH

Do niedawna badanie ultrasonograficzne płuc, jako metoda diagnostyczna, uważane było za nieprzydatne [14]. Przekonanie to wynikało z zasad fizyki. W warunkach prawidłowych uwidocznienie narządów położonych wewnątrz klatki piersiowej nie jest możliwe, ze względu na obecność powietrza w płucach, które uniemożliwia transmisję ultradźwięków w głębsze struktury, powodując prawie całkowite odbicie i rozproszenie emitowanych fal [15]. W efekcie zamiast mięszu płuca, widoczne są artefakty, to właśnie ich interpretacja jest podstawą w ocenie prawidłowo upowietrzonego płuca.

Inaczej sytuacja przedstawia się, gdy dochodzi do spadku upowietrzenia płuc np.: zmiany zapalne, anomalie rozwojowe (sekwestracja płuca) czy nowotwory, wówczas mięsz płuca ma inną (wyższą w porównaniu do powietrza) wartość impedancji akustycznej (co umożliwia transmisję fal ultradźwiękowych) [16, 17].

W 1946 r. po raz pierwszy zasugerowano możliwość oceny obecności płynu w jamie opłucnowej za pomocą ultradźwięków [18]. W 1964 r. opublikowano artykuł przedstawiający możliwości diagnostyki chorób płuc za pomocą ultradźwięków [18, 19]. Joyner CR i wsp. [20] w 1967 r. oraz Grymiński J. i wsp. w 1976 r. [21] udokumentowali przydatność diagnostyki ultradźwiękowej do oceny płynu w jamie opłucnej i wykazali, że ultrasonograficzna ocena obecności płynu w jamie opłucnej, jest bardziej dokładna niż klasyczne badanie radiologiczne płuc. W kolejnych latach Joyner CR i wsp. [22] oraz Mathis G. i wsp. [23] udowodnili przydatność badania USG w diagnostyce zatorowości płucnej. Pierwsza publikacja opisująca ultrasonograficzny obraz odmy jamy opłucnej u człowieka pojawiła się w 1987 r. [24]. W 1986 r. Weinberg i wsp. [25] poszerzyli wykorzystanie diagnostyki ultrasonograficznej w zapaleniu płuc, prezentując obraz bronchogramu powietrznego w zmianach zapalnych płuc, ale dopiero Matis G. i wsp. [26] w 1992 r. usystematyzowali diagnostykę ultrasonograficzną zapaleń płuc. Natomiast w 1994 r. po raz pierwszy zaprezentowano ultrasonograficzny obraz obrzęku płuc [27].

W kolejnych latach pojawiło się więcej publikacji, m.in. na temat możliwości wykorzystania opcji dopplerowskich w diagnostyce podopłucnowych konsolidacji [28] oraz w różnicowaniu zmian łagodnych i złośliwych [29].

Od 2004 r. zainteresowanie badaniem ultrasonograficznym płuc znacząco wzrosło ze względu na możliwości wykorzystania tej metody u pacjentów dorosłych w stanach zagrożenia życia. Kirkpatrick i wsp. [30] wprowadzili rozszerzoną diagnostykę ultrasonograficzną pacjenta po tęym urazie jamy brzusznej i klatki piersiowej – EFAST (ang. *Extended Focused Assessment with Sonography for Trauma*). EFAST jest ultrasonograficznym algorytmem diagnostycznym, umożliwiającym dodatkowo rozpoznanie obecności wysięku w jamie opłucnej i wykluczenie odmy opłucnowej. Ponadto, Lichtenstein i wsp.[31] są autorami tzw. BLUE *protocol*, który jest pierwszym ultrasonograficznym algorytmem diagnostycznym, przeznaczonym do wstępnej oceny pacjentów z niewydolnością oddechową z wykorzystaniem ultrasonograficznych artefaktów.

W 2012 r. opublikowano pierwszy konsensus grupy ekspertów z zakresu diagnostyki ultrasonograficznej płuc walidujący tę metodę w stanach nagłych, dotyczących układu oddechowego [32].

1.4.2. PUBP U DZIECI

W 1980 r. pojawiły się pierwsze informacje na temat wykorzystania ultradźwięków w diagnostyce zmian w klatce piersiowej w populacji pediatrycznej [17]. Następnie, po sześciu latach udokumentowano przydatność badania ultrasonograficznego w ocenie płynu w jamie opłucnej u dzieci [33]. W tym samym roku Schneider K. i wsp. [34] oraz Rosenberg H.K. [35] zasugerowali konieczność poszerzenia diagnostyki o badanie ultrasonograficzne, w przypadku jednostronnego zaciemnienia mięszu płuca w klasycznym badaniu RTG. W 1999 r. Schirg E. i wsp. [36] zaprezentowali możliwość obrazowania zapalenia płuc za pomocą ultradźwięków. Kosiak i wsp. [37, 38] jako pierwsi, wykazali przydatność PUBP w diagnostyce zatorowości płucnej u dzieci (2008 r.) oraz jatrogennej odmy u dzieci (2013 r.). W 2011 r. ukazała się pierwsza publikacja dotycząca diagnostyki ultrasonograficznej w ostrym zapaleniu oskrzelików u dzieci [39].

1.5. DIAGNOSTYKA ULTRASONOGRAFICZNA PŁUC – PODSTAWY OBRAZOWANIA

PUBP to ultrasonograficzna ocena płuc, opłucnej ściennej, opłucnej płucnej i przestrzeni pomiędzy tymi błonami. Jest częścią ultrasonograficznego badania klatki piersiowej w którym dodatkowo oceniamy struktury powierzchniowe ograniczające jamę klatki piersiowej, przeponę, śródpiersie i serce.

Główną zaletą tego badania jest fakt, iż jest ono pozbawione szkodliwego promieniowania jonizującego. Aktualnie, w dostępnych danych nie udokumentowano szkodliwego wpływu badania ultrasonograficznego na organizm ludzki [40, 41]. Wobec tego, badanie USG może być wielokrotnie powtarzane, umożliwiając postawienie rozpoznania, weryfikację efektów

procesu leczniczego i jego ewentualną modyfikację. PUBP można wykonać przyłożkowo, a w przypadku noworodków również, gdy dziecko przebywa w inkubatorze. Jest to ogromną zaletą tego badania, zwłaszcza w przypadku pacjentów w ciężkim stanie. Co więcej, badanie to charakteryzuje się wysoką czułością i swoistością w odniesieniu do innych metod obrazowych (Tab.1.).

Tabela 1. Porównanie czułości swoistości TK i PUBP w diagnostyce wybranych jednostek u pacjentów dorosłych [42-46].

Table 1. Comparison of CT and LUS (sensitivity and specificity) in adults in particular lung diseases.

	Czułość i swoistość TK (sensitivity and specificity CT) (%)	Czułość i swoistość PUBP (sensitivity and specificity LUS) (%)
Płyn w jamie opłucnej (Pleural effusion)	97	94
Zapalenie płuc (Pneumonia)	98	90
Zmiany śródmiąższowe (Interstitial lessions)	93	93
Odma jamy opłucnej (Pneumothorax)	96	100
Zatorowość płucna (Pulmonary embolism)	95	74

W piśmiennictwie dostępne są informacje na temat czułości i swoistości PUBP u noworodków w wybranych jednostkach chorobowych. W przypadku ostrych zespołów zaburzeń oddychania – RDS (ang. *respiratory distress syndrome*), czułość i swoistość ultrasonograficznego badania płuc wynosi 100% [47]. W przejściowym zaburzeniu oddychania – TTN (ang. *transient tachypnea of the newborn*), uzyskano 100% specyficzności i czułości PUBP [48].

Należy pamiętać, że w PUBP możemy ocenić tylko zmiany w bezpośrednim kontakcie z opłucną. W grupie pacjentów w stanie zagrożenia życia powyższe stwierdzenie nie stanowi ograniczenia metody, gdyż 98,5% zmian istotnych klinicznie ma taką lokalizację [49]. Niestety, dane te dostępne są tylko dla pacjentów dorosłych.

1.5.1. WYMAGANIA SPRZĘTOWE – APARAT ULTRASONOGRAFICZNY

Przekłatkowe ultrasonograficzne badanie płuc może być wykonane na dowolnym sprzęcie (optymalnie średniej lub wyższej klasy).

Pierwszym krokiem jest wybranie ustawień wstępnych aparatu (ang. *preset*), przeznaczonych do przekłatkowego badania płuc. Jednakże większość aparatów nie dysponuje ustawieniami wstępnymi do PUBP u noworodków. W związku z czym do badań wykorzystywane są ustawienia aparatu do badania płuc u pacjentów dorosłych, ewentualnie ustawienia do badania narządów jamy brzusznej i narządów położonych powierzchownie optymalizowane w zależności od potrzeb i preferencji badającego. PUBP, różni się od innych badań ultrasonograficznych, ponieważ podczas tego badania oceniamy artefakty. Z tego powodu, aby właściwie zinterpretować uzyskany obraz należy wyłączyć opcje redukujące artefakty. Przykłady takich opcji podano poniżej:

- Sono CT (ang. *Real-time Compound Imaging*) – czyli złożenie obrazów uzyskanych pod różnymi kątami przy jednym przyłożeniu głowicy,
- XRES (ang. *Adaptive Image Processing*) – czyli ujednoczenie sygnału w obrębie poszczególnych obszarów na podstawie dominującego wzorca,
- obrazowanie harmoniczne – umożliwia zwiększenie kontrastu między tkankami, poprzez redukcję artefaktów listków bocznych.

Inaczej jest w przypadku uwidocznienia zmian ogniskowych w miększu płuca, wówczas opcje te powinny być włączone, aby uzyskać dokładniejszy obraz zmiany. Ponadto aparat, którym wykonujemy badania powinien dysponować opcją *M-mode* oraz opcjami dopplerowskimi: doppler kodowany kolorem (CD), doppler mocy (PD) i doppler spektralny (SD).

1.5.2. WYMAGANIA SPRZĘTOWE – GŁOWICE ULTRASONOGRAFICZNE

Badanie najlepiej jest wykonywać głowicą liniową o zakresie częstotliwości 8-12 MHz. Obraz uzyskiwany jest w opcji *B-mode* (dwuwymiarowe obrazowanie ultrasonograficzne w skali szarości, w czasie rzeczywistym). Dzięki wysokiej częstotliwości uzyskujemy obrazy o wysokiej rozdzielczości, możemy dokładnie ocenić struktury ściany klatki piersiowej, opłucną i zmiany położone podopłucnowo. Ponadto możemy uwidocznić wszystkie rodzaje artefaktów. Należy jednak pamiętać, że głowica liniowa, z powodu dużej powierzchni przyłożenia, niejako wymusza przyłożenie poprzeczne, które nie jest standardowym przyłożeniem w badaniu ultrasonograficznym płuc (standardowo ocenia się przekroje podłużne dla których zostały opracowane podstawy ultrasonografii płuc u dorosłych z wykorzystaniem analizy artefaktów w badaniu głowicą typu *convex*). Należy podkreślić, że wysoka rozdzielczość uzyskiwana jest kosztem małej penetracji wiązki ultradźwiękowej, jednak w

przypadku noworodków nie jest to ograniczeniem, penetracja ultradźwięków jest wystarczająca. Do badania można również wykorzystać głowicę typu *microconvex* (o częstotliwości 5-12MHz) lub sektorową (o częstotliwości 2,5-5,0 MHz).

1.5.3. TECHNIKA BADANIA

W przypadku noworodków i niemowląt w pierwszych miesiącach życia optymalną pozycją jest pozycja leżąca na brzuchu i na plecach. W PUBP u noworodków podstawowym przyłożeniem głowicy jest położenie poprzeczne, jako konsekwencja korzystania głównie z głowicy liniowej.

Należy pamiętać o rusztowaniu klatki piersiowej (żebra, łopatki, kręgosłup), które ogranicza zasięg badania [15, 50]. Z tego powodu przystępując do badania należy wykorzystać tzw. okna akustyczne czyli miejsca przyłożenia głowicy. Okna akustyczne możemy podzielić na fizjologiczne i patologiczne:

Fizjologiczne okna akustyczne:

- przestrzenie międzyżebrowe,
- dół nadobojczykowy,
- okolica wcięcia mostka,
- narządy mięsiste: wątroba i śledziona.

Patologiczne okna akustyczne:

- obszary konsolidacji tkanki płucnej,
- płyn w jamie opłucnej,
- płyn w worku osierdziowym,
- patologiczne zmiany w śródpiersiu przylegające do ściany klatki piersiowej i opłucnej.

Ocenia się poszczególne segmenty obu płuc w przekrojach poprzecznych i podłużnych, korzystając z opcji *B-mode*. Podczas badania przy użyciu stetoskopu, ocenę płuc rozpoczyna się od osłuchiwania porównawczego, podobnie w ocenie ultrasonograficznej płuc, szczególnie w przypadku znalezienia patologii po jednej stronie (należy sprawdzić drugie płuco dokładnie na tej samej wysokości).

1.6. PUBP – OBRAZ PRAWIDŁOWY

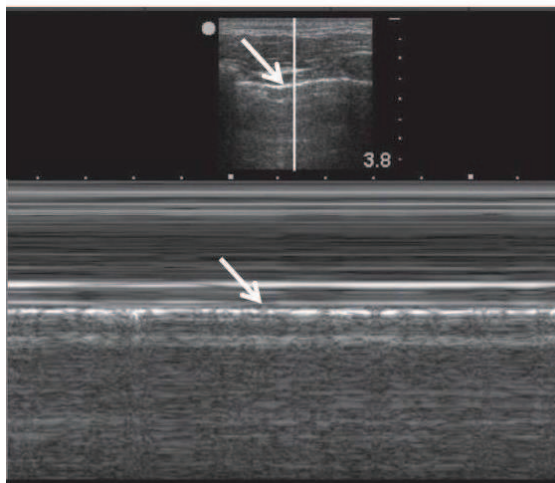
Na prawidłowy obraz ultrasonograficzny płuc u dorosłego człowieka i dziecka składają się: objawy dynamiczne i statyczne.

Objawy dynamiczne:

„Objaw ślizgania opłucnej” – to ruch opłucnej płucnej względem opłucnej ściennej (zgodnie z akcją oddechową), w opcji *B-mode* [43]. Objaw ten jest najlepiej widoczny w przypadkowych partiach płuc, dzięki ruchomości przepony, która podczas wdechu obniża się o około 2 cm [51].

W szczególnych przypadkach przy problemach z uwidocznieniem tego objawu w prezentacji *B-mode*, należy próbować udokumentować jego obecność

korzystając z opcji *M-mode*. W opcji tej prawidłowy obraz określany jest jako obraz „brzegu morskiego” (Fot. 1.) (ang. *seashore sign*). Charakteryzuje się brakiem ruchu widocznym powyżej linii opłucnej oraz jednorodnie ziarnistym wzorcem odbić poniżej tej linii.



Fot. 1. Objaw brzegu morskiego, linia opłucnej (strzałka)

Pic. 1. Seashore sign, pleural line (arrow)

Dodatkowo objaw ślizgania można wykazać używając opcji CD, wówczas widoczny jest objaw określany jako *color doppler sign*, czyli zmiana koloru związana z ruchem opłucnej [52].

Objawy statyczne: linia opłucnej, artefakty linii A, artefakty linii B (pojedyncze), objaw nietoperza, artefakty linii I i Z.

Linia opłucnej (Fot. 2.) – artefakt utworzony przez opłucną ścienną i płucną, oraz przestrzeń płynową między tymi blaszkami [36].

Artefakty linii A (Fot. 2.) – to poziome, miernie hiperechogenne linie, równoległe do linii opłucnej, powtarzające się w tej samej odległości od siebie do granicy ekranu. Odległość pomiędzy tymi poziomymi liniami odpowiada odległości pomiędzy linią opłucnej, a powierzchnią klatki piersiowej. Artefakty te powstają na linii opłucnej, są artefaktami rewerberacji, a generowane są przez obecność powietrza w mięszu płuc [53].

Artefakty linii B (Fot. 3.) – to pionowe, hiperechogeniczne linie, powstające na linii opłucnej, widoczne na całej długości ekranu i przemieszczające się zgodnie z ruchami opłucnej płucnej. Uważa się, że artefakty te generowane są przez zmianę równowagi pomiędzy objętością wody i powietrza w obrębie mięszu płucnego, wzrastająca objętość wody skutkuje pojawieniem się artefaktów linii B (artefakt powietrze-woda). Pomimo nie do końca wyjaśnionej

ich etiopatogenezy, większość autorów uznaje je za artefakty rewerberacji [54, 55].

Daniel Lichtenstein przypisał im następujące cechy (dla oceny płuc głowicą typu convex lub sektorową) [56]:

- powstają na linii opłucnej,
- są hiperechogenne i wyraźne (na całym przebiegu),
- podczas akcji oddechowej układają się jak wiązki lasera,
- widoczne są na całej długości ekranu, bez efektu zanikania,
- przemieszczają się zgodnie z akcją oddechową,
- „wymazują” artefakty linii A,
- mają charakter artefaktów ogona komety.

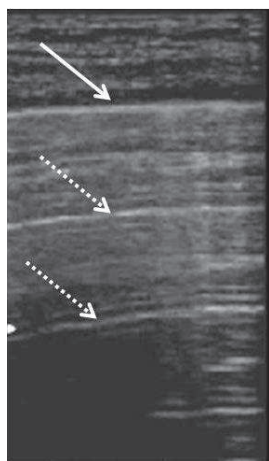
Artefakty linii B są obecne w około 27% badań, głównie w tylny-dolnych segmentach płuc [56]. Obecność do 2 artefaktów przy podłużnym położeniu głowicy, w dowolnym miejscu uznaje się za normę. W przypadku korzystania z głowicy liniowej, przy poprzecznym jej położeniu, za normę uznaje się uwidocznienie do 6 artefaktów (w dowolnym miejscu przyłożenia) [57].

Objaw nietoperza (*ang. bat sign*) (Fot. 4.) utworzony jest przez cienie akustyczne dwóch sąsiadujących ze sobą żeber (skrzydła) i znajdującą się między nimi hiperechogenną linię, która odpowiada linii opłucnej (tułów nietoperza). Linia ta widoczna jest 0,5 cm poniżej linii żeber [58]. Objaw ten uzyskuje się przy podłużnym przyłożeniu głowicy.

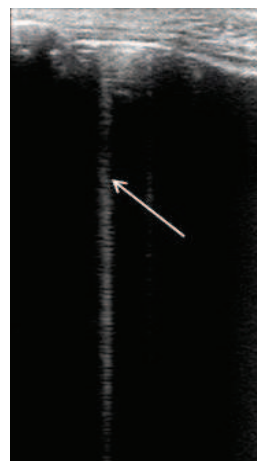
Znaczenie kliniczne poszczególnych artefaktów przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Znaczenie kliniczne poszczególnych artefaktów w PUBP
Table 2. Clinical relevance of particular artifacts in normal lung ultrasound

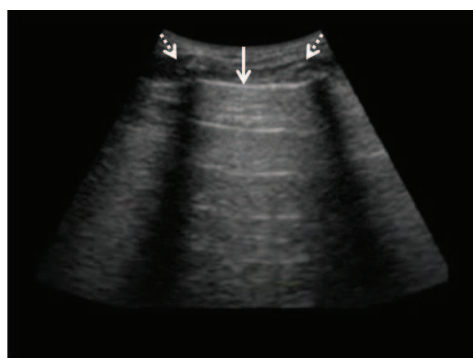
Kryteria prawidłowego PUBP <i>Lung ultrasound (LUS) findings</i>	Znaczenie kliniczne <i>Clinical relevance</i>
Objaw nietoperza <i>Bat sign</i>	Pozwala wykluczyć rozedmę podskórną <i>Rules out subcutaneous emphysema</i>
Objaw ślizgania <i>Lung sliding sign</i>	Prawidłowy obraz płuca, pozwala wykluczyć odmę jamy opłucnej i obecność zrostów opłucnej <i>Normal lung image, rules out pneumothorax or pleural adhesions</i>
Linia opłucnej <i>Pleural line</i>	Uwidocznienie tej linii, świadczy o obecności płuca poniżej <i>Visualisation of this line confirms presence of lung below</i>
Artefakty linii A <i>A line artifacts</i>	Świadczą o prawidłowym upowietrzeniu płuca, widoczne również w przypadku odmy opłucnowej <i>Confirm presence of normal, aerated lung or pneumothorax</i>



Fot. 2. Linia opłucnej (strzałka),
artefakty linii A (przerywana strzałka)
*Pic. 2. Pleural line (arrow), A line
artifacts, (dotted arrow)*



Fot. 3. Artefakt linii B
Pict. 3. B line artifact



Fot. 4. Objaw nietoperza, linia opłucnej (strzałka), żebra (przerywana strzałka)
Pic.4. Bat sign, pleural line (arrow), ribs (dotted arrow)

Artefakty linii I i Z

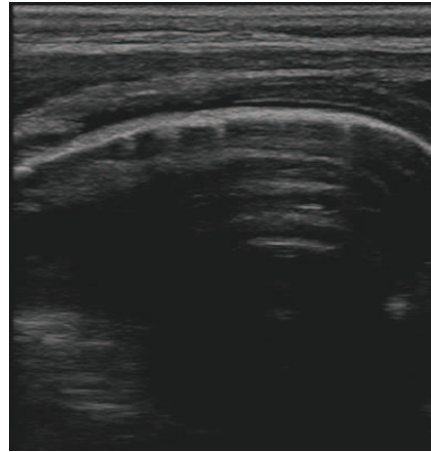
Artefakty linii Z (Fot. 5.) mają bardzo podobny obraz do artefaktów linii B. Są to pionowe hiperechogenne linie, rozpoczynające się na linii opłucnej. Różnią się od linii B tym, że kończą się w około 1/2 – 2/3 jego długości nie dochodząc do granic ekranu i nie „wymazują” artefaktów linii A. Znaczenie praktyczne obecności tego artefaktu nie jest jednoznacznie określone, lecz w pierwotnych założeniach nadano im literę Z, jako ostatnią z liter alfabetu sugerując brak znaczenia klinicznego [35]. Obecnie przyjęto, że artefakty linii Z są składową częścią obrazu prawidłowego ze względu na fakt, iż ich obecność stwierdza się w około 80% badań u pacjentów dorosłych [50].

Artefakty linii I (Fot.6.) to pionowe hiperechogenne linie o charakterze ogona komety. Powstają na linii opłucnej, mają do 1,0 cm do 3,0 cm długości, podobnie jak linie Z nie wymazują artefaktów linii A. Ich znaczenie kliniczne nie zostało jeszcze poznane [36].

Należy zaznaczyć, że powyższe dane dotyczą populacji pacjentów dorosłych. Obecnie, w dostępnym piśmiennictwie nie ma informacji na temat tych artefaktów u dzieci czy noworodków.



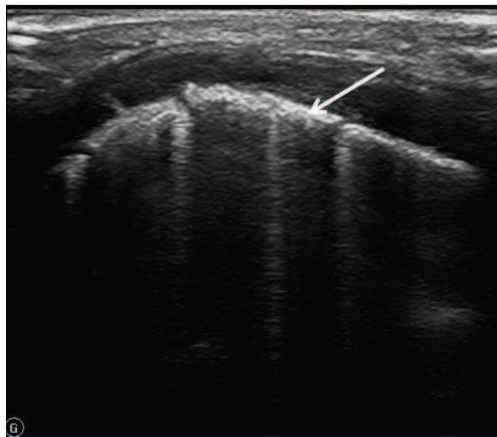
Fot. 5. Artefakt linii Z (strzałka)
Pic. 5. Z line artifact (arrow)



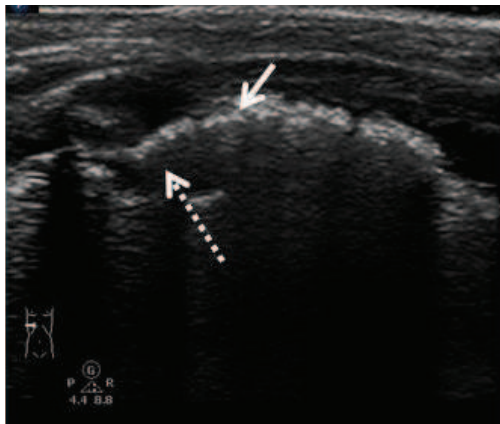
Fot. 6. Artefakty linii I
Pic. 6. I line artifacts

1.7. PUBP – OBRAZ NIEPRAWIDŁOWY

Wyznacznikami nieprawidłowego obrazu płuca w badaniu ultrasonograficznym mogą być:
- nieprawidłowości dotyczące linii opłucnej: przerwanie linii opłucnej (Fot. 7.), nieregularny jej przebieg (Fot. 8.),



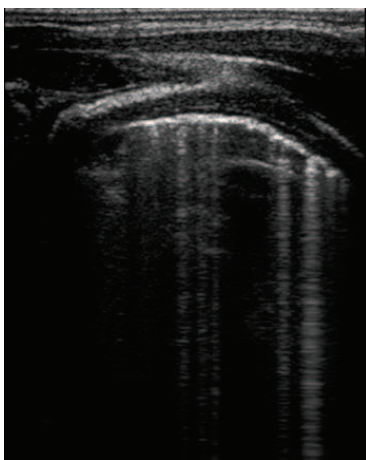
Fot. 7. Nieregularna linia opłucnej (strzałka)
Pic. 7. Irregular pleural line (arrow)



Fot. 8. Nieregularny przebieg linii opłucnej (strzałka),
konsolidacja (przerywana strzałka)

Pic 8. Irregular pleural line (arrow), consolidation (dotted arrow)

- mnogie artefakty linii B widoczne w jednym skanie: czyli ≥ 3 przy podłużnym przyłożeniu głowicy oraz ≥ 6 przy poprzecznym jej położeniu (Fot. 9.),



Fot. 9. Mnogie artefakty linii B

Pic. 9. Multiple B lines

Średnia odległość między liniami B mierzona jest na ich początku (tuż poniżej linii opłucnej) głowicą liniową lub typu *convex* [59].

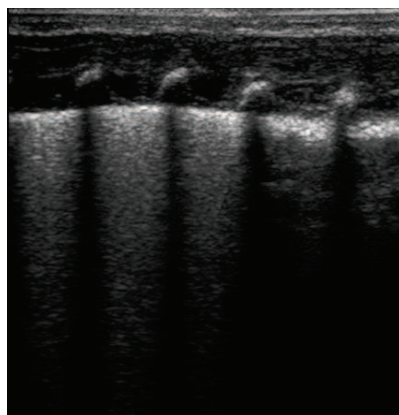
Jeśli odległość wynosi mniej niż 7 ± 1 mm to określamy jako zespół śródmiąższowy [45].

Jeśli linie B oddalone od siebie o 3 mm lub mniej, określane są jako zespoły śródmiąższowo-pęcherzykowe [47]. Taki obraz ultrasonograficzny można zinterpretować jako obrzęk przegród międzyplaciowych oraz obecność płynu w świetle pęcherzyków płucnych lub ich bezpowietrzność. Koreluje to z obrazem mlecznej szyby obserwowanym w badaniu TK [28]. W grupie pacjentów dorosłych udokumentowano, że mnogie artefakty linii B, wskazują na wzrost objętości wody pozanaczyniowej w śródmiąższu płuca [60], a liczba stwierdzanych linii B koreluje z radiologicznymi cechami obrzęku płuc [61] i ciśnieniem zaklinowania [62].

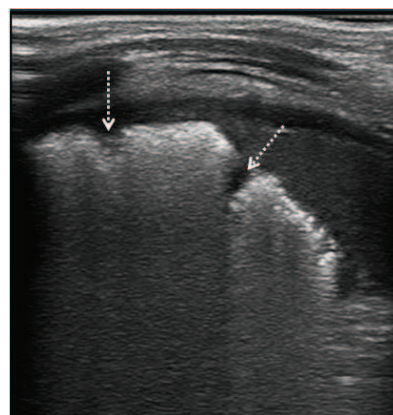
- białe płuco (Fot. 10.) to obecność zwartych linii B [47],

- konsolidacje obszary miąższu płuca o niejednorodnej echogeniczności (Fot. 11.).

W przypadku uwidocznienia konsolidacji, należy ocenić ich echogeniczność. Zakłada się, że zmiana izoechogeniczna ma echogeniczność prawidłowego miąższu wątroby, odpowiednio: hipoechogeniczna (niższa niż miąższ wątroby), hiperechogeniczna (wyższa niż miąższ wątroby). Należy również ocenić unaczynienie zmian korzystając z opcji CD i PD [63]. Ponadto w obszarach konsolidacji sprawdza się występowanie bronchogramu (powietrzny, płynowy, mieszany) i pułapek powietrznych. Bronchogram powietrzny to drobne, hiperechogenne odbicia najczęściej układające się w linijne struktury odpowiadające anatomicznemu układowi drzewa oskrzelowego.



Fot. 10. Białe płuco
Pic. 10. White lung



Fot. 11. Konsolidacje (strzałki)
Pic. 11. Consolidations (arrows)

U noworodków opisano obraz ultrasonograficzny płuc występujący w zaburzeniach układu oddechowego takich jak noworodkowy zespół niewydolności oddechowej (ang. *Neonatal respiratory distress syndrome*,

NRDS) oraz przejściowe zaburzenia oddychania (ang. *Transient tachypnea of newborn*, TTN) (Tabela 3.).

Ultrasonograficzne kryteria NRDS i TTN przedstawiono w Tab.3.

Tabela 3. Ultrasonograficzne kryteria RDS i TTN
 Table. 3. LUS in patients with RDS and TTN

Jednostka chorobowa <i>Patological condition</i>	Ultrasonograficzne kryteria rozpoznania <i>Ultrasound features</i>
NRDS	<p>Nieprawidłowości linii opłucnej, czyli jej pogrubienie (>0,5 mm), nieregularny przebieg, czy też drobne podopłucnowe konsolidacje. Obustronne występowanie białego płuca[47]. <i>Irregular or thickened pleural line (>0,5mm), small, subpleural consolidations, white lung (WL) bilaterally.</i></p>
TTN	<p><i>Double lung point:</i> mnogie artefakty linii B w dolnych polach płuc, podczas, gdy w górnych polach płuc artefakty linii B mogą być widoczne, natomiast są mniej liczne i nie przylegają do siebie. Zjawisko to obserwowane jest w obu płucach, nie zawsze występuje symetrycznie. Linia opłucnej jest prawidłowa. Double lung point zanika po około 30,5+- 7,2 godzinach, z widocznym klinicznym polepszeniem stanu pacjenta [20]. <i>Double lung point: in both lungs (symmetric or not), multiple B line artifacts in inferior fields of the lung, while these are rare in superior fields, pleural line is normal. It disappears after 30,5+- 7,5 hours).</i></p>

1.8. PUBP U NOWORODKÓW

1.8.1. DLACZEGO WARTO WYKONYWAĆ PUBP?

Podstawową metodą diagnostyczną chorób układu oddechowego u noworodków jest badanie rentgenowskie klatki piersiowej (RTG), a w przypadku wątpliwości diagnostycznych kolejnym etapem jest tomografia komputerowa (TK). Oba badania mogą mieć potencjalnie szkodliwe działanie ze względu na promieniowanie jonizujące. W dostępnych bazach danych można znaleźć informacje na temat związku wzrostu liczby wykonywanych badań RTG z podwyższonym ryzykiem zachorowania na ostrą białaczkę limfoblastyczną (ALL) [64], w szczególności ALL B komórkową [65]. Podczas badania RTG, dziecko otrzymuje dawkę promieniowania jonizującego o wartości 0,1 mSv, podczas gdy w badaniu TK dawka promieniowania wynosi 7mSv(mGy) [66]. W Wielkiej Brytanii w 2012 roku przeprowadzono retrospektywne badanie, wykazało ono że dzieci, które w badaniu TK otrzymały dawkę równą lub

większą 50 mGy, miały 3,2 - krotnie większe ryzyko zachorowania na białaczkę, a w przypadku otrzymania dawki większej lub równej 60 mGy, miały 2,8-krotnie większe ryzyko wystąpienia nowotworu mózgu [67]. W innych publikacjach wykazano, że rozwijające się organy i tkanki są bardziej wrażliwe na promieniowanie jonizujące [68]. Noworodki i dzieci urodzone przedwcześnie (<37 tygodniem ciąży) są szczególnie wrażliwe na promieniowanie jonizujące, efektem tego 2-3 krotny wzrost ryzyka rozwinięcia nowotworu w porównaniu do populacji dorosłych [56, 69].

Powyższe dane są jednym z powodów, dla których głównym założeniem współczesnej radiologii pediatrycznej jest redukcja dawki promieniowania jonizującego [4]. Według Międzynarodowej Komisji Ochrony Radiologicznej (ang. *International Commission on Radiological Protection*, ICRP) diagnostyka radiologiczna powinna być przeprowadzana w taki sposób, aby uzyskać niezbędną informację, przy wykorzystaniu możliwie jak najniższej dawki promieniowania jonizującego, co definiuje zasada ALARA (ang. *As low as reasonably achievable*) – na najniższym, rozsądnie osiągalnym poziomie [70]. Z tych powodów prowadzone są poszukiwania nowych, nieinwazyjnych metod diagnostycznych, pozbawionych promieniowania rentgenowskiego, które można by wykorzystać w populacji pediatrycznej, ze szczególnym uwzględnieniem obrazowania płuc. Tak więc PUBP wydaje się być obiecującym badaniem, które może zredukować ilość badań RTG i TK.

1.8.2. PUBP U NOWORODKÓW, RYS HISTORYCZNY

Pierwsze doniesienia na temat wykorzystania ultradźwięków w diagnostyce zmian w klatce piersiowej u noworodków pojawiły się w 1980 roku, Haller JO. i wsp. [17], wykazali przydatność PUBP w ocenie sekwestracji płuca (odłączeniu części miąższu płucnego bez połączenia z drzewem oskrzelowym, unaczynionego przetrwałym płodowym krążeniem systemowym) i obecności wolnego płynu w jamach opłucnowych. W 1990 roku opublikowany został artykuł, prezentujący wykorzystanie PUBP w zespołach zaburzeń oddychania u noworodków [71]. Avni EF. i wsp. w roku 1996, przedstawili opracowanie na temat możliwości wykorzystania ultrasonografii w przewidywaniu rozwoju przewlekłych chorób płuc u przedwcześnie urodzonych noworodków, które wymagały wentylacji mechanicznej [72]. W 2003 r. przedstawiono pierwszy opis przypadku rozpoznania odmy jamy opłucnej u noworodka za pomocą PUBP [73], a w 2004 r. ukazała się pierwsza praca o wykorzystaniu PUBP w diagnostyce dysplazji oskrzelowo-płucnej [74]. W kolejnych latach pojawiły się nowe badania na temat możliwości wykorzystania PUBP w diagnostyce noworodkowego zespołu zaburzeń oddychania (ang. *neonatal respiratory distress syndrome*, RDS) [75]. Do 2007 r. ultrasonograficzne badania płuc u noworodków były przede wszystkim wykonywane przy użyciu dwóch okien akustycznych: wątroby i śledziony, czyli oceniane były głównie dolne partie

płuc. Podejście to zmienili Copetti i wsp. [47, 48], którzy przedstawili możliwość obrazowania mięszu płuc przez przestrzenie międzyżebrowe. Praca dotyczyła wykorzystania PUBP do oceny TTN oraz RDS u noworodków. Należy podkreślić, że najwięcej prac o wykorzystaniu PUBP u noworodków dotyczy właśnie zespołu zaburzeń oddychania [76-79]. Najnowsze doniesienie o możliwościach wykorzystania PUBP pochodzi z 2015 roku i dotyczy przydatności badania w diagnostyce niedodmy u noworodków [80].

1.8.3. PARADOKS PUBP U NOWORODKÓW

Mimo licznych zalet PUBP nie zyskało jeszcze pełnej akceptacji klinicystów (neonatologów). Niezwykle istotnym jest fakt, że ultrasonografia płuc u noworodków od razu została wykorzystana do oceny stanów patologicznych układu oddechowego, najczęściej na oddziałach intensywnej terapii. Zakładano, iż obraz ultrasonograficzny płuc u zdrowych noworodków nie różni się od obrazu płuc u zdrowego dziecka czy dorosłego (porównaj rozdział 2.5.) [49].

Pierwszymi, którzy zwrócili uwagę na to jaki jest obraz płuc w PUBP u zdrowego noworodka byli Copetti i wsp. [47]. Wykazali, że w PUBP, obserwuje się nieco liczniejsze artefakty linii B, częściej po stronie prawej, a jako przyczynę sugerowali zaleganie płynu płucnego w mięszu. W 2012 roku, Raimondi F. wykorzystując usg podjął się próby oceny oczyszczania płuc z płynu (zalegającego podczas życia płodowego). Rezultatem tego badania był podział noworodków na 3 grupy w zależności od obrazu PUBP: w grupie 1 występował obraz białego płuca, w grupie 2 przewaga linii B, natomiast w grupie 3 dominowały artefakty linii A. Jednakże badanie zostało przeprowadzone na niejednorodnej grupie noworodków w trzech kolejnych dobach życia. Do badania zakwalifikowano zarówno dzieci o prawidłowej masie urodzeniowej ($\geq 2,5$ kg) jak i hipotroficzne ($< 2,5$ kg), urodzone o czasie oraz wcześniaki, urodzone siłami i drogami natury oraz cięciem cesarskim [81]. Na podstawie tej pracy trudno jednoznacznie stwierdzić jaki jest prawidłowy obraz płuca u noworodka w PUBP. Na pytanie to nie odpowiadają również inne, pojedyncze doniesienia na temat ultrasonograficznego obrazu płuc u noworodków [82-84]. W dostępnym piśmiennictwie nie znaleziono także badań oceniających zmiany obrazu PUBP w przebiegu rozwoju dziecka. Paradoks PUBP u noworodków polega na tym, iż analizowano obrazy patologiczne, nie znając obrazu prawidłowego.

1.9. PODSUMOWANIE

Okres noworodkowy to niezwykle istotny etap w życiu dziecka, podczas którego zachodzi wiele zmian adaptacyjnych. Układ oddechowy jest niedojrzały i wrażliwy na działanie czynników zewnętrznych. Zaburzenia oddychania u noworodków są częstą przyczyną hospitalizacji. Ważnym jest szybkie postawienie rozpoznania, rozpoczęcie leczenia i monitorowanie stanu pacjenta.

W przypadku metod diagnostycznych należy wybrać taką, która charakteryzuje się wysoką czułością, swoistością i jest bezpieczna. PUPB, mogłoby być pierwszym badaniem obrazowym wstępnie oceniającym układ oddechowy u noworodków, ponieważ w dużym stopniu spełnia wyżej wymienione kryteria. USG pozbawione jest potencjalnie niekorzystnego działania promieniowania jonizującego, ponadto nie udokumentowano szkodliwego działania na organizm ludzki, tak więc badanie można wielokrotnie powtarzać (oceniając efekty procesu leczniczego). Dzięki mobilności i miniaturyzacji sprzętu można je wykonać przyłóżkowo. U noworodków wykazano wysoką czułość i swoistość PUBP w ocenie TTN i RDS, świadczą o tym liczne publikacje [47-49, 83]. Minusem tej metody diagnostycznej jest fakt, że w dostępnych publikacjach nie opisano wzorca prawidłowego obrazu płuc u noworodków. Założono, że jest on taki jak u dzieci i dorosłych [85].

Jednakże zaprzecza temu wiedza na temat zmian adaptacyjnych układu oddechowego u noworodków: oczyszczanie płuc z płynu, brak dokładnych danych na temat tego, kiedy płyn zostaje w pełni usunięty ze światła pęcherzyków i śródmiąższu; mały stopień alwearyzacji płuc i niewielka pojemność zalegającego powietrza. Stąd płuca noworodka różnią się od płuc niemowląt i dzieci. Potwierdzeniem różnicy obrazu PUPB, mogą być pojedyncze doniesienia na temat ultrasonograficznego obrazu płuc u noworodka w trzech pierwszych dobach życia. Jednakże badania te zostały przeprowadzone wśród niejednorodnej grupy dzieci (termin i rodzaj porodu, masa urodzeniowa)[81]. Brak jest także badań oceniających zmiany obrazu PUBP w przebiegu rozwoju dziecka.

W dostępnym piśmiennictwie nie ma badań prezentujących prawidłowy obraz PUBP płuc w jednorodnej grupie noworodków, jak i prac oceniających wpływ zmian zachodzących w płucach między okresem okołoporodowym, a niemowlęcym na obraz PUBP. To znacznie utrudnia wykorzystanie tej metody, ponieważ w przypadku wątpliwości diagnostycznych, nie ma punktu odniesienia i wytycznych które zróżnicują stan prawidłowy od patologii.

Autorka pracy uważa, że należy uzyskać informacje na temat obrazu ultrasonograficznego płuc u zdrowych noworodków. Praca ta ma na celu ocenę płuc u jednorodnej grupy noworodków: urodzonych o czasie (>37 HBD), drogami i siłami natury w pierwszych dobach życia, z ewentualną oceną dynamiki zmian u tych samych dzieci w pierwszych miesiącach życia.

2. CEL PRACY

1. Ocena obrazu ultrasonograficznego płuc u noworodków (jednorodna grupa: urodzone o czasie, drogami i siłami natury, w stanie ogólnym dobrym, o masie urodzeniowej $\geq 2,7\text{kg}$), wykazanie ewentualnych różnic w odniesieniu do wzorca prawidłowego PUPB (u dorosłych i dzieci)
2. Ocena obrazu ultrasonograficznego płuc w tej samej grupie dzieci od pierwszych trzech dób życia do ukończenia drugiego miesiąca życia.

3. PACJENCI I METODA

3.1. CHARAKTERYSTYKA GRUPY BADANEJ

Prospektywnym badaniem ultrasonograficznym płuc (PUBP) objęto 137 noworodków urodzonych na oddziale Położniczym Powiatowego Centrum Zdrowia w Kartuzach. Wszystkie badania wykonane były przyłożkowo. Wyżej wymienione noworodki zostały ocenione przez neonatologa bezpośrednio po urodzeniu zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 23 września 2010r. (Dz.U. z dnia 7 października 2010 r.). Grupę badanych dzieci stanowiły noworodki w trzech pierwszych dobach życia, urodzone o czasie (>37 HBD), drogami i siłami natury, w stanie ogólnym dobrym (punktacja APGAR 8-10 w 1,5 i 10 minucie życia), o masie urodzeniowej powyżej 2,7 kg (>10 centyla), obojga płci.

Następnie u tych samych dzieci, gdy osiągnęły wiek w przedziale od 1 do 2 miesięcy wykonano kontrolne badanie ultrasonograficzne płuc. Badanie kontrolne wykonano u 68 dzieci (33 dzieci zbadano w pierwszym miesiącu życia, a 35 w drugim miesiącu życia) w NZOZ Centrum Medycznym Św. Łukasza w Kartuzach.

Dzieci z wadami wrodzonymi, infekcjami dróg oddechowych oraz zaburzeniami oddychania nie zostały zakwalifikowane do badania.

Rozkład płci oraz wieku ciążowego badanych dzieci został przedstawiony w tabeli 4.

Tabela 4. Charakterystyka grupy badanej
Table 4. Characteristics of studied group

	Liczba pacjentów <i>Number of patients</i>	Wiek ciążowy ^a <i>Gestation week</i>	Płeć n (%) <i>Sex</i>	
			Męska <i>Male</i>	Żeńska <i>Female</i>
Badanie 1 <i>Exam 1</i>	137	40 (38-42)	70 (51,09)	67 (48,91)
Badanie 2 <i>Exam 2</i>	68	40 (38-42)	34 (50)	34 (50)

^a Wartość średnia (minimum-maksimum)

n – liczba pacjentów (%) – procent pacjentów

^a *Mean value (minimum – maximum)*

n – number of patients (%) – percentage of patients

Pozostałe parametry: płyn owodniowy, masa urodzeniowa, doba życia dziecka, w której przeprowadzono badanie przedstawiono w tabelach 5 i 6.

Tabela 5. Doba życia dziecka, w której wykonano PUBP 1

Table 5. Patients' age during LUS 1

Doba <i>Day</i>	n (%)
1	56 (40,88)
2	41 (29,93)
3	40 (29,20)

n – liczba pacjentów (%) – procent pacjentów

n – number of patients (%) – percentage of patients

Tabela 6. Rodzaj płynu owodniowego oraz masy urodzeniowej

Table 6. Nature of amniotic fluid type and birth weight

	Pacjenci <i>Patients</i>	Płyn owodniowy <i>Amniotic fluid n (%)</i>		Masa urodzeniowa (g ^a),SD <i>Birth weight</i>
		Czyste <i>Clear</i>	Zielone <i>Green</i>	
Badanie 1 <i>Exam 1</i>	137	119 (86,13)	16 (11,69)	3500 (2850–4900), 373,92
Badanie 2 <i>Exam 2</i>	68	60 (88,23)	8 (11,76)	3519 (2890–4900), 411,29

^a Wartość średnia (minimum-maksimum), *Mean value (minimum-maximum)*

SD- odchylenie standardowe, *standard deviation*

n – liczba pacjentów (%) – procent pacjentów

n – number of patients (%) – percentage of patients

Na przeprowadzone badania uzyskano zgodę Niezależnej Komisji Bioetycznej do Spraw Badań Naukowych przy Gdańskim Uniwersytecie Medycznym (NKBBN/457/2012). Badania były wykonane po uzyskaniu pisemnej (świadomej) zgody rodzica/opiekuna prawnego dziecka, po uprzednim poinformowaniu o dobrowolnym udziale w badaniu.

3.2. METODYKA BADAŃ

Ultrasonograficzne badania płuc zostały wykonane przez jedną osobę (autora pracy), zgodnie ze standardami Polskiego Towarzystwa Ultrasonograficznego, z zachowaniem zasad aseptyki (użycie sterylnych osłonek i środków odkażających). Każde badanie dokumentowane było w formie zapisu cyfrowego w standardowych formatach zapisu AVI/DICOM, zapisanych w pamięci aparatu ultrasonograficznego. Z uwagi na fakt, iż większość ocenianych parametrów ma charakter dynamiczny, dokumentacja w formie zdjęć, ma bardzo ograniczone znaczenie.

Badanie nr 1 (wstępne) zostało wykonane głowicą liniową szerokopasmową o zakresie częstotliwości 3-12 MHz, aparatem usg Philips CX 50 (Philips Ultrasound Bothell WA, 2012), z wykorzystaniem ustawień przeznaczonych do przezklatkowego badania płuc.

Badanie nr 2 (kontrolne) wykonano u tych samych dzieci, gdy osiągnęły wiek w przedziale od 1 do 2 miesięcy, głowicą liniową, szerokopasmową o zakresie częstotliwości 4-11 MHz, aparatem usg Mindray System DC-7, Hamburg, Germany 2010), użyto wstępnych ustawień aparatu przeznaczonych do badania narządów położonych powierzchownie, po uprzednim wyłączeniu opcji „ulepszających” obraz.

Ustawienia aparatu Mindray zmodyfikowano w oparciu o założenia proponowane przez D. Lichtensteina, zgodnie z którym PUBP może być wykonane przy użyciu dowolnego aparatu, pod warunkiem uzyskania tzw. obrazu natywnego (wyłączone opcje ulepszające obraz), wówczas uzyskane na dwóch różnych aparatach obrazy płuc nie różnią się [85].

Pacjenci nie wymagali specjalnego przygotowania do badania.

3.2.1. PUBP – TECHNIKA BADANIA I ANALIZA OBRAZU USG

Badania wykonano w pozycji leżącej: na plecach, następnie na brzuchu. Oceniono przestrzenie międzyżebrowe w liniach: przymostkowych, środkowo-obojęzycznych, pachowych (przednia, środkowa i tylna), przykręgosłupowych i środkowo-łopatkowych. W celu określenia lokalizacji zmian w PUBP dokonano podziału płuc na następujące pola:

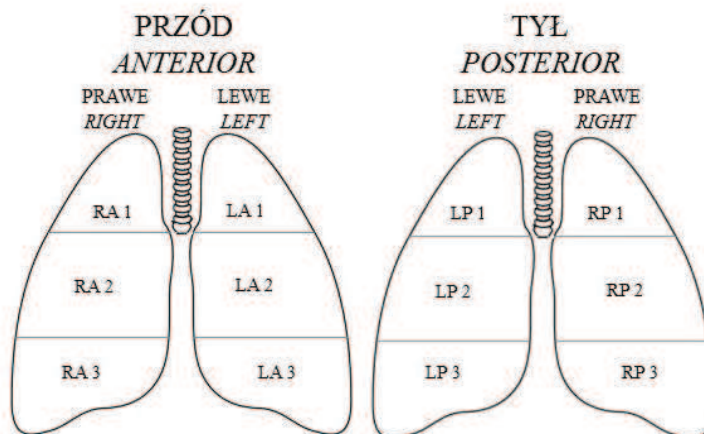
Powierzchnia przednia:

- pole górne: między dołem nadobojczykowym a II przestrzenią międzyżebrową,
- pole środkowe: między II a IV przestrzenią międzyżebrową,
- pole dolne: między IV przestrzenią międzyżebrową a przeponą.

Powierzchnia tylna:

- pole górne: między I a III przestrzenią międzyżebrową,
- pole środkowe: między III a VII przestrzenią międzyżebrową (dolny brzeg łopatki),
- pole dolne: między dolnym brzegiem łopatki a przeponą.

Schemat podziału płuc na poszczególne pola przedstawiono na rycinie 1.



Rycina 1. Podział płuc na 12 pól: R/L A-prawe/lewe powierzchnia przednia, R/LP – prawe/lewe powierzchnia tylna; pole: 1 – górne, 2 – środkowe, 3 – dolne
Figure.1. Division of lungs into 12 fields: R/L A-right/left anterior, R/LP – right/left posterior; field: 1 – upper, 2- middle, 3 – bottom

Podstawowym przyłożeniem głowicy w ocenie ultrasonograficznej płuc u noworodków, było jej przyłożenie poprzeczne.

Podczas badania oceniono:

1. cechy definiujące prawidłowy obraz płuc u dzieci i dorosłych, czyli:

- regularność linii opłucnej,
- objaw ślizgania opłucnej,
- artefakty linii A,
- artefakty linii B < 6 (poprzeczne położenie głowicy) [57].

2. cechy nieprawidłowego obrazu PUBP opisywane u dorosłych i dzieci:

- mnogie (≥ 6) artefaktów linii B (poprzeczne położenie głowicy),
- WL,
- konsolidacje (cons),

3. artefakty linii I i linii Z.

W badaniu nr 1 analizie poddano częstość występowania wyżej wymienionych cech w poszczególnych polach płuc. Następnie oceniono, czy występuje zależność w występowaniu poszczególnych parametrów obrazu PUBP od cech klinicznych (masy ciała, doby życia, w której przeprowadzono badanie, płynu owodniowego).

W badaniu nr 2 również dokonano analizy obrazu PUBP, a uzyskane wyniki porównano z wynikami badania nr 1.

3.3. ANALIZA STATYSTYCZNA

Analizę statystyczną przeprowadzono z wykorzystaniem programu STATISTICA 10 (Licencja GUMed, 2010).

Podobieństwo rozkładu zmiennych do rozkładu normalnego badano używając testu Kołmogorova-Smirnova i W Shapiro-Wilka.

Różnice w częstości i liczbie występowania poszczególnych cech w PUBP (artefakty linii: A, B, Z, I, cons, WL) obliczono testem Chi-kwadrat (Chi^2) oraz testem różnic pomiędzy dwoma składnikami struktury.

W kolejnej części analizy, oceniono czy występuje związek cech klinicznych (masa ciała, doba życia w której przeprowadzono badanie, płeć) z poszczególnymi cechami badania ultrasonograficznego płuc.

W ostatniej części analizy dokonano porównania częstości występowania poszczególnych cech badania ultrasonograficznego płuc: badania wstępnego – nr 1 (pierwsze trzy doby życia) z badaniem kontrolnym – nr 2 (w ciągu pierwszych dwóch miesięcy życia) u tych samych dzieci.

Różnice w danych cechach klinicznych i parametrach demograficznych – zmiennych ilościowych, w zależności od występowania danej cechy płuc według oceny ultrasonograficznej oceniano przy zastosowaniu testu U-Manna Whitneya.

Zmienne jakościowe opisano za pomocą częstości i liczby występowania. Wyniki zmiennych ilościowych przedstawiono za pomocą mediany, zakresu górnego i dolnego kwartyła (25-75%) oraz zakresu minimum i maksimum. Wyniki analizy przedstawiono na histogramach oraz na wykresach „ramkawy”. Wartość statystyki $p \leq 0,05$ przyjęto za istotność statystyczną, a zakres $0,10 < p > 0,05$ jako granice istotności statystycznej. Wartości statystyki p zaokrąglono i podano do dwóch miejsc po przecinku.

4. WYNIKI

Analiza obrazu ultrasonograficznego płuc w badanej grupie noworodków – badanie nr 1.

4.1. OCENA PODSTAWOWYCH PARAMETRÓW PUBP

U badanych noworodków, podczas przeprowadzonych badań oceniono występowanie cech definiujących prawidłowy PUBP (wytyczne dotyczą pacjentów pediatrycznych i dorosłych). Objaw ślizgania stwierdzono u wszystkich (137) dzieci. Rozkład występowania artefaktów linii A oraz regularnej linii opłucnej przedstawiono w tabeli 7.

Tabela 7. Rozkład artefaktów linii A i ocena linii opłucnej w PUBP
Table 7. The distribution of A line artifacts and pleural line in LUS

Pole płucne <i>Lung field</i>	Prawidłowa linia opłucnej, n (%) <i>Regular pleural line</i>	Artefakty linii A, n (%) <i>A line artifacts</i>
RA 1	136 (99,27)	135 (98,54)
RA 2	136 (99,27)	136 (99,27)
RA 3	135 (98,54)	134 (97,81)
RP 1	133 (97,08)	134 (97,81)
RP 2	133 (97,08)	136 (99,27)
RP 3	136 (99,27)	136 (99,27)
LA 1	136 (99,27)	134 (97,81)
LA 2	136 (99,27)	136 (99,27)
LA 3	136 (99,27)	137 (100)
LP 1	136 (99,27)	135 (98,54)
LP 2	136 (99,27)	134 (97,81)
LP 3	137 (100)	137 (100)

n – liczba pacjentów (%) – procent pacjentów

n – number of patients (%) – percentage of patients

4.2. OCENA ARTEFAKTÓW LINII I ORAZ LINII Z

Analizie poddano dwa parametry, które do tej pory nie były oceniane u noworodków: artefakty linii I oraz artefakty linii Z (Tab. 8.).

Tabela 8. Rozkład artefaktów linii I i linii Z w PUBP

Table 8. The distribution of I line and Z line artifacts in LUS

Obszar płuca <i>Lung field</i>	I n (%)	Z n (%)	Obszar płuca <i>Lung field</i>	I n (%)	Z n (%)
RA 1	128 (93,4)	105 (76,6)	LA 1	119 (86,9)	100 (73)
RA 2	127 (92,7)	89 (64,5)	LA 2	132 (96,3)	117 (85,4)
RA 3	128 (93,4)	99 (72,3)	LA 3	134 (97,8)	114 (83,2)
RP 1	71 (51,8)	71 (51,8)	LP 1	80 (58,4)	73 (53,3)
RP 2	119 (86,9)	98 (68,6)	LP 2	106 (77,4)	79 (57,6)
RP 3	128 (93,4)	102 (74,5)	LP 3	122 (89,1)	96(70,1)

n – liczba pacjentów (%) – procent pacjentów

n – number of patients (%) – percentage of patients

Tabela 9. Porównanie częstości występowania artefaktów linii I na przedniej i tylnej powierzchni płuc

Table 9. Comparison I line artifacts prevalence: anterior to posterior lung fields

Obszar płuca <i>Lung field</i>	A% (n)	P % (n)	p
R1	93,43 (128)	51,82 (71)	<0,001
R2	92,70 (127)	86,89 (119)	0,06
R3	93,43 (128)	93,43 (128)	
L1	86,86 (119)	97,89 (134)	<0,001
L2	96,35 (132)	57,66 (79)	<0,001
L3	96,35 (132)	77,37 (106)	<0,001

R/L 1,2,3 – płuco prawe/lewe pole: 1 – górne, 2 – środkowe, 3 – dolne A – przód, P – tył, n – liczba pacjentów, % – procent pacjentów, **p** – wartość istotności statystycznej*R/L 1,2,3 – right/left lung, field: upper, middle, lower field, A – anterior, P – posterior, n – number of patients % – percentage of patients, p – statistical significance*

4.2.1. OCENA ARTEFAKTÓW LINII B, WL I KONSOLIDACJI

W badanej populacji, w obrazie ultrasonograficznym płuc uwidocznił się wiele artefaktów linii B (czyli ≥ 6 przy poprzecznym przyłożeniu głowicy), WL oraz konsolidacje (cons). Ich rozkład w poszczególnych polach płuc przedstawiono w tabeli 10 i na wykresach 1, 2.

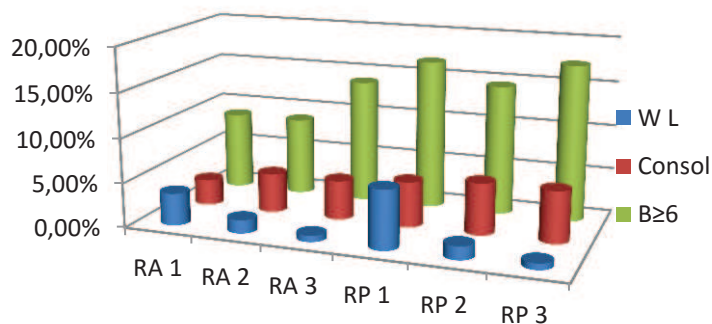
Tabela 10. Rozkład częstości występowania artefaktów linii $B \geq 6$, WL i cons w poszczególnych polach płuc

Table 10. The distribution of $B \geq 6$ line artifacts, WL and cons in particular lung fields

	$B \geq 6$, n (%)	Cons, n (%)	WL, n (%)		$B \geq 6$, n (%)	Cons, n (%)	WL, n (%)
RA 1	12 (8,8)	4 (2,9)	5 (3,6)	LA 1	7 (5,1)	1 (0,7)	5 (3,6)
RA 2	12 (8,8)	6 (4,4)	2 (1,5)	LA 2	10 (7,3)	7 (5,1)	2 (1,5)
RA 3	19 (13,9)	6 (4,4)	1 (0,7)	LA 3	9 (6,6)	6 (4,4)	0
RP 1	23 (16,8)	7 (5,1)	9 (6,6)	LP 1	17 (12,4)	5 (3,6)	3 (2,2)
RP 2	20 (14,6)	8 (5,8)	2 (1,5)	LP 2	27 (19,7)	5 (3,6)	3 (2,2)
RP 3	24 (17,5)	8 (5,8)	1 (0,7)	LP 3	12 (8,8)	5 (3,6)	1 (0,7)

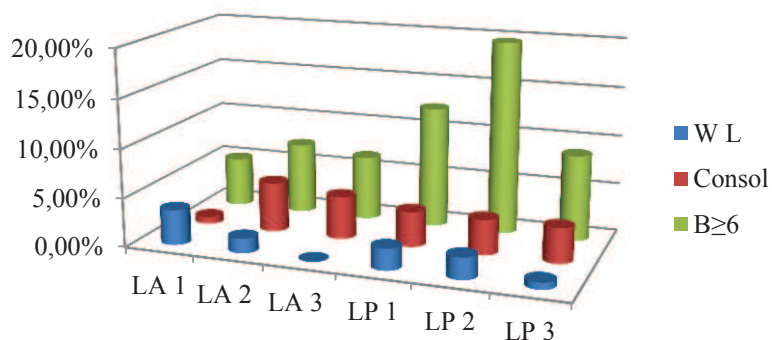
n – liczba pacjentów (%) – procent pacjentów

n – number of patients (%) – percentage of patients



Wykres 1. Rozkład częstości występowania artefaktów linii $B \geq 6$, WL i cons w poszczególnych polach płuca prawego

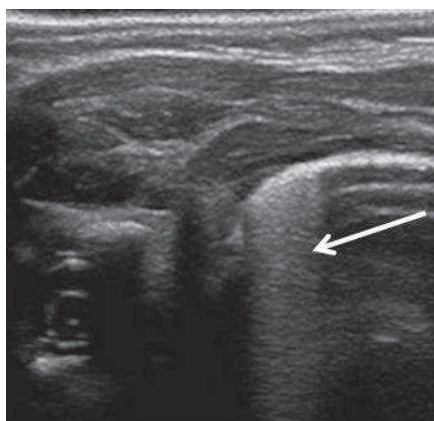
Graph 1. The distribution of $B \geq 6$ line artifacts, WL and cons in particular right lung fields



Wykres 2. Rozkład częstości występowania artefaktów linii B \geq 6, WL i cons w poszczególnych polach płuca lewego

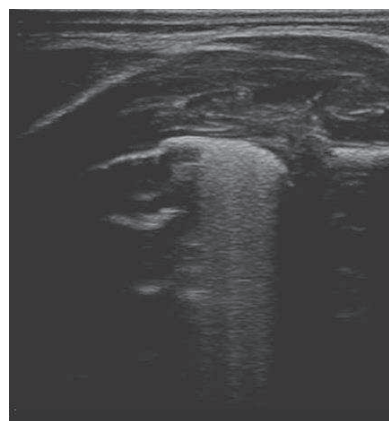
Graph 2. The distribution of B \geq 6 line artifacts, WL and cons in particular left lung fields

Podczas badania uwidocznił artefakty linii B położone bardzo blisko siebie (bez możliwości zmierzenia odległości między nimi) określono je jako artefakt linii B conf (Fot. 12, 13.). Porównano częstość jego występowania w poszczególnych polach płuc (Wykres 3,4).



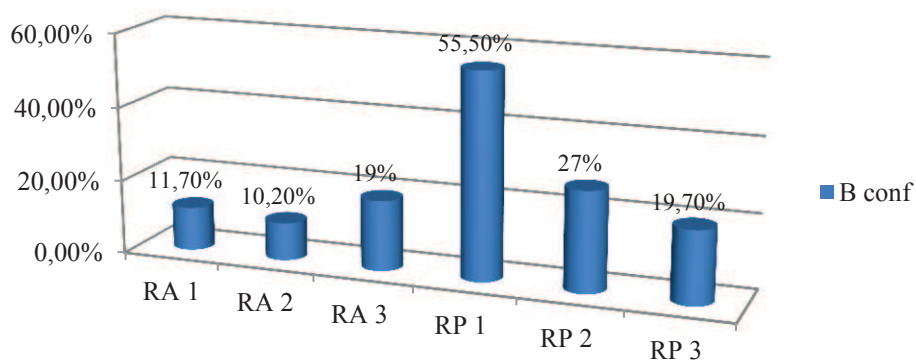
Fot. 12. Artefakt linii B conf (strzałka)

Pic. 12. B conf artifact (arrow)



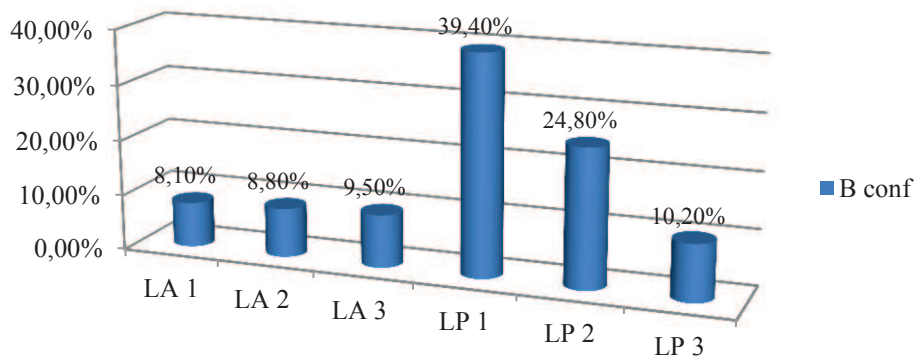
Fot. 13. Artefakt linii B conf

Pic. 13. B conf artifact



Wykres 3. Częstość występowania artefaktów linii B conf w poszczególnych polach płuca prawego

Graph 3. The incidence of B conf line artifacts in particular fields of right lung



Wykres 4. Częstość występowania artefaktów linii B conf w poszczególnych polach płuca lewego

Graph 4. The incidence of B conf line artifacts in particular fields of left lung

Na podstawie rozkładu artefaktów linii B conf w RP 1 i LP 1 porównano częstość ich występowania na powierzchni tylnej i przedniej z uwzględnieniem istotności statystycznej (Tab. 11).

Tabela 11. Porównanie częstości występowania artefaktów linii B conf w górnych polach płucnych

Table 11. Comparison of prevalence of B Conf line artifacts in upper lung fields

Pole płucne <i>Lung field</i>	A, B conf n (%)	P, B conf n (%)	p
R 1	18 (11,68)	76 (55,47)	<0,00
L 1	11 (8,0)	54 (39,4)	0,03

R/L 1 – płuco prawe/lewe pole: 1 – górne; A – przód, P – tył, n – liczba pacjentów, % – procent pacjentów, **p** – wartość istotności statystycznej
R/L 1 – right/left lung, field: upper field, A – anterior, P – posterior, n – number of patients % – percentage of patients, p – statistical significance

W tabeli nr 12 przedstawiono rozkład częstości występowania artefaktów linii B conf w tylnej części płuca prawego, z oceną istotności statystycznej.

Tabela 12. Rozkład częstości występowania artefaktów linii B conf w tylnych partiach płuca prawego

Table 12. The incidence of B conf line artifacts in posterior fields of right lung

	B conf n (%)		B conf n (%)	p
RP 2	37 (27,0)	RP 1	76 (55,5)	<0,00
RP 3	27 (19,7)	RP 1	76 (55,5)	<0,00

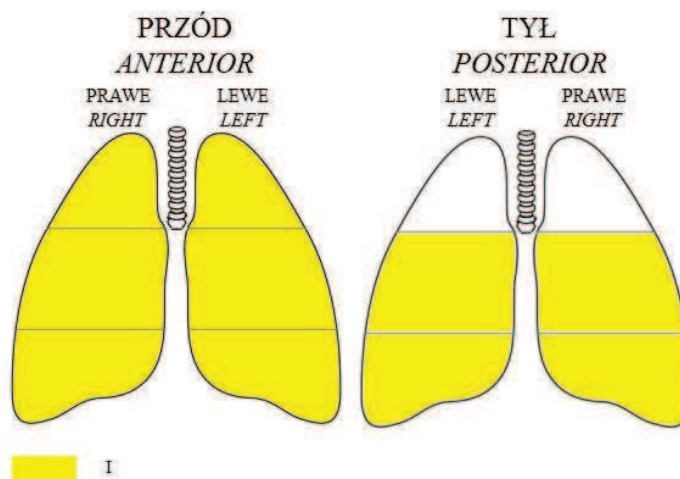
RP 1,2,3 – płuco prawe, pole tylne: 1 – górne 2 – środkowe 3 – dolne, n – liczba pacjentów, % – procent pacjentów, **p** – wartość istotności statystycznej
RP 1,2,3 – right posterior; field: upper, middle, lower lung, n – number of patients % – percentage of patients, p – statistical significance

4.2.2. PODSUMOWANIE

Analizując obraz ultrasonograficzny płuc u noworodka uwidoczniono: cechy typowe dla prawidłowego PUBP (stwierdzone u pacjentów: pediatrycznych i dorosłych); artefakty linii I i Z oraz parametry, które u dzieci czy dorosłych uznaje się za patologiczne.

Objaw ślizgania opłucnej stwierdzono u wszystkich (137) dzieci. Inaczej sytuacja przedstawia się w przypadku artefaktów linii A oraz regularnej linii opłucnej, które występowały odpowiednio u 134 i 133 dzieci.

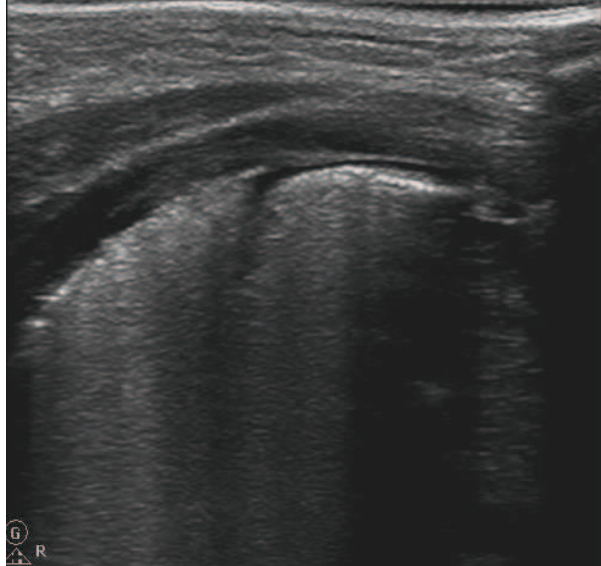
Analizując artefakty linii I i Z, wykazano, że artefakty linii I występują statystycznie częściej niż artefakty linii Z w 10 z 12 ocenianych pól płucnych ($p < 0,05$), co zilustrowano na rycinie 2.



Rycina 2. Pola płucne w których częściej występują artefakty linii I
Figure 2. Lung fields with I line artifacts predominance

Ponadto, artefakty linii I występują częściej w przednich polach płuc: po stronie lewej na całej powierzchni, a po stronie prawej tylko w polu górnym (RA 1).

W badanej populacji uwidoczniło zmiany, które u dzieci czy u dorosłych uznaje się za patologiczne. Do tzw. patologicznych cech obrazu ultrasonograficznego płuc zalicza się: konsolidacje, mnogie artefakty linii B oraz obraz „białego płuca” (Fot. 14, 15).



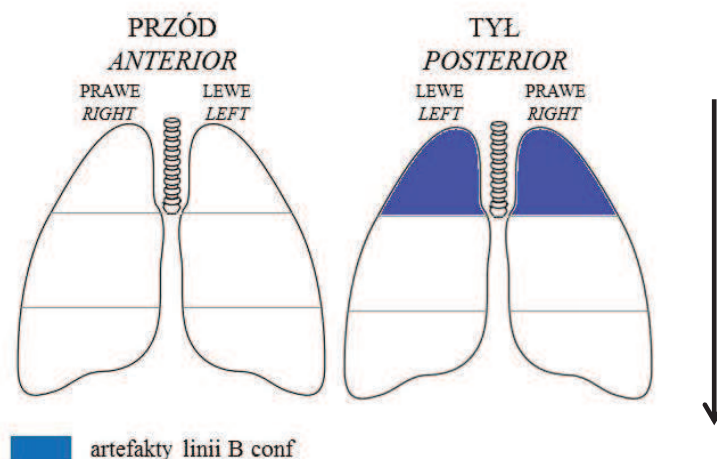
Fot. 14. Białe płuco
Pic. 14. White lung



Fot. 15. Konsolidacja (strzałka), artefakty linii B
Pic. 15. Consolidation (arrow), B line artifacts

Każdy z tych parametrów poddano analizie, oceniając częstość ich występowania w poszczególnych polach płuc. Nie wykazano istotności statystycznej dominacji któregośkolwiek ocenianego parametru w żadnym polu płuc.

W badanej grupie noworodków stwierdzono występowanie obszaru artefaktów linii B położonych bardzo blisko siebie (bez możliwości zmierzenia odległości między nimi), określono go artefaktem linii B conf. Parametr ten w odniesieniu do artefaktów linii B ≥ 6 , konsolidacji i WL występował najczęściej, bo aż u 109 pacjentów. Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, że dominuje w: RP 1 ($p < 0,01$) i LP 1 ($p < 0,03$), (Rycina 3.)



Rycina 3. Pola płuc w których dominują artefakty linii B conf,
Figure 3. Lung fields with predominance of B conf line artifacts

Analizując tylne pola płuca prawego wykazano, że RP 1 jest regionem o najczęstszym występowaniu tego parametru (76 pacjentów), co więcej, częstość występowania artefaktów linii B conf maleje im niższą partię płuca oceniamy (strzałka na rycinie 3).

4.3. OCENA OBRAZU PŁUC U NOWORODKA W ZALEŻNOŚCI OD: MASY CIAŁA, DOBY ŻYCIA, W KTÓREJ PRZEPROWADZONO BADANIE, PŁCI ORAZ PŁYNU OWODNIOWEGO

Podczas 1szego badania PUBP oceniono czy istnieją czynniki, które mogą mieć wpływ na obraz ultrasonograficzny płuca. Uwzględniono:

1. Płeć dziecka
2. Rodzaj płynu owodniowego: czysty (przejrzysty) lub zielony (powstały w wyniku przedwczesnego oddania smółki do płynu owodniowego)
3. Masę urodzeniową prezentowaną jako mediana między 25 a 75 kwadrylem, z uwzględnieniem wartości minimalnych i maksymalnych.
4. Dobę życia noworodka, w której wykonano badanie
5. W przypadku noworodków badanych w 1-szej dobie życia, przeanalizowano zależność obrazu PUBP od godziny życia dziecka, w której wykonano badanie.

4.3.1. ZALEŻNOŚĆ PUBP OD PŁCI

Przeanalizowano częstość występowania artefaktów i zmian podopłucnowych (konsolidacji) w każdym polu płucnym w zależności od płci, uzyskano następujące wyniki.

Płeć męska

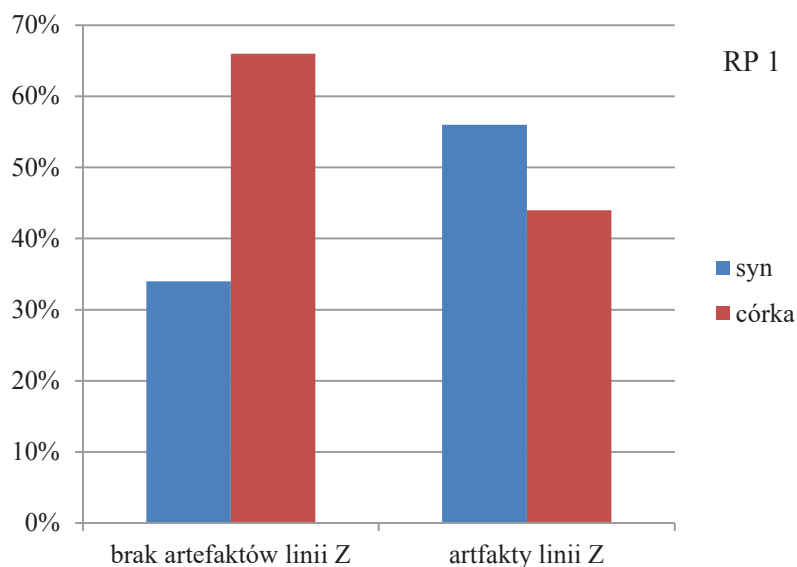
U chłopców wykazano, że artefakty linii Z występują częściej niż u dziewczynek, a polem płucnym, w którym wykazano tę zależność było RA 1 ($p < 0,029$). Dane te zestawiono w tabeli 13 oraz na wykresie 5.

Tabela 13. Występowanie artefaktów linii Z w zależności, od płci w RA 1
Table 13. The incidence of Z line artifacts RA 1 (gender dependence)

Płeć <i>Sex</i>	brak artefaktów linii Z % (n) <i>no Z line artifacts</i>	artefakty linii Z % (n) <i>Z line artifacts</i>
Męska <i>Male</i>	34 (11)	56 (59)
Żeńska <i>Female</i>	66 (21)	44 (46)

n – liczba pacjentów (%) – procent pacjentów

n – number of patients (%) – percentage of patients



Wykres 5. Występowanie artefaktów linii Z w zależności od płci w RA 1
Graph 5. The occurrence of Z line artifacts RA 1(gender dependence)

Płeć żeńska

U płci żeńskiej, wykazano zależność istotną statystycznie dotyczącą częstszego występowania: artefaktów linii B conf ($p < 0,05$), artefaktów linii $B \geq 6$ ($p = 0,01$) oraz konsolidacji ($p = 0,02$) w porównaniu do płci męskiej. Częstość występowania poszczególnych artefaktów przedstawiono w tabelach: 14,15,16 i na wykresach: 6, 7, 8.

Tabela 14. Zależność częstości występowania artefaktów linii B conf od płci w LA 2

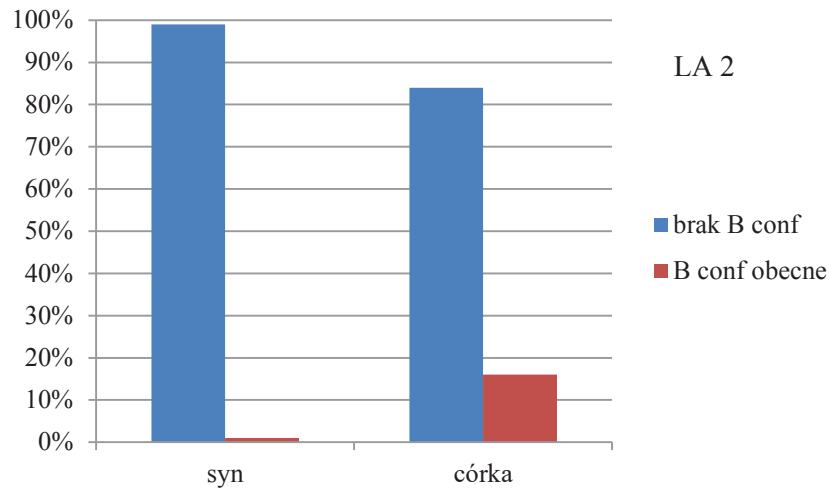
Table 14. The occurrence of B conf line artifacts in LA 2(gender dependence)

Płeć Sex	Męska% (n) Male	Żeńska% (n) Female
„0” B conf	99 (69)	84 (56)
B conf	1 (1)	16 (11)

n – liczba pacjentów (%) – procent pacjentów

n – number of patients (%) – percentage of patients

„0” B conf- brak artefaktów linii B conf, *none B conf line artifacts*



Wykres 6. Zależność częstości występowania artefaktów linii B conf od płci
Graph 6. The occurrence of B conf line artifacts (gender dependence)

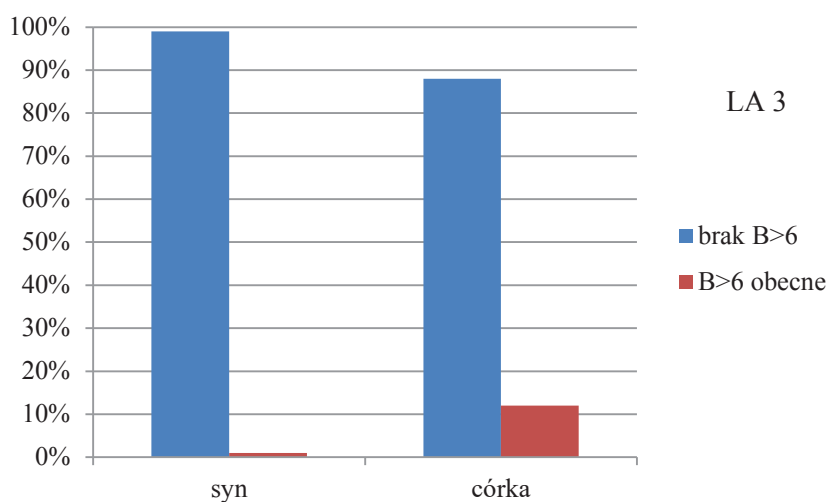
Tabela 15. Zależność częstości występowania artefaktów $B \geq 6$ od płci w LA 3
Table 15. The incidence of $B \geq 6$ line artifacts (gender dependence)

Płeć <i>Sex</i>	Męska % (n) <i>Male</i>	Żeńska % (n) <i>Female</i>
„0” $B \geq 6$	99 (69)	88 (59)
$B \geq 6$	1 (1)	12 (8)

n – liczba pacjentów (%) – procent pacjentów

n – number of patients (%) – percentage of patients

„0” B conf- brak artefaktów linii B conf, *none B conf line artifacts*

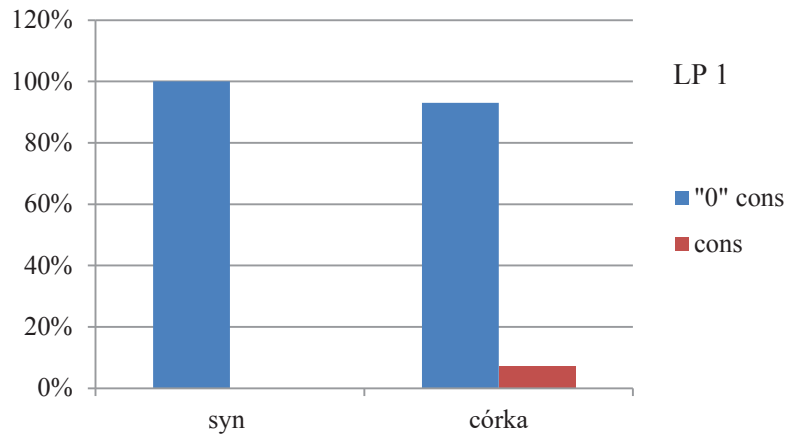


Wykres 7. Zależność częstości występowania artefaktów B \geq 6 od płci
Graph 7. The occurrence of B \geq 6 line artifacts (gender dependence)

Tabela 16. Zależność częstości występowania cons od płci w LP 1
Table 16. The occurrence of cons (gender dependence)

Płeć <i>Sex</i>	Męska %(n) <i>Male</i>	Żeńska % (n) <i>Female</i>
„0” cons	100 (70)	93 (62)
cons	0 (0)	7 (5)

n – liczba pacjentów (%) – procent pacjentów
n – number of patients (%) – percentage of patients
 „0” cons- brak cons, *none cons*



Wykres 8. Zależność częstości występowania cons od płci
Graph 8. The occurrence of cons (gender dependence)

4.3.2. OBRAZ PŁUC W PUBP W ZALEŻNOŚCI OD RODZAJU PŁYNU OWODNIOWEGO

Za kolejny czynnik mogący mieć wpływ na obraz ultrasonograficzny płuca u noworodka uznano rodzaj płynu owodniowego stwierdzanego podczas porodu. U 119 noworodków stwierdzono obecność prawidłowego płynu owodniowego (czysty). U 16 noworodków podczas porodu stwierdzono zielone wody płodowe, u 2 dzieci wystąpiły żółte wody płodowe, ze względu na małą liczbę nie włączono ich do analizy).

W pierwszej kolejności przeanalizowano częstość występowania artefaktów linii $B \geq 6$. Wykazano zależność występowania tego parametru od rodzaju wód płodowych w 3 polach płucnych: RP 1 ($p = 0,002$), RP 2 ($p = 0,007$) oraz LP 1 ($p = 0,01$) Dane te zestawiono w tabel nr 17 i na wykresie nr 9).

Tabela 17. Częstość występowania artefaktów linii $B \geq 6$ w poszczególnych polach płuc w zależności od rodzaju płynu owodniowego

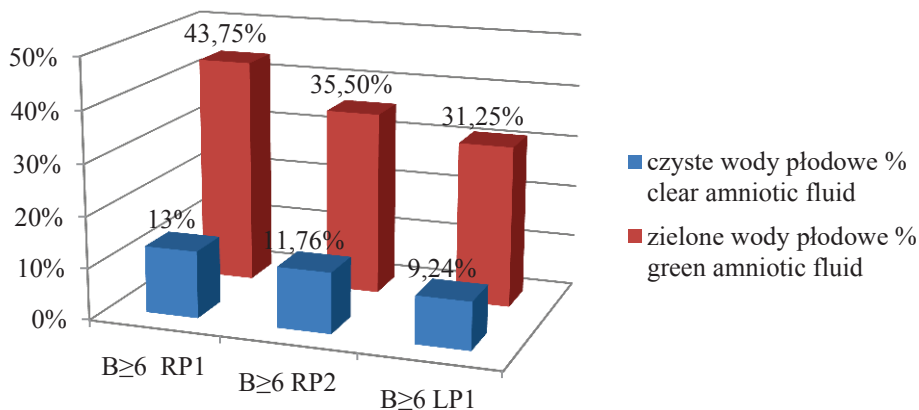
Table 17. The incidence of $B \geq 6$ in particular lung field (amniotic fluid dependence)

	czyste wody płodowe % (n) <i>clear amniotic fluid</i>	zielone wody płodowe % (n) <i>green amniotic fluid</i>
„0” $B \geq 6$ RP 1	87 (103)	56,00 (9)
$B \geq 6$ RP 1	13 (16)	43,75 (7)
„0” $B \geq 6$ RP 2	88,24 (105)	62,50 (10)
$B \geq 6$ RP 2	11,76 (14)	37,50 (6)
„0” $B \geq 6$ LP 1	90,76 (108)	68,75 (11)
$B \geq 6$ LP 1	9,24 (11)	31,25 (5)

n – liczba pacjentów (%) – procent pacjentów

n – number of patients (%) – percentage of patients

„0” $B \geq 6$ – brak $B \geq 6$, none $B \geq 6$



Wykres 9. Częstość występowania artefaktów linii $B \geq 6$ w poszczególnych polach płuc w zależności od rodzaju płynu owodniowego

Graph 9. The incidence of $B \geq 6$ in particular lung field (amniotic fluid dependence)

Kolejnym analizowanym parametrem były konsolidacje. Wykazano zależność występowania konsolidacji od rodzaju płynu owodniowego w obu płucach. W płucu prawym zależność dotyczy W RA 2 ($p = 0,047$) i RP 1 ($p=0,02$). Dane te zestawiono w tabeli nr 18 i na wykresie nr 10, a dla obszaru RA 3 ($p= 0,007$) na wykresie nr 11.

Tabela 18. Częstość występowania konsolidacji w zależności od rodzaju płynu owodniowego

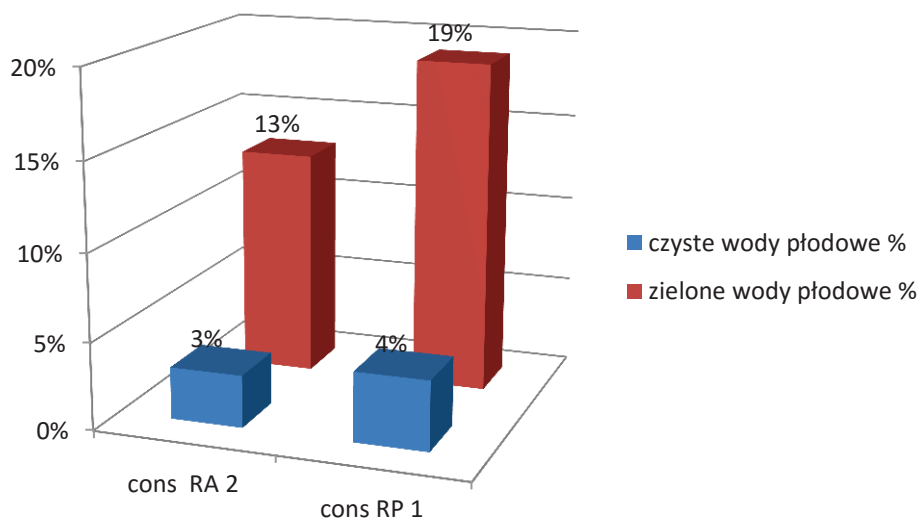
Table 18. The incidence of consolidations (amniotic fluid dependence)

	czyste wody płodowe % (n) <i>clear amniotic fluid</i>	zielone wody płodowe % (n) <i>green amniotic fluid</i>
„0” cons RA 2	97 (116)	88 (14)
cons RA 2	3 (3)	13 (2)
„0” cons RP 1	96 (114)	4 (13)
cons RP 1	4 (5)	19 (3)

n – liczba pacjentów (%) – procent pacjentów

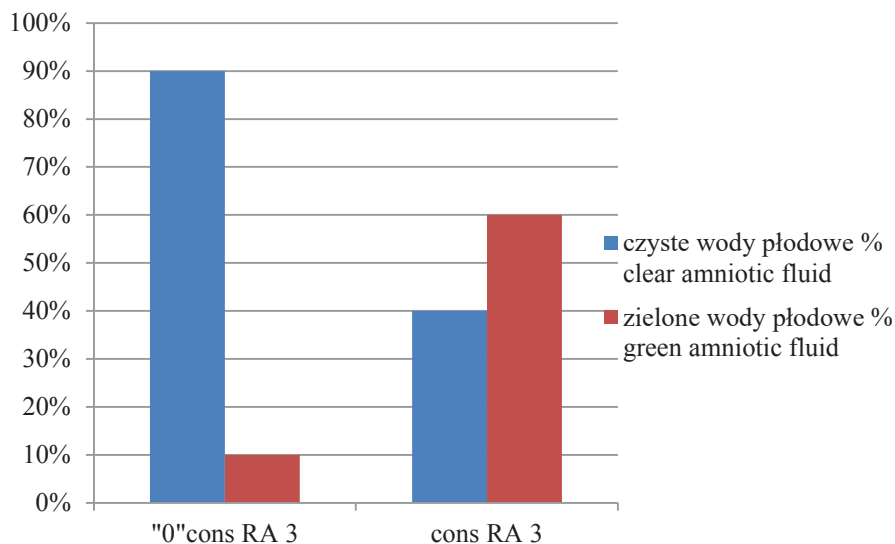
n – number of patients (%) – percentage of patients

„0” cons – brak cons, *none cons*



Wykres 10. Częstość występowania konsolidacji w zależności od rodzaju płynu owodniowego

Graph 10. The incidence of consolidations (amniotic fluid dependence)



Wykres 11. Częstość występowania konsolidacji w zależności od rodzaju płynu owodniowego

Graph 11. The incidence of consolidations (amniotic fluid dependence)

W płucu lewym w badanej grupie noworodków, u których stwierdzono występowanie czystego płynu owodniowego nie uwidoczniło się konsolidacji (p 0,006), zależność ta dotyczy LA 1 (Tabela 19)

Tabela 19. Częstość występowania konsolidacji w zależności od rodzaju płynu owodniowego

Table 19. The incidence of consolidations (amniotic fluid dependence)

	Czysty płyn owodniowy % (n) <i>clear amniotic fluid</i>	Zielony płyn owodniowy % (n) <i>green amniotic fluid</i>
„0” cons LA 1	100 (119)	94 (15)
cons LA 1	0 (0)	6 (1)

n – liczba pacjentów (%) – procent pacjentów

n – number of patients (%) – percentage of patients

„0” cons – brak konsolidacji, *none consolidations*

Analizując pozostałe pola płuca lewego wykazano zależność: jeśli obszarze płuca: LA 3 u dziecka występują konsolidacje, to w 40% dziecko to urodziło się z zielonych wód płodowych. W przypadku braku konsolidacji w tym obszarze, 89% dzieci urodziło się w czystych wodach płodowych (p= 0,047). Podobne

zależności udokumentowano w LP 2 ($p=0,00007$) i LP 3 ($p=0,047$), (Tabela 20, Wykres 12).

Tabela 20. Częstość występowania zielonych wód płodowych, u dzieci u których w PUBP uwidoczniło się konsolidacje

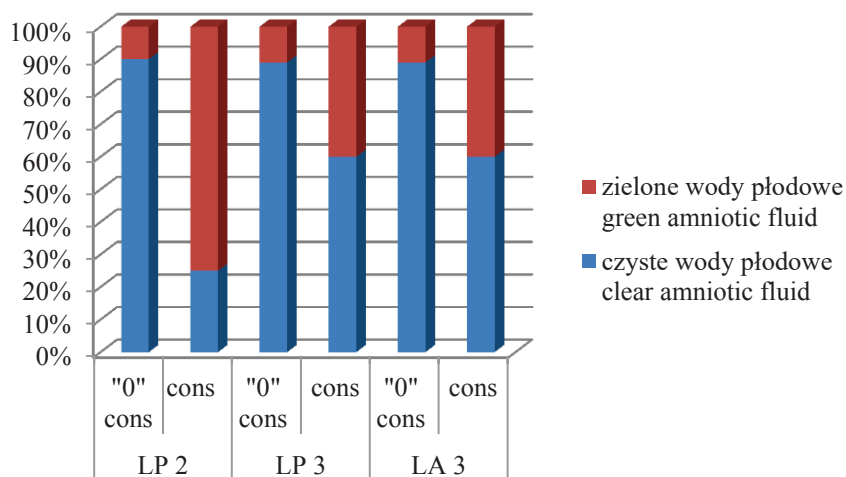
Table 20. The incidence of green amniotic fluid in children with consolidations

	Obszar płuca <i>Lung field</i>					
	LP 2		LP 3		LA 3	
	cons % (n)		cons % (n)		cons % (n)	
Wody płodowe <i>Amniotic fluid</i>	„0”	obecne <i>present</i>	„0”	obecne <i>present</i>	„0”	obecne <i>present</i>
czyste <i>clear</i>	90 (118)	25 (1)	89 (116)	60 (3)	89 (116)	60 (3)
zielone <i>green</i>	10 (13)	75 (3)	11 (14)	40 (2)	11 (3)	40 (2)

n – liczba pacjentów (%) – procent pacjentów

n – number of patients (%) – percentage of patients

„0” – brak, *none*

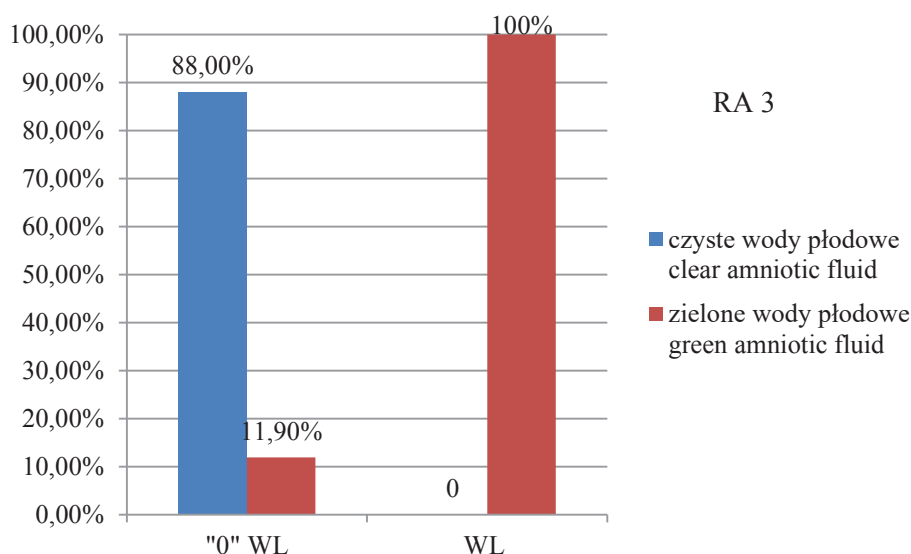


Wykres 12. Częstość występowania zielonych wód płodowych, u dzieci u których w PUBP uwidoczniło się konsolidacje

Graph 12. The incidence of green amniotic fluid in children with cons

Trzecim ocenianym parametrem był obraz tzw. "białego płuca".

Wykazano istotną statystycznie zależność ($p=0,006$), że w przypadku stwierdzenia WL, w 100% dziecko należało do grupy urodzonych z zielonych wód płodowych. Obszar płuca, w którym wykazano zależność to RA 3 (Wykres 13).



Wykres 13. Zależność występowania konsolidacji od rodzaju płynu owodniowego

Graph 13. The incidence of consolidations (amniotic fluid dependence)

W grupie dzieci urodzonych w czystych wodach płodowych, tylko w jednym obszarze płuca (RA 1) wykazano istotną statystycznie zależność ($p=0,039$) dotyczącą częstszego występowania artefaktów linii I (Wykres 14, Tabela 21).

Tabela 21. Zależność częstości występowania artefaktów linii I od rodzaju płynu owodniowego w RA 1

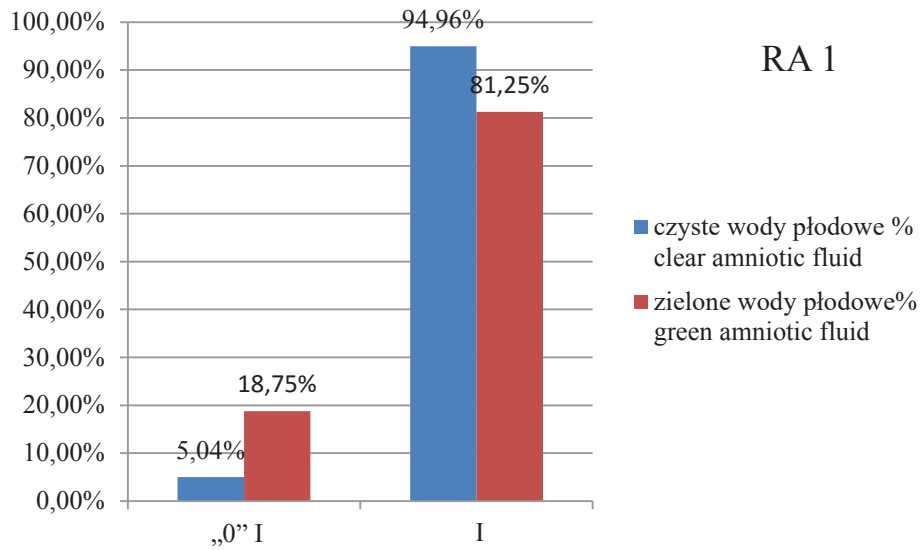
Table 21. The incidence of I line artifact in RA 1, (amniotic fluid dependence)

	czyste wody płodowe % (n) <i>clear amniotic fluid</i>	zielone wody płodowe % (n) <i>green amniotic fluid</i>
„0” I	5,04 (6)	18,75 (3)
I	94,96 (113)	81,25 (13)

n – liczba pacjentów (%) – procent pacjentów

n – number of patients (%) – percentage of patients

„0” I – brak artefaktów linii I, *none I line artifacts*



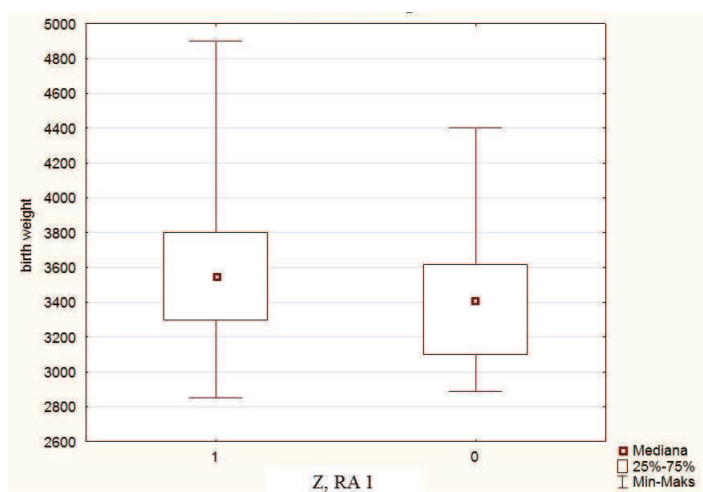
Wykres 14. Zależność częstości występowania artefaktów linii I od rodzaju płynu owodniowego w RA 1

Graph 14. The incidence of I line artifacts in RA 1 (amniotic fluid dependence)

4.3.3. OBRAZ PŁUC W PUBP W ZALEŻNOŚCI OD MASY URODZENIOWEJ

W pracy przeanalizowano zależność obrazu PUBP od masy urodzeniowej.

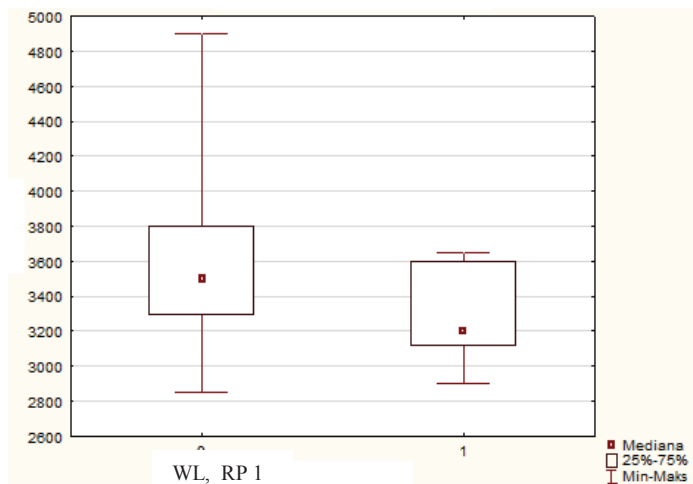
Zależność wykazano w przypadku artefaktów linii Z. Grupa noworodków u których uwidoczniiono te artefakty, charakteryzowała się istotnie statystycznie ($p=0,024$) wyższą masą ciała (Wykres 15).



Wykres 15. Częstość występowania artefaktów linii Z w zależności od masy urodzeniowej

Graph 15. The incidence of Z line artifacts – birth weight dependence

Kolejnym analizowanym zagadnieniem była grupa noworodków, u których w PUBP stwierdzono obraz białego płuca (WL). Grupa dzieci z WL charakteryzowała się istotnie statystycznie ($p=0,04$) niższą urodzeniową masą ciała (Wykres 16).



Wykres 16. Częstość występowania obrazu białego płuca (WL) w zależności od urodzeniowej masy ciała

Graph 16. The incidence of WL – birth weight dependence

4.3.4. OBRAZ PUBP NOWORODKA W ZALEŻNOŚCI OD DOBY ŻYCIA DZIECKA, W KTÓREJ WKONANO BADANIE

Analizie poddano obraz ultrasonograficzny płuc z uwzględnieniem doby życia noworodka, w której wykonano badanie.

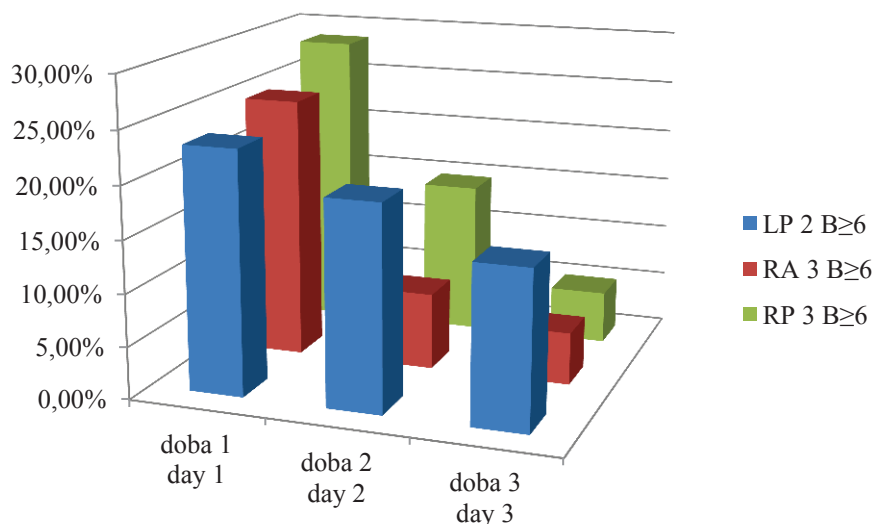
Wykazano zależność istotną statystycznie, w liczbie stwierdzanych artefaktów linii $B \geq 6$ u dzieci badanych w pierwszej dobie życia, w porównaniu do drugiej i trzeciej doby życia. Dotyczy ona trzech obszarów płuc: RA 3 ($p=0,02$), RP 3 ($p=0,03$) oraz LP 2 ($p=0,048$). Dane te zestawiono w tabeli 22 oraz na wykresie 17.

Tabela 22. Zależność częstości występowania artefaktów linii $B \geq 6$ w poszczególnych polach płuc od doby życia dziecka, w której wykonano badanie
Table 22. The incidence of $B \geq 6$ line artifacts in particular lung field – patient age (day of life) when exam was performed

	doba 1 % (n) <i>day 1</i>	doba 2 % (n) <i>day 2</i>	doba 3 % (n) <i>day 3</i>
$B \geq 6$ RA 3	25,00 (14)	7,32 (3)	5,00 (2)
$B \geq 6$ RP 3	28,57 (16)	14,63 (6)	5,00 (2)
$B \geq 6$ LP 2	23,21 (13)	19,51 (8)	15,00 (6)

n – liczba pacjentów (%) – procent pacjentów

n – number of patients (%) – percentage of patients



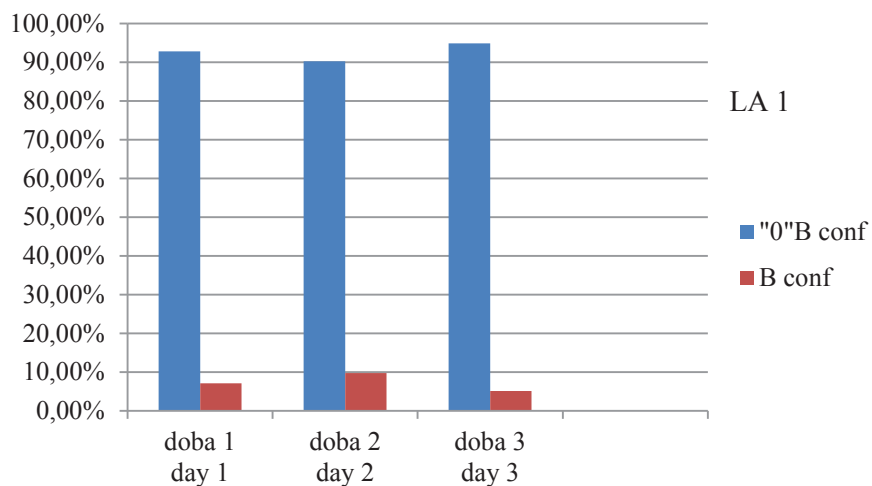
Wykres 17. Zależność częstości występowania artefaktów linii B \geq 6 w poszczególnych polach płuc od doby życia dziecka, w której wykonano badanie
Graph 17. The incidence of B \geq 6 line artifacts in particular lung fields – patient age (day of life) when exam was performed

W przypadku artefaktów linii B conf, zależność istotną statystycznie wykazano w 2 obszarach płuca lewego: LA (1 p=0.02) oraz LA 3 (p<0,05) (Tabela 23, Wykresy 18 i 19)

Tabela 23. Zależność częstości występowania artefaktów linii B conf od doby życia, w której wykonano badanie
Table 23. The incidence of B conf artifacts - patient age (day of life) when exam was performed

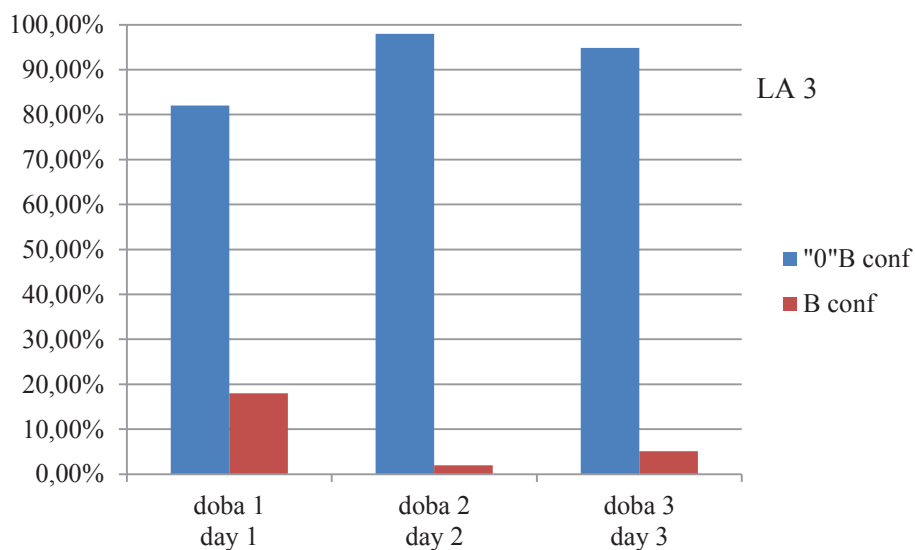
	doba 1 % (n) <i>day 1</i>	doba 2 % (n) <i>day 2</i>	doba 3 % (n) <i>day 3</i>
„0” B conf LA 3	82,00 (46)	98,00 (40)	94,87 (37)
B conf LA 3	18,00 (10)	2,00 (1)	5,13 (2)
„0” B conf LA 1	92,86 (52)	90,24 (37)	94,87 (37)

n – liczba pacjentów (%) – procent pacjentów
n – number of patients (%) – percentage of patients



Wykres 18. Zależność częstości występowania artefaktów linii B conf od doby życia dziecka, w której wykonano badanie

Graph 18. The incidence of B conf artifacts – patient age (day of life) when exam was performed



Wykres 19. Zależność częstości występowania artefaktów linii B conf od doby życia dziecka, w której wykonano badanie

Graph 19. The incidence of B conf artifacts – patient age (day of life) when exam was performed

Konsolidacje są trzecią cechą PUBP, dla której wykazano większą częstość ich występowania w zależności od doby życia w której przeprowadzono badanie ultrasonograficzne. Istotną statystycznie zależność stwierdzono we wszystkich polach tylnych płuca prawego (Tabela 24, Wykres 20): RP 1 ($p=0,01$), RP 2 ($p<0,05$), RP 3 ($p=0,014$) oraz RA 1 ($p<0,05$).

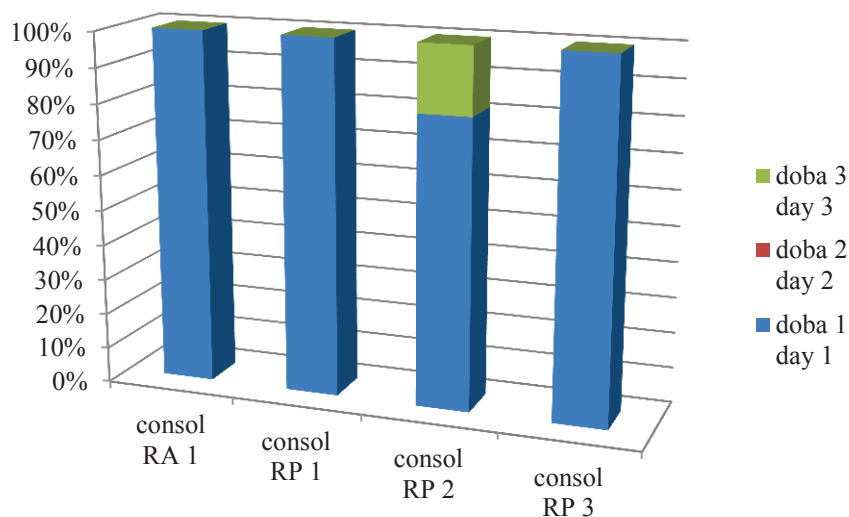
Tabela 24. Zależność częstości występowania konsolidacji od doby życia dziecka, w której wykonano badanie

Table 24. The incidence of consolidations – patient age (day of life) when exam was performed

	dobę 1 % (n) <i>day 1</i>	dobę 2% (n) <i>day 2</i>	dobę 3% (n) <i>day 3</i>
cons RA 1	5,36 (3)	0 (0)	0 (0)
cons RP 1	14 (8)	0 (0)	0 (0)
cons RP 2	13 (7)	0 (0)	3 (1)
cons RP 3	13 (7)	0 (0)	0 (0)

n – liczba pacjentów (%) – procent pacjentów

n – number of patients (%) – percentage of patients



Wykres 20. Zależność częstości występowania konsolidacji od doby życia dziecka, w której wykonano badanie

Graph 20. The incidence of consolidations – patient age (day of life) when exam was performed

Na powyższym wykresie zilustrowano zależności występujące w czterech polach płucnych: konsolidacje w RA 1, RP 1 i RP 3 występowały tylko u dzieci, u których PUBP wykonano w 1szej dobie życia. Natomiast w przypadku RP 2, konsolidację uwidoczniło tylko u jednego dziecka, u którego badanie wykonane było w 3-ciej dobie życia.

Przeanalizowano również częstość występowania artefaktów linii I. Zależności istotne statystycznie stwierdzono w 2 polach płuca lewego: LA 1 $p=0,02$ i LP 2 $p=0,013$ (Tabela 25, Wykres 21)

Tabela 25. Ocena częstości występowania artefaktów linii I od doby życia dziecka, w której wykonano badania

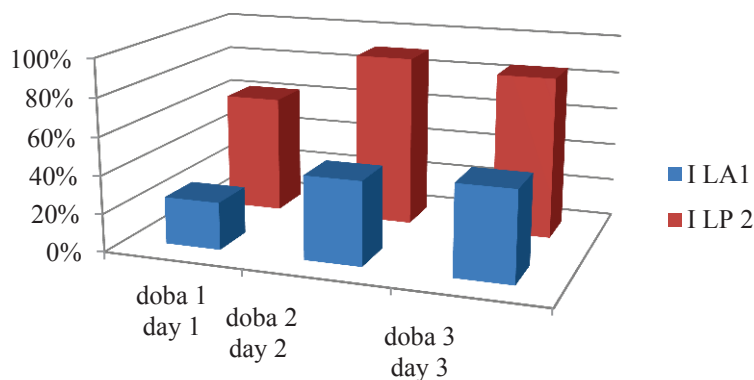
Table 25. The incidence of I line artifacts – patient age (day of life) when exam was performed

	doba 1,% (n) <i>day 1</i>	doba 2,% (n) <i>day 2</i>	doba 3, % (n) <i>day 3</i>
„0” I LA 1	75 (42)	56,10 (23)	52,50 (21)
I LA 1	25 (14)	43,90 (18)	47,50 (19)
„0” I LP 2	37,50 (21)	9,76 (4)	15 (6)
I LP 2	62,50 (35)	90,24 (37)	85 (34)

n – liczba pacjentów (%) – procent pacjentów

n – number of patients (%) – percentage of patients

„0” I – brak artefaktów linii I, *none I line artifacts*



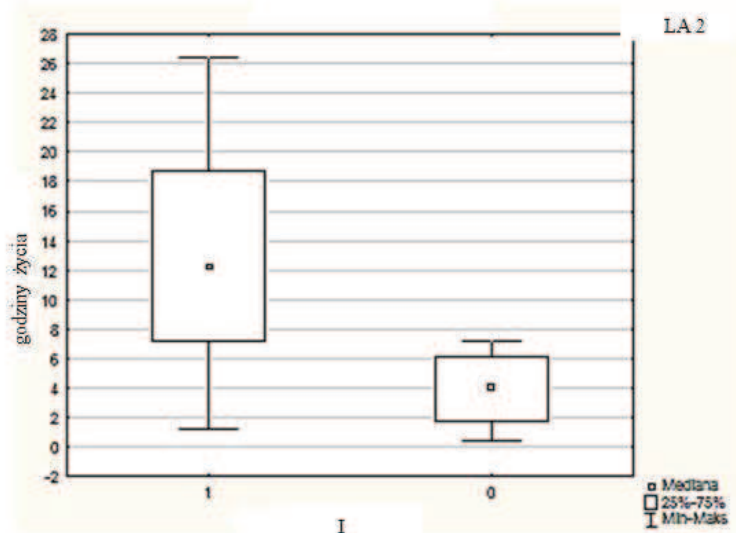
Wykres 21. Ocena częstości występowania artefaktów linii I od doby życia dziecka, w której wykonano badania

Graph 21. The occurrence of I line artifacts – patient age (day of life) when exam was performed

4.3.5. OBRAZ USG PŁUC W ZALEŻNOŚCI OD GODZINY ŻYCIA, W KTOREJ WYKONANO BADANIE (W PRZYPADKU DZIECI BADANYCH W PIERWSZEJ DOBIE ŻYCIA)

W noworodków badanych 1szej dobie życia sprawdzono częstość występowania poszczególnych cech obrazu usg w zależności od tego, ile godzin życia miało dziecko w trakcie badania.

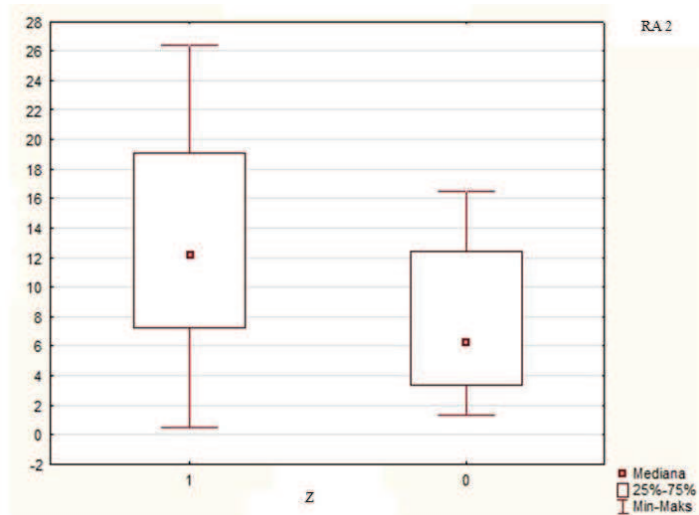
W przypadku dzieci starszych (mające więcej godzin życia w trakcie badania), zależność istotną statystycznie wykazano dla obecności artefaktów linii I w dwóch obszarach płuc: RA 1 ($p=0,045$), LA 2 ($p=0,02$), co przedstawiono na wykresie nr 22.



Wykres 22. Częstość występowania artefaktów linii I w zależności od godziny życia, w której wykonano badanie

Graph 22. The occurrence of I line artifacts – dependence of hour of life during examination

Podobną zależność wykazano w przypadku artefaktów linii Z w następujących polach płuc: RA 2 ($p=0,03$), RP 1 ($p=0,04$), LA 3 ($p=0,02$). U dzieci badanych w późniejszych godzinach życia, artefakty linii Z występowały częściej w odniesieniu do dzieci młodszych. Dla przykładu zależność dla RA 2 zilustrowano na wykresie nr 23.

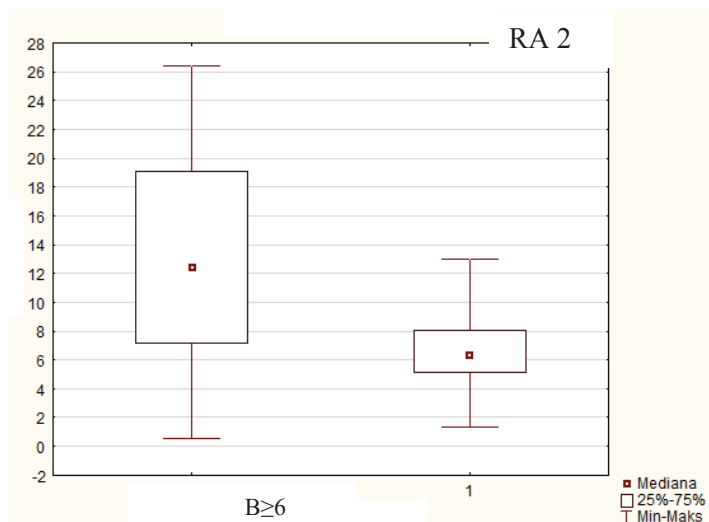


Wykres 23. Częstość występowania artefaktów linii Z w zależności od godziny życia, w której wykonano badanie

Graph 23. The occurrence of Z line artifacts – dependence of hour of life during examination

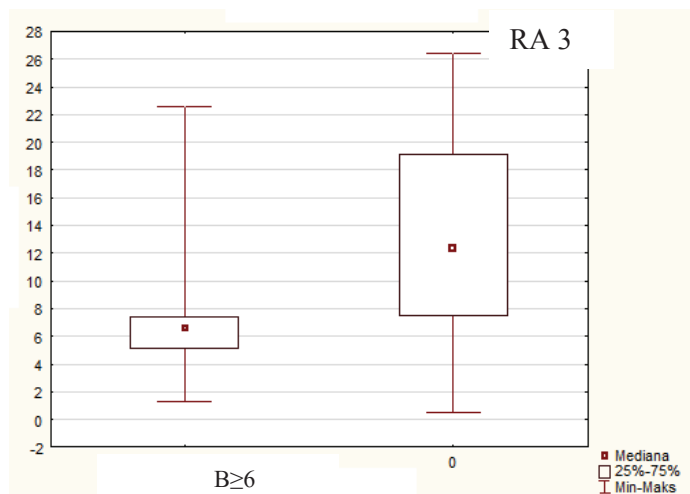
W grupie dzieci młodszych wykazano zależność istotną statystycznie dla: artefaktów linii $B \geq 6$, artefaktów linii B conf i konsolidacji.

Artefakty linii $B \geq 6$ dominowały u młodszych dzieci w następujących polach płuc: RA 2 ($p=0,01$), RA 3 ($p=0,001$), LA 3 ($p=0,04$), LP 3 ($p=0,02$), RP 2 ($p=0,03$), RP 3 ($p=0,003$). Dla przykładu na trzech poniższych wykresach (Wykres nr : 24,25,26) przedstawiono częstości występowania artefaktów linii $B \geq 6$, w zależności od wieku (godzin życia) noworodków.



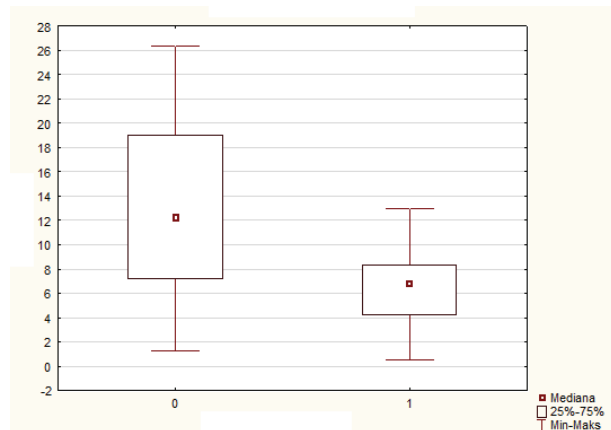
Wykres 24. Częstość występowania artefaktów linii $B \geq 6$ w zależności od godziny życia, w której wykonano badanie

Graph 24. The occurrence of $B \geq 6$ line artifacts – dependence of hour of life during examination



Wykres 25. Częstość występowania artefaktów linii $B \geq 6$ w zależności od godziny życia, w której wykonano badanie

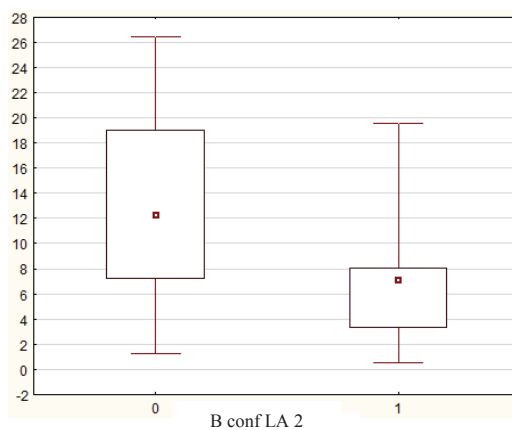
Graph 25. The incidence of $B \geq 6$ line artifacts – dependence of hour of life during examination



Wykres 26. Częstość występowania artefaktów linii $B \geq 6$ w zależności od godziny życia, w której wykonano badanie

Graph 26. The occurrence of $B \geq 6$ line artifacts – dependence of hour of life during examination

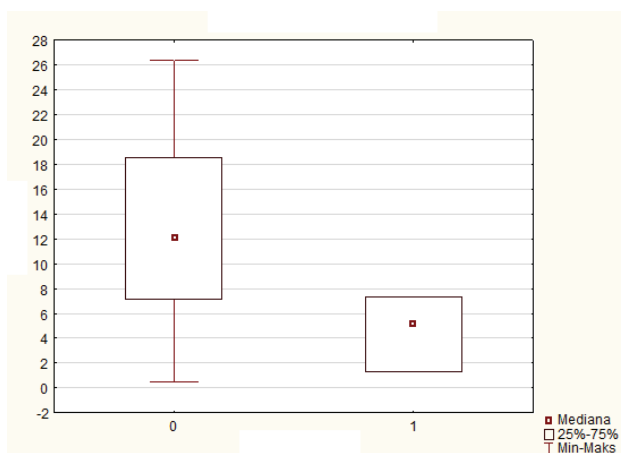
W przypadku artefaktów linii B conf, zależność istotną statystycznie stwierdzono w LA 2 ($p=0,03$), LA 3 ($p=0,03$). Dane te przedstawiono na wykresie nr 27.



Wykres 27. Częstość występowania artefaktów linii B conf w zależności od godziny życia, w której wykonano badanie

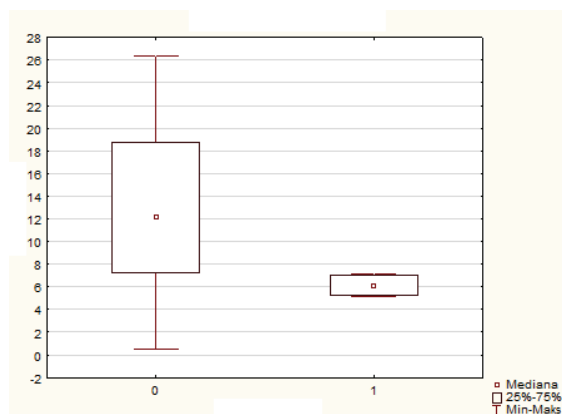
Graph 27. The incidence of B conf – dependence of hour of life during examination

U dzieci młodszych w porównaniu do starszych, konsolidacje występują z większą częstością w 4 polach płuca: w RP 1 ($p=0,04$), LA 2 ($p=0,05$) (Wykres 28), LP 1 ($p=0,008$), LP 2 ($p=0,04$) (Wykres 29).



Wykres 28. Częstość występowania cons w zależności od godziny życia, w której wykonano badanie

Graph 28. The occurrence of cons – dependence of hour of life during examination



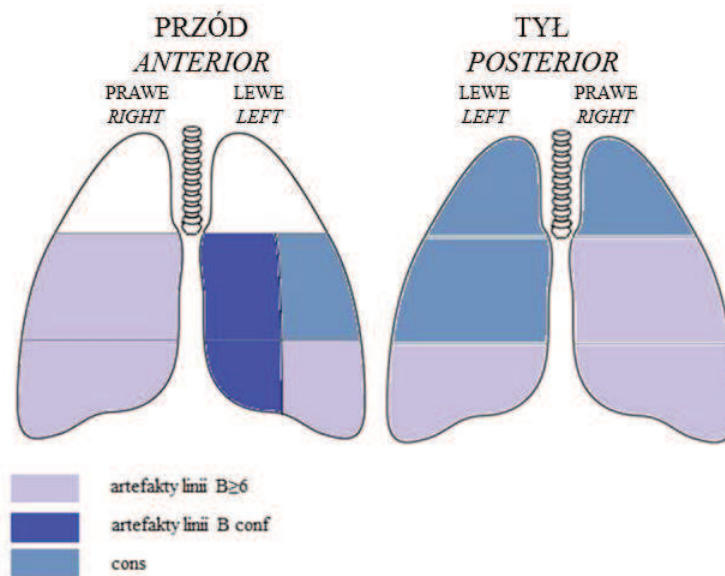
Wykres 29. Częstość występowania cons w zależności od godziny życia, w której wykonano badanie

Graph 29. The incidence of cons – dependence of hour of life during examination

4.3.6. OMÓWIENIE

W powyższych podrozdziałach analizie poddano obraz ultrasonograficzny płuc u noworodków próbując określić, co może mieć wpływ na częstość występowania poszczególnych cech obrazu PUBP.

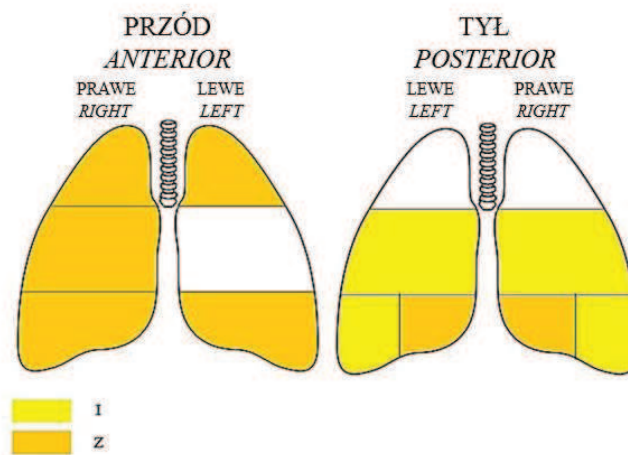
Wykazano, że największy wpływ na obraz PUBP u noworodka ma godzina życia, w której wykonano badanie. Wykazano, że im młodsze było badane dziecko (mniej godzin życia w trakcie badania), tym częściej występowały artefakty linii $B \geq 6$ (w 6 polach płucnych), konsolidacje (4 pola płucne) oraz artefakty linii B conf (2 pola płucne), czyli tzw. cechy nieprawidłowego obrazu PUBP. Dystrybucję poszczególnych parametrów zilustrowano na rycinie 4.



Rycina 4. Rozkład artefaktów występujących u najmłodszych noworodków (mniej godzin życia w trakcie badania)

Figure 4. The distribution of artifacts in younger newborns – less hours of life during examination

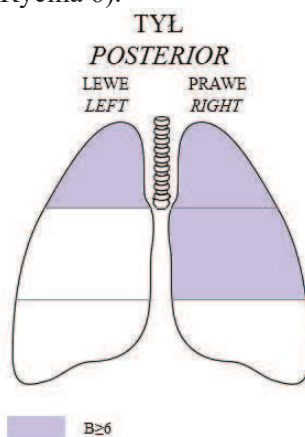
Natomiast im starszy noworodek (więcej godzin w trakcie badania), tym częściej występowały artefakty linii I oraz linii Z (Rycina 5).



Rycina 5. Rozkład artefaktów występujących u starszych noworodków (więcej godzin życia w trakcie badania)

Figure 5. The distribution of artifacts in elder newborns

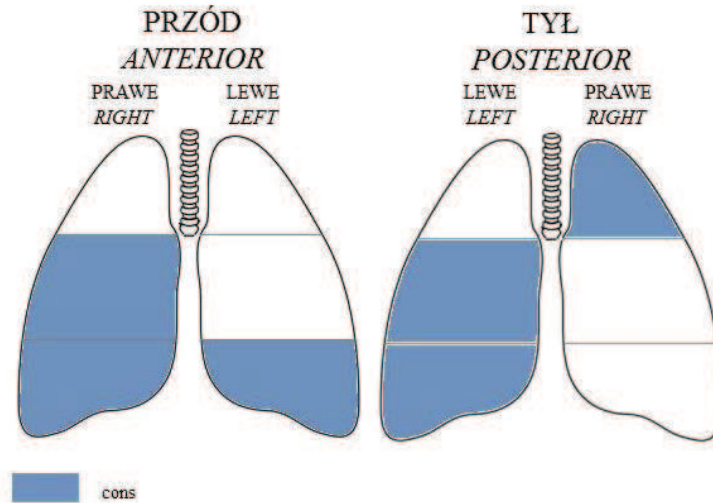
Kolejnym co do częstości czynnikiem mającym wpływ na obraz ultrasonograficzny płuc u noworodków, są wody płodowe. W populacji noworodków, u których stwierdzono obecność zielonego płynu owodniowego, wykazano częstsze występowanie artefaktów linii $B \geq 6$, zależność ta dotyczy tylnej powierzchni obu płuc (Rycina 6).



Rycina 6. Częstość występowania artefaktów linii $B \geq 6$ w poszczególnych polach płuc w zależności od rodzaju wód płodowych – zielony płyn owodniowy

Figure 6. The incidence of $B \geq 6$ in in particular lung field – green amniotic fluid

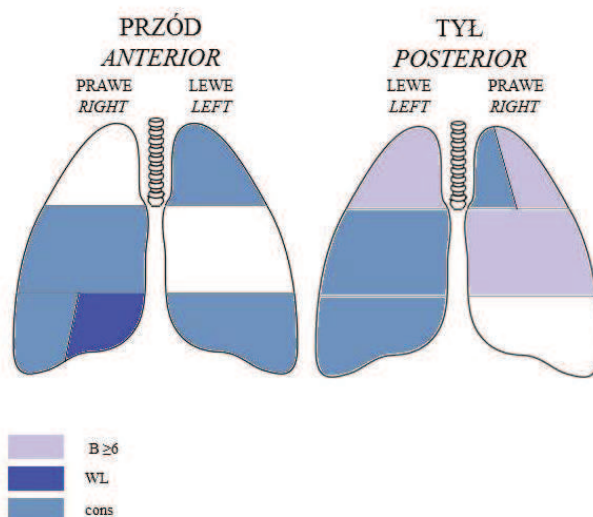
Podobną zależność wykazano dla konsolidacji (Rycina 7.).



Rycina 7. Częstość występowania konsolidacji w poszczególnych polach płuc – zielone wody płodowe

Figure 7. The incidence of consolidations in particular lung field – green amniotic fluid

Na rycinie nr 8 przedstawiono wszystkie artefakty występujące częściej u noworodków, u których stwierdzono obecność zielonego płynu owodniowego.



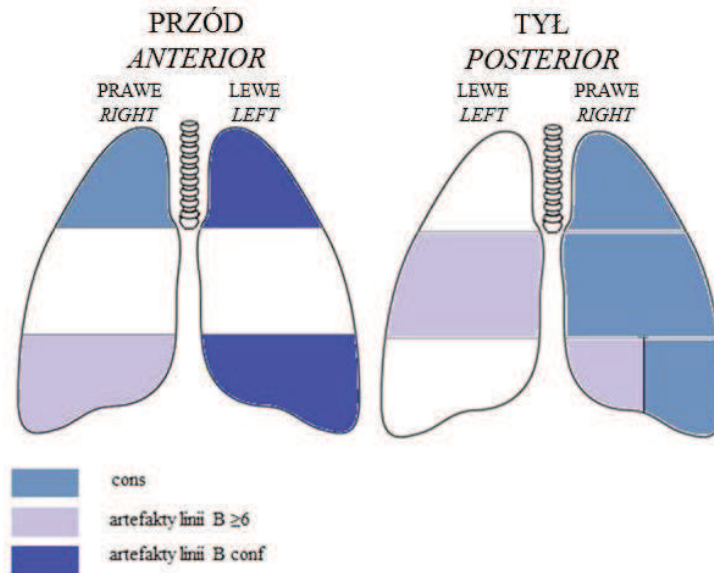
Rycina 8. Rozkład artefaktów i konsolidacji występujących u noworodków urodzonych z zielonych wód płodowych

Figure 8. The distribution of artifacts and consolidations in neonate born in green amniotic fluid

Nieco inaczej przedstawia się sytuacja w grupie noworodków urodzonych w czystych wodach płodowych. W tej grupie dzieci zależności obrazu od rodzaju wód płodowych były zdecydowanie mniej znaczące. Tylko w jednym obszarze płuca (RA 1) wykazano istotną statystycznie zależność ($p=0,039$) w częstotliwości występowania artefaktów linii I.

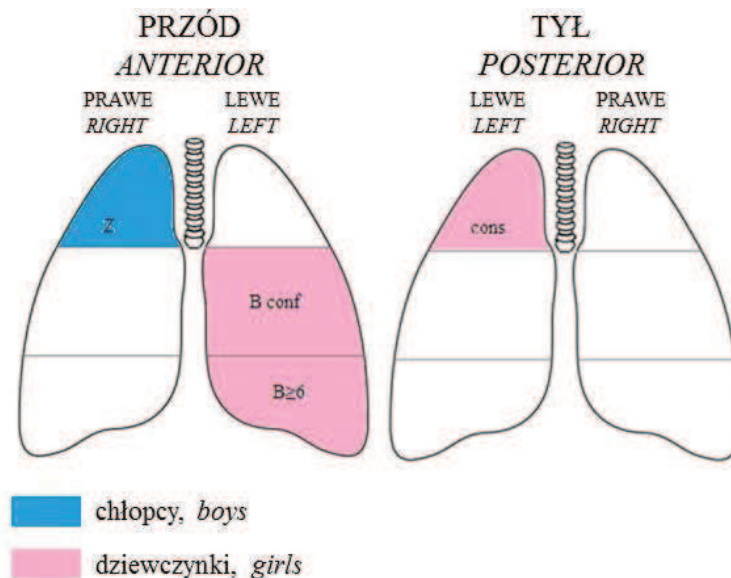
Trzecim czynnikiem mającym wpływ na obraz ultrasonograficzny obserwowany u noworodków, jest doba życia w której wykonano badanie. Rozpoczynając analizę od dzieci badanych w pierwszej dobie życia, wykazano częstsze występowanie: artefaktów linii B \geq 6, artefaktów linii B conf i konsolidacji (Rycina 9.). Należy zauważyć, że w grupie dzieci badanych w 2giej lub 3trzeciej dobie życia, częstość występowania w/w zmian jest mniejsza.

Inną zależność stwierdzono w przypadku artefaktów linii I, które z większą częstością stwierdzane były u dzieci badanych w 2 czy 3 dobie życia (w odniesieniu do dzieci badanych w 1szej dobie).



Rycina 9. Rozkład artefaktów linii B i konsolidacji częściej występujących u dzieci badanych w 1szej dobie życia
Figure 9. The distribution of B line artifacts and consolidations which occur with higher frequency in children examined in 1st day of their life

W analizie poszczególnych cech PUBP w zależności od płci, wykazano że u chłopców częściej spotykamy artefakty linii Z, a u dziewcząt: mnogie artefakty linii B (≥ 6), B conf, oraz konsolidacje. Podsumowanie stwierdzonych zmian zilustrowano na rycinie nr 10.



Rycina 10. Rozkład artefaktów występujących u płci męskiej i żeńskiej
 Figure 10. The distribution of artifacts in boys and girls

Czynnikiem dla którego wykazano najmniejszy wpływ na obraz płuc w PUBP, jest urodzeniowa masa ciała noworodków. Grupa dzieci z WL charakteryzowała się istotnie statystycznie niższą urodzeniową masą ciała, zależność wykazano tylko w RP 1.

4.4. ANALIZA OBRAZU ULTRASONOGRAFICZNEGO PŁUC – BADANIE KONTROLNE

Kontrolne PUBP (badanie nr 2) wykonano u 68 dzieci. Z czego 33 zbadano w 1szym miesiącu ich życia (między 29 a 30/31 dniem ich życia), a 35 w 2gim miesiącu życia. Badanie kontrolne (nr 2) zostało wykonane celem porównania uzyskanych danych z wynikami badania wstępnego (nr 1).

Charakterystykę grupy badanej przedstawiono w rozdziale 4.1, w której uwzględniono: płeć, rodzaj wód płodowych, kolejności porodów i ciąż. Poza tym oceniając badanie kontrolne uwzględniono masę ciała. Wszystkie dzieci uzyskały w tym okresie prawidłowy przyrost masy ciała i do dnia badania nie przebyły żadnej infekcji układu oddechowego (Tabela 26).

Tabela 26. Masa ciała pacjentów w dniu badania kontrolnego
 Table 26. Patients' body weight during control examination

masa ciała <i>body weight</i>	średnia (g) <i>mean</i>	minimum (g) <i>minimum</i>	maksimum (g) <i>maximum</i>	SD
	4517,35	3000,00	6900,00	706,82

SD – zielony płyn owodniowy odchylenie standardowe, g – gramy,
 SD – zielony płyn owodniowy *standard deviation*, g – grams

Podczas badania kontrolnego, rodzice wypełnili formularz dotyczący nieprawidłowości stwierdzonych przez pediatrę w badaniu przedmiotowym i podmiotowym, podane dane zostały zweryfikowane przez osobę badającą. W tabeli i na wykresie wyszczególniono stwierdzone nieprawidłowości.

Tabela 27. Dolegliwości zgłaszane podczas badania nr 2
 Table 27. Complaints reported during exam 2

Dolegliwości <i>Complaints</i>	N (%)
brak <i>none</i>	56 (82,35)
ulewanie <i>rerurgitations</i>	2 (2,94)
niepokój <i>anxiety</i>	5 (7,35)
nieżyt nosa <i>rhinitis</i>	3 (4,41)
przetrwały otwór owalny (nieistotny hemodynamicznie) <i>foramen ovale (irrelevant hemodynamically)</i>	1 (1,47)
zakażenie układu moczowego <i>urinary tract infection</i>	1 (1,47)

n – liczba pacjentów (%) – procent pacjentów
 n – number of patients (%) – percentage of patients

4.4.1. ANALIZA OBJAWÓW DYNAMICZNYCH I STATYCZNYCH CHARAKTERYSTYCZNYCH DLA PRAWIDŁOWEGO PUBP (DEFINICJA DOTYCZĄCA DOROSŁYCH I DZIECI) PORÓWNANIE BADANIA WSTEPNEGO I KONTROLNEGO

Porównano objawy dynamiczne (objaw ślizgania opłucnej) oraz statyczne (prawidłowa linia opłucnej, artefakty linii A) stwierdzone u tych samych dzieci w badaniu wstępnym (nr 1), z tymi samymi objawami stwierdzanymi w badaniu kontrolnym (nr 2). W tabelach: 28, 29, 30 oraz na wykresach: 30, 31, przedstawiono częstość występowania objawów dynamicznych i statycznych w PUBP w poszczególnych polach płucnych.

Tabela 28. Częstość występowania objawów statycznych w PUBP w płucu prawym: badanie nr 1 i nr 2

Table 28. The occurrence of static signs in LUS (right lung): exam 1 and exam 2

	Badanie nr 1 <i>Exam 1</i>		Badanie nr 2 <i>Exam 2</i>	
	A n (%)	Prawidłowa linia opłucnej n (%) <i>Normal pleural line</i>	A n(%)	Prawidłowa linia opłucnej n (%) <i>Normal pleural line</i>
RA 1	68 (100)	68 (100)	68 (100)	68 (100)
RA 2	68 (100)	68 (100)	68 (100)	68 (100)
RA 3	68 (100)	68 (100)	68 (100)	68 (100)
RP 1	68 (100)	68 (100)	68 (100)	68 (100)
RP 2	68 (100)	68 (100)	68 (100)	68 (100)
RP 3	68 (100)	68 (100)	68 (100)	68 (100)

n – liczba pacjentów (%) – procent pacjentów

n – number of patients (%) – percentage of patients

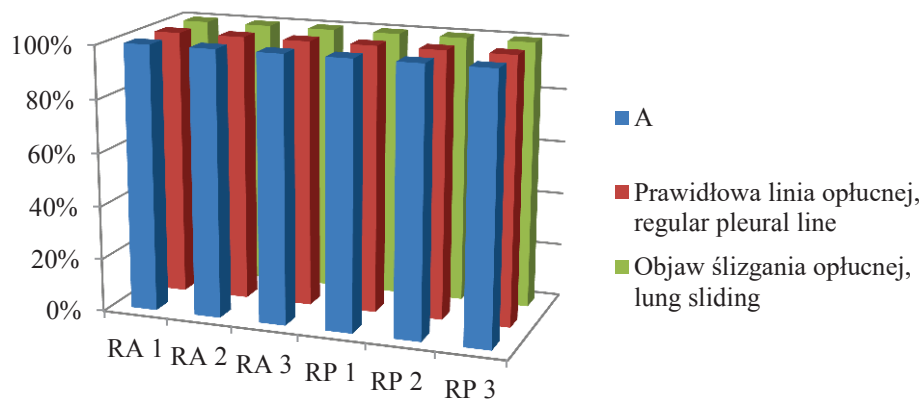
Tabela 29. Częstość występowania objawów dynamicznych w PUBP w płucu prawym: badanie nr 1 i nr 2

Table 29. The occurrence of static signs in LUS image (right lung): exam 1 and exam 2

	Objaw ślizgania opłucnej n (%) <i>Lung sliding</i>	
	Badanie nr 1 <i>Exam 1</i>	Badanie nr 2 <i>Exam 2</i>
RA 1	68 (100)	68 (100)
RA 2	68 (100)	68 (100)
RA 3	68 (100)	68 (100)
RP 1	68 (100)	68 (100)
RP 2	68 (100)	68 (100)
RP 3	68 (100)	68 (100)

n – liczba pacjentów (%) – procent pacjentów

n – number of patients (%) – percentage of patients



Wykres 30. Częstość występowania objawów statycznych i dynamicznych w PUBP w płucu prawym: badanie nr 1 i nr 2

Graph 30. The occurrence of static and dynamic signs in LUS (right lung): exam 1 and exam 2

Tabela 30. Częstość występowania poszczególnych cech w PUBP w płucu lewym badanie 1 i 2

Table 30. Comparison of LUS image exam 1 to exam 2

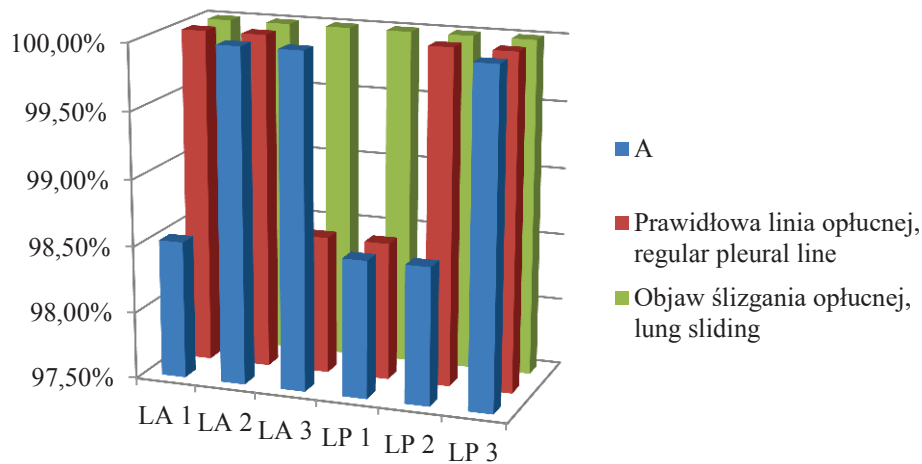
	Badanie nr 1 <i>Exam 1</i>			Badanie nr 2 <i>Exam 2</i>		
	A n (%)	Linia opłucnej n (%) <i>Pleural line</i>	Objaw ślizgania n (%) <i>Lung sliding</i>	A n (%)	Linia opłucnej n (%) <i>Pleural line</i>	Objaw ślizgania n (%) <i>Lung sliding</i>
LA1	67 (98,53)	68 (100)	68 (100)	68 (100)	68 (100)	68 (100)
LA2	68 (100)	68 (100)	68 (100)	68 (100)	68 (100)	68 (100)
LA3	68 (100)	67 (98,53)	68 (100)	68 (100)	68 (100)	68 (100)
LP1	67 (98,53)	67 (98,53)	68 (100)	68 (100)	68 (100)	68 (100)
LP2	67 (98,53)	68 (100)	68 (100)	68 (100)	68 (100)	68 (100)
LP3	68 (100)	68 (100)	68 (100)	68 (100)	68 (100)	68 (100)

n – liczba pacjentów (%) – procent pacjentów

n – number of patients (%) – percentage of patients

A-artefakty linii A, *A line artifacts*

Z uwagi na taką samą liczbę (u wszystkich pacjentów w każdym obszarze płuca stwierdzono: artefakty linii A, prawidłową linię opłucnej oraz objaw ślizgania) objawów w badaniu 1szym i 2gim, dane przedstawiono na jednym wykresie 30.



Wykres 31. Rozkład częstości występowania objawów dynamicznych i statycznych w PUBP w płucu lewym, badanie nr 1 i nr 2

Graph 31. The distribution of static and dynamic signs in LUS (left lung), exam 1 and exam 2

4.4.2. ANALIZA ARTEFAKTÓW LINII I ORAZ LINII Z: PORÓWNANIE BADANIA WSTĘPNEGO I KONTROLNEGO

W pracy porównano częstość występowania artefaktów linii Z i artefaktów linii I w badaniu nr 1 i badaniu nr 2, dane przedstawiono w tabelach: 31, 32 oraz na wykresach: 32, 33, 34, 35.

Tabela 31. Częstość występowania artefaktów linii I i artefaktów linii Z w płucu prawym, badanie nr 1 i badanie nr 2

Table 31. The occurrence of I and Z line artifacts, right lung, exam 1 and exam 2

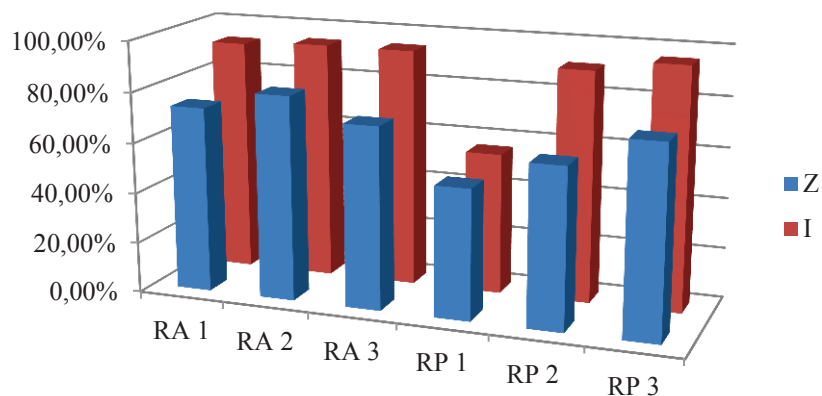
	Badanie 1 Exam 1		Badanie 2 Exam 2	
	Z n (%)	I n (%)	Z n (%)	I n (%)
RA 1	50 (73,50)	63 (92,60)	29 (42,65)	63 (92,64)
RA 2	55 (80,88)	64 (94,11)	31 (45,59)	65 (95,59)
RA 3	49 (72,06)	64 (94,11)	24 (35,29)	67 (98,53)
RP 1	35 (51,47)	38 (55,88)	21 (41,18)	39 (57,35)
RP 2	43 (63,23)	62 (91,18)	33 (48,53)	54 (79,41)
RP 3	51 (75,00)	65 (95,59)	26 (38,23)	54 (79,41)

n – liczba pacjentów (%) – procent pacjentów

n – number of patients (%) – percentage of patients

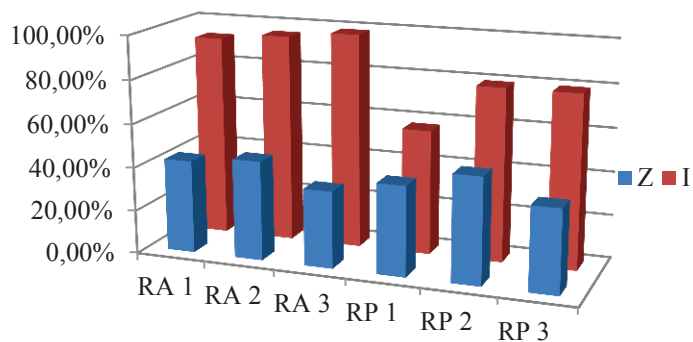
Z – artefakty linii Z, Z line artifacts

I – artefakty linii I, I line artifacts



Wykres 32. Rozkład częstości występowania artefaktów linii I i artefaktów linii Z w płucu prawym, badanie 1

Graph 32. The occurrence of I and Z line artifacts, right lung, exam 1



Wykres 33. Rozkład częstości występowania artefaktów linii I i artefaktów linii Z w płucu prawym, badanie 2

Graph 33. The occurrence of I and Z line artifacts, right lung, exam 2

Tabela 32. Częstość występowania artefaktów linii I i artefaktów linii Z w płucu lewym, badanie nr 1 i badanie nr 2

Table 32. The occurrence of I and Z line artifacts, left lung, exam 1 and exam 2

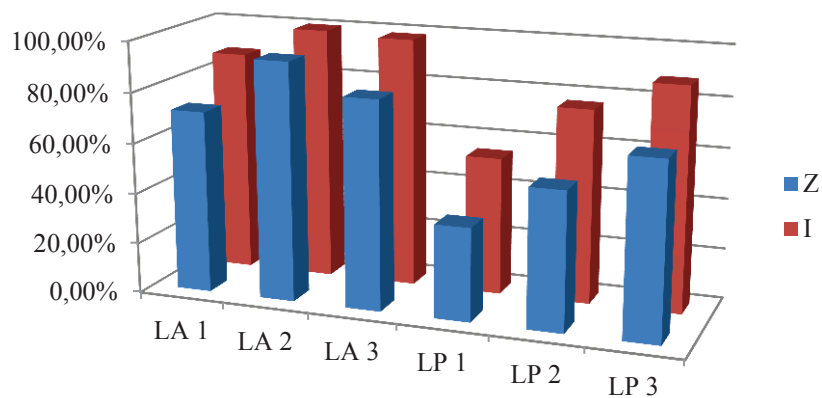
	Badanie 1 <i>Exam 1</i>		Badanie 2 <i>Exam 2</i>	
	Z n (%)	I n (%)	Z n (%)	I n (%)
LA 1	49 (72,06)	60 (88,23)	14 (20,59)	57 (83,82)
LA 2	64 (94,12)	68 (100)	31 (45,59)	66 (96,06)
LA 3	56 (82,35)	67 (98,53)	31 (45,59)	33 (48,53)
LP 1	25 (36,76)	37 (54,41)	23 (33,82)	34 (50,00)
LP 2	37 (54,4)	52 (76,47)	29 (42,65)	37 (54,41)
LP 3	47 (69,12)	60 (88,24)	22 (32,36)	49 (72,06)

n – liczba pacjentów (%) – procent pacjentów

n – number of patients (%) – percentage of patients

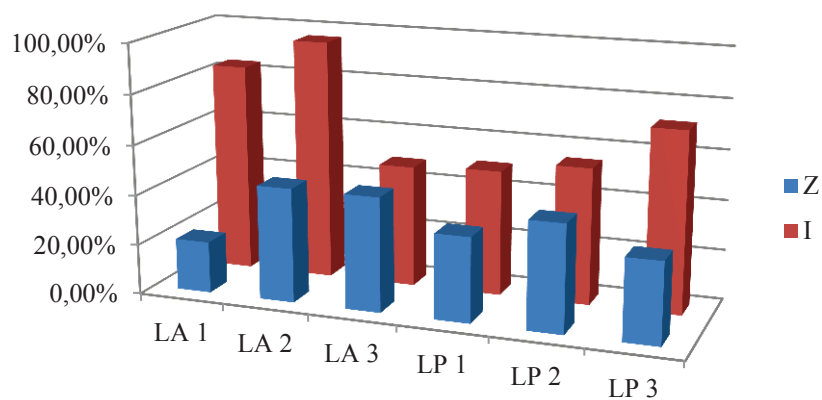
Z – artefakty linii Z, *Z line artifacts*

I – artefakty linii I, *I line artifacts*



Wykres 34. Rozkład częstości występowania artefaktów linii I i artefaktów linii Z w płucu lewym, badanie 1

Graph 34. The occurrence of I and Z line artifacts, left lung, exam 1



Wykres 35. Rozkład częstości występowania artefaktów linii I i artefaktów linii Z w płucu lewym, badanie 2

Graph 35. The occurrence of I and Z line artifacts, left lung, exam 2

Przeprowadzono analizę statystyczną aby porównać częstość występowania artefaktów linii I i linii Z: badanie nr 1 do badania nr 2 (Tabela 33.).

Tabela 33. Porównanie częstości występowania artefaktów linii I i linii Z: badanie nr 1 i badanie nr 2

Table 33. The occurrence of I and Z line artifacts: exam 1 and exam 2

Artefakt, lokalizacja <i>Artifact, lung field</i>	Badanie 1 n (%) <i>Exam 1</i>	Badanie 2 n (%) <i>Exam 2</i>	p
I			
RP 2	64 (91,18)	54 (79,41)	0,03
RP 3	65 (95,59)	54 (79,41)	<0,00
LP 2	52 (76,47)	28 (41,18)	<0,00
LP 3	60 (88,23)	49 (72,06)	0,02
Z			
RA 1	50 (73,53)	29 (42,65)	<0,00
RA 2	55 (80,88)	31 (45,59)	<0,00
RA 3	49 (72,06)	24 (35,29)	<0,00
RP 3	51 (75,00)	26 (38,23)	<0,00
LA 1	49 (72,06)	14 (20,59)	<0,00
LA 3	56 (82,35)	31 (45,59)	<0,00
LP 3	47 (69,11)	22 (32,36)	<0,00

n – liczba pacjentów (%) – procent pacjentów

n – number of patients (%) – percentage of patients

I – artefakty linii I, *I line artifacts*

Z – artefakty linii Z, *Z line artifacts*

p – istotność statystyczna, *p – statistical significance*

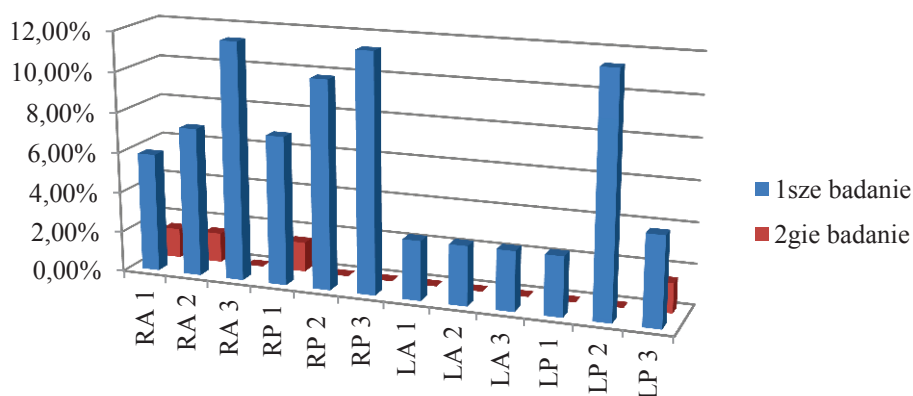
4.4.3. ANALIZA ARTEFAKTÓW LINII B_{≥6}, LINII B CONF, WL I KONSOLIDACJI: PORÓWNANIE BADANA WSTĘPNEGO I KONTROLNEGO

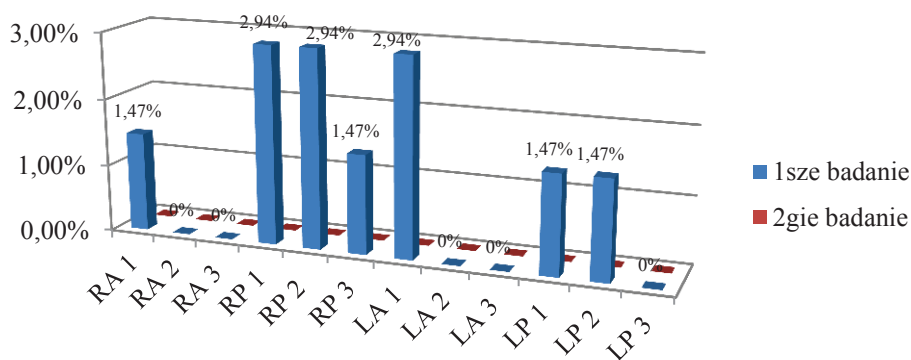
Kolejnym etapem pracy była analiza tzw. „patologicznych” cech obrazu w PUBP. Częstość ich występowania zestawiono w tabeli nr 34 i przedstawiono graficznie na wykresach: 36, 37, 38.

Tabela 34. Częstość występowania artefaktów linii B \geq 6: badanie nr 1 i badanie nr 2Table 34. The incidence of B \geq 6 line artifacts, exam 1 and exam 2

	Badanie 1 <i>Exam 1</i>	Badanie 2 <i>Exam 2</i>		Badanie 1 <i>Exam 1</i>	Badanie 2 <i>Exam 2</i>
	B \geq 6 n (%)	B \geq 6 n (%)		B \geq 6 n (%)	B \geq 6 n (%)
RA 1	4 (5,88)	1 (1,47)	LA 1	2 (2,94)	0 (0)
RA 2	5 (7,35)	1 (1,47)	LA 2	2 (2,94)	0 (0)
RA 3	8 (11,76)	0 (0)	LA 3	2 (2,94)	0 (0)
RP 1	5 (7,35)	1 (1,47)	LP 1	2 (2,94)	0 (0)
RP 2	7 (10,27)	0 (0)	LP 2	8 (11,76)	0 (0)
RP 3	8 (11,76)	0 (0)	LP 3	3 (4,41)	1(1,47)

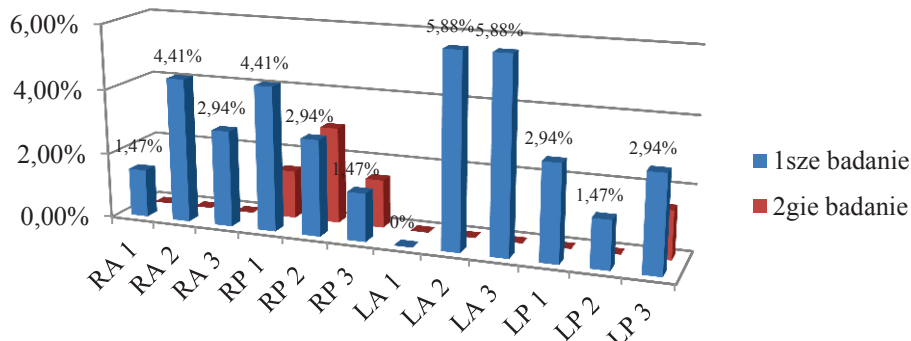
n – liczba pacjentów (%) – procent pacjentów

n – number of patients (%) – percentage of patientsWykres 36. Częstość występowania artefaktów linii B \geq 6: badanie nr 1 i badanie nr 2Graph 36. The occurrence of B \geq 6 line artifacts: exam 1 and exam 2



Wykres 37. Częstość występowania WL w poszczególnych polach płuc: badanie nr 1 i badanie nr 2

Graph 37. The occurrence of WL in particular lung field: exam 1 and exam 2

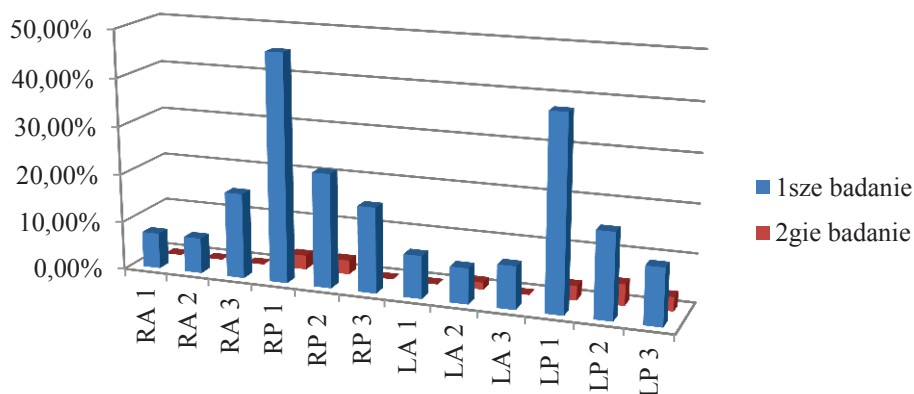


Wykres 38. Częstości występowania cons w poszczególnych polach płuc: badanie nr 1 i badanie nr 2

Graph 38. The occurrence of cons in particular lung field: exam 1 and exam 2

W badaniu nr 2 artefakty linii $B \geq 6$ i konsolidacje oraz WL występowały z podobną częstością w poszczególnych polach płuc (nie wykazano istotności statystycznej, aby któryś z nich dominował), ponadto nie wykazano istotności statystycznej, aby wymienione cechy występowały częściej w badaniu nr 1 w odniesieniu do badania nr 2.

Na wykresie nr 39 zilustrowano częstość występowania artefaktów linii B conf w obu badaniach (wstępnym i kontrolnym).



Wykres 39. Częstość występowania artefaktów linii B conf w poszczególnych polach płuc: badanie nr 1 i badanie nr 2

Graph 39. The occurrence of B conf in particular lung field: exam 1 and exam 2

Na przedstawionym powyżej wykresie uwidoczniło dwa pola płucne: RP 1 i LP 1 charakteryzujące się najczęstszym występowaniem artefaktów linii B conf w badaniu nr 1. W badaniu kontrolnym (nr 2) częstość występowania tych artefaktów jest niższa. W tabeli 35 porównano częstość występowania artefaktów linii B conf: badanie nr 1 do badania nr 2 z uwzględnieniem istotności statystycznej.

Tabela 35. Porównanie częstość występowania artefaktów linii B conf: badanie nr 1 do badania nr 2

Table 35. Comparison the incidence of B conf line artifacts: exam 1 and exam 2

	Badanie 1 n (%) <i>Exam 1</i>	Badanie 2 n (%) <i>Exam 2</i>	p
	B conf	B conf	
RA 1	5 (7,4)	0	>0,05
RA 2	5 (7,35)	0	>0,05
RA 3	12 (17,64)	0	>0,05
RP 1	32 (47,06)	2 (2,94)	0,006
RP 2	16 (23,53)	2 (2,94)	>0,05
RP 3	12 (17,64)	0	>0,05
LA 1	6 (8,82)	0	>0,05
LA 2	5 (7,35)	1 (1,47)	>0,05
LA 3	6 (8,82)	0	>0,05
LP 1	27 (39,71)	2 (2,94)	0,016
LP 2	12 (17,65)	3 (4,41)	>0,05
LP 3	8 (11,76)	2 (2,94)	>0,05

n – liczba pacjentów (%) – procent pacjentów

n – number of patients (%) – percentage of patients

p – istotność statystyczna, p – statistical significance

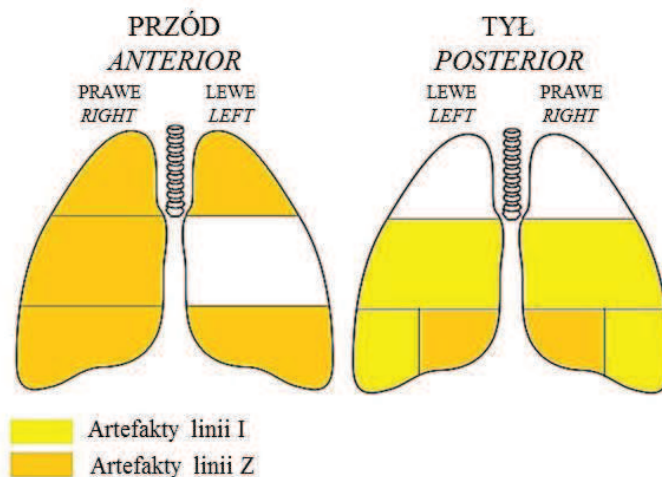
Istotność statystyczną wykazano dla dwóch pól płucnych: RP 1 i LP 1.

4.4.4. OMÓWIENIE

W tej części pracy dokonano porównania obrazu ultrasonograficznego płuc badanej populacji stwierdzonego w badaniu wstępnym (nr 1) z badaniem kontrolnym (nr 2).

Analizie poddano parametry charakteryzujące prawidłowy obraz płuca (definicja dotycząca pacjenta dorosłego i dziecka) czyli: artefakty linii A, objaw ślizgania, prawidłową linię opłucnej. Nie stwierdzono istotnej statystycznie różnicy między badaniem nr 1, a badaniem nr 2. Częstość występowania objawów statycznych i dynamicznych jest podobna w obu badaniach.

Porównano częstość występowania artefaktów linii I oraz Z (badanie nr 1 do badania nr 2). Wykazano istotnie statystycznie różnicę, w badaniu nr 2 wyżej wymienione artefakty występują rzadziej: w przypadku artefaktów linii I dotyczy to 4 pól płucnych, a w przypadku artefaktów linii Z dotyczy to 7 pól płucnych. Obszary płuc dla których wykazano tę zależność przedstawiono na rycinie 11.



Rycina 11. Przewaga występowania artefaktów linii I i artefaktów linii Z w badaniu nr 1 w odniesieniu do badania nr 2

Figure 11. The advantage of I and Z line artifacts in exam 1 in comparison to exam 2

Analizie poddano również artefakty linii $B \geq 6$, konsolidacje oraz WL, nie wykazano istotności statystycznej, aby wymienione cechy występowały częściej w badaniu nr 1 w odniesieniu do badania nr 2.

Ostatnim analizowanym artefaktem były linie B conf. Jest to artefakt, który w badaniu nr 1 występował najczęściej, w szczególności w górnych, tylnych polach obu płuc: RP 1 i LP 1. W pierwszej części analizy wykazano istotność statystyczną potwierdzającą tę hipotezę. W wykonanych badaniach kontrolnych (nr 2) u tych samych dzieci, częstość występowania artefaktów linii B conf znacząco spadła, również w RP 1 i LP 1. Artefakty, które dominowały w LP 1 i RP 1 w badaniu wstępnym, w badaniu kontrolnym stwierdzono tylko u 2 pacjentów. Wykazano istotną statystycznie różnicę. Wykazano, że częstość ich występowania jest odwrotnie proporcjonalna do wieku dziecka.

5. Dyskusja

5.1. Wprowadzenie

Badanie ultrasonograficzne płuc zaczyna być coraz częściej wykorzystywane w diagnostyce zaburzeń układu oddechowego u noworodków, głównie na oddziałach intensywnej terapii, gdzie służy do oceny i monitorowania zaburzeń oddychania. Szerokie zastosowanie PUBP w stanach zagrożenia życia u noworodków, przedstawił Daniel Lichtenstein w swoim artykule pt: Lung Ultrasound in the Critically Ill Neonate. Autor ten twierdzi, że prawidłowy obraz PUBP u noworodków jest identyczny z obrazem wstępującym u dorosłych [85].

Pierwsze doniesienia o możliwych różnicach w obrazie zdrowego płuca u noworodków przedstawione zostały w artykule Copetti R. i Cattarossi L. Autorzy zwrócili uwagę, że u noworodków urodzonych o czasie (poród naturalny i cięcie cesarskie) po stronie prawej występują pojedyncze artefakty linii B, które często przestają być widoczne po 24 do 36 godzinach [47]. Jako możliwą przyczynę tego stanu podali zaleganie płynu płucnego. Jednakże była to tylko krótka adnotacja, nie poparta analizą statystyczną. Po przeanalizowaniu zmian fizjologicznych zachodzących u noworodków (płyn płucny zalegający w śródmiąszu), założenie to wydaje się być słuszne. Podkreślenia wymaga fakt, iż nie ma dostępnych informacji na temat, kiedy płyn płucny zostaje w całości usunięty ze śródmiąszu płuc [10]. Raimondi F. wykorzystując usg podał się próby oceny oczyszczania płuc z płynu (zalegającego podczas życia płodowego). Rezultatem tego badania był podział noworodków na 3 grupy w zależności od obrazu PUBP i tak np: w grupie 1 występował obraz białego płuca, autorka założyła, że w tej grupie proces oczyszczania płuc z płynu przebiegał najwolniej. Jednak na podstawie tej klasyfikacji trudno jest określić czy obraz PUBP jest prawidłowy czy patologiczny, ponieważ zakres normy jest bardzo szeroki, co więcej badanie to zostało przeprowadzone na niejednorodnej grupie noworodków.

Podsumowując zebrane informacje wydaje się, że założenie przyjęte i prezentowane przez Daniela Lichtenstiena, mówiące o tym, że obraz ultrasonograficzny płuc u noworodków, jest miniaturą obrazu stwierdzanego u osoby dorosłej [85], wydaje się być niesłuszne. W przeciwieństwie do pracy Coppetti R., w której pojawia się sugestia, iż płyn płucny może mieć wpływ na obraz PUBP i tym samym różni się on od obrazu stwierdzanego u osoby dorosłej. Raimondi F. próbuje ocenić oczyszczanie się płuc z płynu przy pomocy ultrasonografii analizując obraz płuc, obraz ten w badanej grupie jest bardzo zróżnicowany. Na podstawie powyższych publikacji, niezwykle trudno jest, szczególnie osobom niedoświadczonym ocenić, czy obraz PUBP u noworodka

jest prawidłowy czy nie. Żadna z powyższych prac nie udziela precyzyjnej odpowiedzi na pytanie: jaki jest obraz ultrasonograficzny płuca u zdrowego noworodka.

W tej pracy dokładnie przeanalizowano obraz ultrasonograficzny płuc u noworodków, oceniając częstość występowania poszczególnych objawów dynamicznych, statycznych i ewentualnych zmian patologicznych.

5.2. OBRAZ ULTRASONOGRAFICZNY PŁUC W BADANEJ GRUPIE PACJENTÓW

5.2.1. OBRAZ PŁUC U NOWORODKÓW W PIERWSZYCH TRZECH DOBACH ŻYCIA – BADANIE WSTĘPNE (NR 1)

Większość badanych noworodków prezentowało typowe objawy charakteryzujące prawidłowy obraz płuca: objaw ślizgania opłucnej występował u wszystkich (137) dzieci, artefakty linii A oraz regularna linia opłucnej występowały odpowiednio u 134 i 133 dzieci.

Jednakże w badanej populacji uwidoczniło się również inne cechy obrazu usg takie jak: artefakty linii $B \geq 6$, WL i konsolidacje. Oceniono częstość ich występowania w poszczególnych polach płuc. Nie wykazano istotności statystycznej dominacji któregośkolwiek artefaktu w żadnym polu płuc (można wstępnie założyć że występują z podobną częstością we wszystkich polach płuc, wymaga to dalszych badań). Najczęściej spotykane były artefakty linii B (artefakty te występowały jako: $B \geq 6$, WL, czy też B conf). Autorka założyła, artefakty linii B mogą świadczyć o zaleganiu płynu płucnego w śródmiąższu płuc. Założenie to wynika z definicji artefaktu linii B, według której artefakty te generowane są przez obecność niewielkiej objętości płynu w przegrodach międzyplacikowych (jest to tzw. artefakt powietrze-woda). W tym miejscu należy zgodzić się z koncepcją Copetti R. i Cattarossi L., według których zalegający płyn płucny w usg może być widoczny jako artefakty linii B.

Na uwagę zasługują artefakty linii B conf, czyli tzw. kolumny „złanych” artefaktów linii B położonych bardzo blisko siebie (bez możliwości zmierzenia odległości między nimi). W prezentowanym materiale jest to najczęściej spotykana postać artefaktów linii B u noworodków, dominują w dwóch obszarach płuc: RP 1 i LP 1 (z przewagą w górnym, tylnym polu płuca prawego). Należałoby spróbować wyjaśnić czym może być uwarunkowane takie rozmieszczenie artefaktów linii B conf. Analizując anatomię drzewa oskrzelowego oraz zmiany adaptacyjne dotyczące układu oddechowego zachodzące w okresie noworodkowym, uwzględniono następujące możliwe przyczyny:

– wszystkie z badanych dzieci urodzone były główkowo, pozycja główkowa płodu w ostatnim trymestrze ciąży, może spowodować, że płyn płucny układu

się grawitacyjnie, to tłumaczyłoby rozkład artefaktów linii B conf w górnych polach płuc.

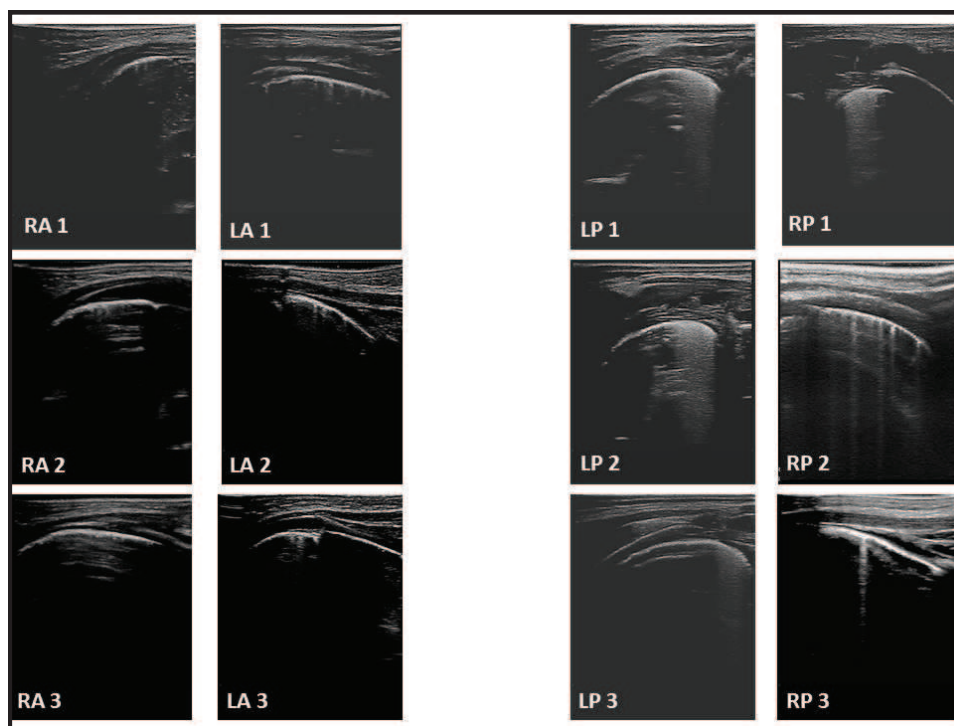
– po urodzeniu dzieci przebywały w pozycji leżącej na plecach, tak więc płyn płucny może układać się grawitacyjnie na tylnej powierzchni płuc .

– kąt podziału oskrzeli płatowych i segmentowych mógł utrudnić wypływ płynu przez tchawicę podczas porodu, należy podkreślić, że tylko 10% płynu płucnego usuwane jest w ten sposób.

W pracy udokumentowano częste występowanie artefaktów linii I i artefaktów linii Z. Znaczenie kliniczne tych artefaktów nie zostało do tej pory zdefiniowane. Wiadomym jest, że występują jako element prawidłowego PUBP u dorosłych, można więc założyć , w grupie badanych noworodków jest podobnie. Natomiast wymaga to dalszych badań. Istotnym jest posiadanie informacji na temat tych artefaktów, aby nie interpretować ich jako artefakty linii B.

Ultrasonograficzny obraz płuc w badanej populacji noworodków różni się znacznie od obrazów płuc obserwowanych u dzieci czy pacjentów dorosłych, jest bardzo niejednorodny. Jednakże to co wyróżnia obraz PUBP badanej populacji, to artefakty linii B conf. Można wstępnie założyć, że te artefakty mogą być składową prawidłowego PUBP (u noworodków urodzonych o czasie, siłami i drogami natury, w stanie ogólnym dobrym), ponieważ obserwowane były najczęściej (w odniesieniu do $B \geq 6$, WL czy cons). Co więcej dzięki podziałowi płuc na pola, udało się wyszczególnić dwa obszary: górne, tylne pole płuca prawego i lewego (LP 1 i RP 2), w których dominowały.

Po przeanalizowaniu wszystkich ultrasonograficznych cech obrazu płuc w poszczególnych obszarach stworzono najczęściej powtarzający się model obrazu płuca u noworodków urodzonych o czasie, drogami i siłami natury, w stanie ogólnym dobrym o masie urodzeniowej w zakresie 2,7-4,0 kg. Obraz ten przedstawiono na rycinie 12.



Rycina 12. Obraz PUBP w poszczególnych polach płuc
Figure 12. LUS image in particular lung field

Pracę wyróżnia fakt, iż analiza dotyczy jednorodnej grupy noworodków. Ponadto oceniono częstość występowania konsolidacji oraz nieregularnej linii opłucnej (w dostępnych publikacjach nie ujęto ich analizy). Prezentowane artefakty linii B conf i ich rozkład w poszczególnych polach płucnych są pierwszymi tego typu danymi dostępnymi w piśmiennictwie.

5.2.2. OCENA ZMIENNOŚCI OBRAZU PUBP

W pracy przeanalizowano zmienność obrazu PUBP u noworodka w zależności od różnych czynników:

- doby życia noworodka, w której wykonano badanie, jeśli badanie wykonane było w 1szej dobie życia, uwzględniono również godzinę życia dziecka,
- masy urodzeniowej,
- rodzaju płynu owodniowego (przejrzysty/zielony),
- płci.

Obraz płuc w zależności doby życia noworodka

Stwierdzono, że największy wpływ na obraz PUBP ma czas, w którym wykonano badanie. U noworodków badanych w 1szej dobie życia statystycznie częściej występowały artefakty: linii B, WL oraz konsolidacje. W grupie dzieci

badanych w 1szej dobie zaobserwowano zależność: im młodszy był noworodek (mniej godzin życia w trakcie badania) tym częściej występowały u niego: konsolidacje, WL i artefakty linii B, czyli zależność była identyczna. Warto podkreślić, że tylko u jednego noworodka, zbadanego w trzeciej dobie życia, uwidoczniło się konsolidacje. Można założyć, że obraz jego płuc w 1szej dobie życia mógł zawierać jeszcze więcej konsolidacji, jest to jednak tylko hipoteza, aby ją zweryfikować badanie powinno być wykonane zarówno w 1szej, 2giej jak i 3ciej dobie życia.

Podsumowując, doba życia noworodka w której wykonano badanie, jest istotnym czynnikiem wpływającym na obraz PUBP. Ta analiza może być potwierdzeniem faktu, iż płyn płucny po urodzeniu znajduje się w śródmiaższu i jest z niego usuwany w ciągu kolejnych dób życia.

Obraz płuc w zależności od rodzaju płynu owodniowego

U noworodków, u których stwierdzono zielony płyn owodniowy, częściej występowały artefakty definiujących tzw. „mokre płuco”(artefakty linii B) w przeciwieństwie do dzieci urodzonych w czystych wodach płodowych, u których stwierdza się większą liczbę artefaktów linii Z i artefaktów linii I.

Obraz płuc w zależności od płci

Analiza poszczególnych cech PUBP w zależności od płci wykazała, że u chłopców częściej spotykamy artefakty linii Z, a u dziewcząt: artefakty linii: $B \geq 6$, B conf, oraz konsolidacje.

W tej części analizy wykazano, że obraz ultrasonograficzny płuc u noworodków jest zmienny, a największy wpływ na to ma wiek dziecka. Warto podkreślić, że w dostępnym piśmiennictwie brakuje opracowań poruszających tę problematykę.

5.2.3. OBRAZ PŁUC U NOWORODKÓW W BADANIU KONTROLNYM (NR 2)

Jest to pierwsza praca, w której uwzględniono analizę obrazu PUBP u tych samych dzieci kiedy są noworodkami i niemowlętami. Zmienność obrazu PUBP w badanej populacji, odzwierciedla badanie kontrolne (nr 2) wykonane w pierwszych dwóch miesiącach ich życia (od ukończenia okresu noworodkowego do ukończenia 2go miesiąca życia). Porównując pierwsze i drugie badanie PUBP, wykazano, że najistotniejszy parametr za jaki uznano artefakty linii B conf (w badaniu nr 1 stwierdzany w największej liczbie w polach RP 1 i LP1), w badaniu kontrolnym występował tylko u 2 pacjentów. Ta zależność występowania artefaktów linii B conf od wieku, może być potwierdzeniem usuwania płynu płucnego ze śródmiaższu płuc. Na tej podstawie stwierdza się, że obraz PUBP u tych samych dzieci różni się w zależności od okresu, w którym były badane (noworodki lub niemowlęta). Obraz uzyskany w badaniu kontrolnym spełnia kryteria prawidłowego PUBP u dorosłych i dzieci

W niniejszej pracy nie uwzględniono analizy zespołów śródmiąższowych i śródmiąższowo-pęcherzykowych. Biorąc pod uwagę definicję, która mówi, że odległość między przegrodami międzypłacikowymi wynosi około 7 mm, należy pamiętać że odnosi się ona do dorosłych. Należałoby odpowiedzieć na pytanie, czy u noworodków można dokonywać podziału na te dwa parametry?

Należy podkreślić, że powyższe założenia są wstępne, konieczne są dalsze badania przeprowadzone na większej grupie noworodków.

5.2.4. OGRANICZENIA

Mimo licznych zalet badania ultrasonograficznego, należy mieć świadomość jego ograniczeń, tylko wówczas badanie będzie właściwie interpretowane.

Ograniczeniem tego badania są struktury kostne (fale utrudzające odbijają się od powierzchni kości, uniemożliwiając interpretację obszarów położonych głębiej). Należy pamiętać, że zmiany patologiczne (konsolidacje) widoczne są tylko gdy przylegają do linii opłucnej.

Wyniki przeprowadzonego badania są wstępne. Konieczne jest przeprowadzenie podobnego badania na większej liczbie dzieci, to mogłoby udoskonalić opracowany wzorzec ultrasonograficznego badania płuc u noworodków. Ograniczenia dotyczące niniejszej pracy są następujące:

1. Zbadano tylko dzieci urodzone drogami i siłami natury, nie uwzględniono dzieci urodzonych z cięcia cesarskiego.

2. Badania u dzieci były wykonane losowo: 1szej, 2giej lub 3ciej dobie życia, nie oceniono dynamiki zmian obrazu PUBP tego samego dziecka w trzech pierwszych dobach jego życia.

3. Na badania kontrolne zgłosiła się tylko część (68) pacjentów, którzy mieli wykonane pierwsze badania ultrasonograficzne płuc.

Konieczne są dalsze badania weryfikujące stworzony wzorzec PUBP obrazowania z uwzględnieniem przedstawionych w powyżej ograniczeń.

6. WNIOSKI

1. Wykazano różnicę między obrazem PUBP u badanych noworodków, a PUBP u dorosłych i dzieci:
 - w badanej populacji uwidoczniono artefakty linii: B conf i B (≥ 6), WL oraz konsolidacje podopłucnowe (które nie występują w prawidłowym PUBP u dorosłych i u dzieci),
 - najbardziej charakterystyczną cechą dla PUBP u noworodków są artefakty linii B conf, dominujące w tylnych, górnych polach obu płuc.
2. Obraz PUBP u badanych dzieci jest dynamiczny.
Obraz uzyskany w badaniu kontrolnym spełnia kryteria prawidłowego PUBP u dorosłych i dzieci.

7. STRESZCZENIE

Diagnostyka ultrasonograficzna płuc zaczyna być co raz częściej wykorzystywana jako metoda obrazowa. Jest to badanie bezpieczne, pozbawione potencjalnie niekorzystnego promieniowania jonizującego. Aktualnie w dostępnych wytycznych nie udokumentowano szkodliwego wpływu badania ultrasonograficznego na organizm ludzki. Ponadto PUBP cechuje się wysoką czułością i swoistością, a liczne publikacje potwierdzają jej przydatność w różnicowaniu prawidłowych i patologicznych zmian w mięszu płucnym u pacjentów dorosłych i u dzieci [14, 16-35, 41-45, 81]. Miniaturyzacja sprzętu pozwala na przenoszenie go, tak więc badania mogą być wykonywane przyłózkowo. Ma to szczególne znaczenie, gdy takiej diagnostyki wymagają pacjenci w ciężkim stanie ogólnym. Dotyczy to również licznej grupy noworodków. Jednocześnie badanie USG może być często powtarzane w zależności od potrzeb diagnostyczno-terapeutycznych. Ultrasonografia płuc jako pierwsza została wykorzystana u pacjentów dorosłych. Na tej podstawie stworzono wzorcowy obraz ultrasonograficzny płuc stwierdzany u osób zdrowych. Nieco później metodę tą wprowadzono do diagnostyki populacji pediatrycznej, w tym noworodków, zakładając, że prawidłowy obraz płuc w przekłatkowym badaniu ultrasonograficznym jest taki sam jak u osób dorosłych. Konsekwencją takiego założenia było wykorzystanie PBUP u noworodków do oceny patologii.

Większość dostępnych publikacji dotyczy zastosowania ultrasonografii do oceny RDS i TTN [47, 48, 71, 72, 75-79], znajdziemy również doniesienia o monitorowaniu zmian zapalnych w płucach czy diagnostyce wad rozwojowych [74]. Dostępne są pojedyncze publikacje odnośnie diagnostyki odmy jamy opłucnej i niedodmy (u noworodków) [73, 80].

Pierwsze publikacje o możliwości występowania różnic w obrazie PUBP u noworodków w odniesieniu do dzieci czy dorosłych pojawiły się w 2007 r. Copetti R. opisał, że w PUBP u noworodka, obserwuje się nieco liczniejsze artefakty linii B, częściej po stronie prawej, jako przyczynę podał zaleganie płynu płucnego. Jednakże była to tylko krótka adnotacja, w opisie prawidłowego PUBP, nie poparta analizą statystyczną, co więcej artykuł dotyczył oceny płuc u noworodków z rozpoznaniem RDS. Kolejna praca w której wspomina się o prawidłowym ultrasonograficznym obrazie płuc u noworodka, pojawiła się w 2012 roku, Raimondi F. wykorzystując usg podał się próby oceny oczyszczania płuc z płynu (zalegającego podczas życia płodowego). Rezultatem tego badania był podział noworodków na 3 grupy w zależności od obrazu PUBP: w grupie 1 występował obraz białego płuca, w grupie 2 przewaga linii B, natomiast w grupie dominowały artefakty linii A. Jednakże badanie zostało przeprowadzone na niejednorodnej grupie noworodków w trzech kolejnych dobach życia. Zakwalifikowano zarówno dzieci o prawidłowej masie urodzeniowej ($\geq 2,5$ kg)

jak i hipotroficzne (<2,5 kg), urodzone o czasie oraz wcześniaki, urodzone siłami i drogami natury oraz cięciem cesarskim [81].

Celem niniejszej pracy była ocena obrazu ultrasonograficznego płuc u noworodków (jednorodna grupa, por. niżej), wykazanie ewentualnych różnic w odniesieniu do wzorca prawidłowego PUBP (u dorosłych i dzieci) oraz ocena dynamiki zmian PUBP u tych dzieci, od pierwszych trzech dób życia do 2 miesiąca życia.

Prospektywnym badaniem objęto 137 noworodków. PUBP wykonano przyłóżkowo, na oddziale Położniczym Powiatowego Centrum Zdrowia w Kartuzach. Grupę badanych dzieci stanowiły noworodki: w trzech pierwszych dobach życia, urodzone o czasie (>37 HBD), drogami i siłami natury, w stanie ogólnym dobrym (punktacja APGAR 8-10), o masie urodzeniowej powyżej 2,7 kg (10 centyl), obojga płci. Badanie nr 1 (wstępne) zostało wykonane głowicą liniową szerokopasmową o zakresie częstotliwości 3-12 MHz, aparatem Philips CX 50 (Philips Ultrasound Bothell WA, 2012) przy użyciu *presetu* przeznaczonego do przezklatkowego badania płuc.

Następnie u tych samych dzieci (zbadano 68 dzieci), gdy osiągnęły wiek w przedziale od 1 do 2 miesięcy wykonano kontrolne ultrasonograficzne badanie płuc, w NZOZ Centrum Medycznym Św. Łukasza w Kartuzach. Badanie wykonano przy użyciu głowicy liniowej szerokopasmowej o zakresie częstotliwości 4-11 MHz (Mindray System DC-7, Hamburg, Germany 2010), użyto wstępnych ustawień aparatu przeznaczonego do badania narządów położonych powierzchownie, po uprzednim wyłączeniu opcji ulepszających obraz (aparat ten nie dysponował automatycznymi ustawieniami przeznaczonymi do oceny płuc).

Badania wykonano w pozycji leżącej: na plecach, następnie na brzuchu. Oceniono przestrzenie międzyżebrowe w liniach: przymostkowych, środkowo-obojęzycznych, pachowych (przednia, środkowa i tylna), przykręgosłupowych i środkowo-łopatkowych. W celu określenia lokalizacji zmian w PUBP dokonano podziału płuc na pola (górne, środkowe i dolne).

Podczas badania oceniono cechy definiujące prawidłowy obraz płuc u dzieci i dorosłych, czyli obecność: regularnej linii opłucnej, objawu ślizgania, artefaktów linii A, artefaktów linii B<6 (poprzeczne położenie głowicy).

Analizie poddano występowanie: mnogich (≥ 6) artefaktów linii B (poprzeczne przyłożenie głowicy), WL i konsolidacji (cons). Są to cechy nieprawidłowego obrazu PUBP opisywane u dorosłych i dzieci.

Ponadto oceniono występowanie artefaktów linii I i artefaktów linii Z.

W badaniu nr 1 oceniono częstość występowania wyżej wymienionych cech w poszczególnych polach płuc. Większość badanych noworodków prezentowało typowe objawy charakteryzujące prawidłowy obraz płuca: objaw ślizgania opłucnej występował u wszystkich (137) dzieci, artefakty linii A oraz regularna linia opłucnej występowały odpowiednio u 134 i 133 dzieci.

Jednakże w badanej populacji uwidoczniło się również inne cechy obrazu usg. Najczęściej spotykane były artefakty linii B (artefakty te występowały jako: $B \geq 6$, WL, czy też B conf). Autorka założyła, artefakty linii B mogą świadczyć o zaleganiu płynu płucnego w śródmiąższu płuc. Założenie to wynika z definicji artefaktu linii B, według której artefakty te generowane są przez obecność niewielkiej objętości płynu w przegrodach międzypłacikowych (jest to tzw. artefakt powietrze-woda). W tym miejscu należy zgodzić się z koncepcją Copetti R. i Cattarossi L., według których zalegający płyn płucny w usg może być widoczny jako artefakty linii B.

Na uwagę zasługują artefakty linii B conf, czyli tzw. kolumny „złanych” artefaktów linii B położonych bardzo blisko siebie (bez możliwości zmierzenia odległości między nimi). W prezentowanym materiale jest to najczęściej spotykana postać artefaktów linii B u noworodków, dominują w dwóch obszarach płuc: RP 1 i LP 1 (z przewagą w górnym, tylnym polu płuca prawego).

Ultrasonograficzny obraz płuc w badanej populacji noworodków różni się znacznie od obrazów płuc obserwowanych u dzieci czy pacjentów dorosłych, jest bardzo niejednorodny. Jednakże można wstępnie założyć, że te artefakty linii B conf. mogą być składową prawidłowego PUBP (u noworodków urodzonych o czasie, siłami i drogami natury, w stanie ogólnym dobrym). Taki obraz płuca w połączeniu z obrazem klinicznym pozwala nam na przeprowadzenie diagnostyki różnicowej z RDS (obraz białego płuca), TTN (przewaga artefaktów linii B w dolnych polach płuc) czy pneumonii (obecność konsolidacji).

W kolejnym etapie pracy przeanalizowano zmienność obrazu PUBP u noworodka w zależności od: doby życia noworodka, w której wykonano badanie (jeśli badanie wykonane było w 1szej dobie życia, uwzględniono również godzinę życia dziecka), masy urodzeniowej, rodzaju płynu owodniowego (przejrzysty/zielony) i płci. Stwierdzono, że największy wpływ na obraz PUBP ma czas, w którym wykonano badanie: u noworodków badanych w 1szej dobie życia statystycznie częściej występowały artefakty: linii B, WL oraz cons. W grupie dzieci badanych w 1szej dobie życia, im młodszy był noworodek (mniej godzin życia w trakcie badania) tym częściej występowały u niego wyżej wymienione cechy, czyli zależność była identyczna. Ta zależność może być potwierdzeniem teorii, iż płyn płucny po urodzeniu znajduje się w śródmiąższu płuc i jest usuwany w ciągu kolejnych dób życia dziecka.

U noworodków, u których stwierdzono zielony płyn owodniowy, częściej występowały artefakty definiujących tzw. „mokre płuco” (artefakty linii B).

Analiza poszczególnych cech PUBP w zależności od płci wykazała, że u chłopców częściej spotykamy artefakty linii Z, a u dziewcząt: artefakty linii: $B \geq 6$, B conf, oraz konsolidacje. W tej części analizy wykazano, że obraz jest zmienny, a największy wpływ ma wiek dziecka.

Do tej pory wykazano, że wzorzec obrazu PUBP u noworodków różni się znacznie od modelu u dorosłych i dzieci, co więcej w PUBP u noworodków zaobserwowano zmienność obrazu PUBP.

Zmienność obrazu PUBP w badanej populacji, odzwierciedla badanie kontrolne (nr 2) wykonane w pierwszych dwóch miesiącach życia (od ukończenia okresu noworodkowego do ukończenia 2go miesiąca życia). Porównując pierwsze i drugie badanie PUBP, wykazano, że najistotniejszy parametr, za jaki uznano artefakty linii B conf (w badaniu nr 1 stwierdzany w największej liczbie w polach RP 1 i LP1), w badaniu kontrolnym występował tylko u 2 pacjentów. Ta zależność występowania artefaktów linii B conf od wieku, może być potwierdzeniem usuwania płynu płucnego ze śródmiąższu płuc.

Jest to pierwsza praca uwzględniająca analizę obrazu PUBP u tych samych dzieci kiedy są noworodkami i niemowlętami. W prezentowanej pracy podjęto próbę zdefiniowania wzorca PUBP w jednorodnej grupie noworodków. Poznanie i zrozumienie prawidłowego obrazu płuc u noworodków, jest nieodzowne podczas różnicowania z obrazem patologicznym. Wyniki przedstawione w pracy są wstępne, konieczne są dalsze badania na większej grupie dzieci, z uwzględnieniem dzieci urodzonych cięciem cesarskim.

7.1. ABSTRACT

Lung ultrasound becomes more and more popular in recent years. It has a lot of advantages: it is safe (no ionizing radiation). It has high sensitivity and specificity. Furthermore exam can be performed bedside and repeated to evaluate effects of treatment. LUS, at first was used in adults, later on in children and newborn. Normal LUS pattern was created for adults, and it was believed that children and newborn have the same pattern: dynamic signs: lung sliding and static signs: A lines artifacts, B <6 line artifacts- transverse position of the probe. LUS in newborns at first was used to assess the pathological conditions like: RDS, TTN, pneumonia, lung sequestration, about pneumothorax and atelectasis (one article).

Copetti R. was the first who pointed out that LUS in newborn can have few B lines, often on the right side, he mentioned about lung fluid as probable cause. However it was a short consideration with no statistical analysis. Next article appeared in 2012 year, Raimondi F. divided newborns into 3 types: Type I : WL, Type II multiple B lines, Type III A lines domination. However examined population was non homogenous: birth weight: < and > 2,5 kg, premature and term babies, vaginal birth or caesarian section.

The main goal of this work was assessment of LUS in newborn, and check what are the differences between newborn and adults. Author also checked if there are changes in LUS images in these children during first 3 months of their lives.

137 newborn infants underwent LUS examination. Inclusion criteria were: gestational age over ≥ 37 week, birth weight over $\geq 2,7$ kg, APGAR score ≥ 8 , vaginal delivery, fetal occiput position (OP) during labour, no respiratory issues. Examination was performed on postnatal day 1-3. Exam1 was performed with a high-resolution 4-11 MHz linear probe (Philips CX 50, Philips Ultrasound Bothell, WA USA, 2012), Obstetric ward of Powiatowego Centrum Zdrowia w Kartuzach. Next the same children were examined when they reached 1-2 months, 68 children were examined with a high-resolution 3-12 MHz linear probe, (Mindray System DC-7, Hamburg, Germany 2010), NZOZ Centrum Medycznym Św. Łukasza w Kartuzach. Sonography was conducted by a systematic examination of all anterior (using parasternal, midclavicular and midaxillary lines as anatomical landmarks) and posterior (using paravertebral, midscapular and posterior axillary line as anatomical landmarks) intercostal spaces. The transducer was moved transversely to visualize the lung surface through the intercostal spaces avoiding the acoustic restriction of the ribs. The patients were examined in a lying position. For better visualization each lung was divided into 6 fields: ANTERIOR: upper, middle and lower; POSTERIOR upper, middle and lower lung field. During examination author assessed:

Normal Lus findings (adults): regular pleural line, lung sliding sign, A line artifacts, B line artifacts (< 6 transverse position of the probe)

Pathological findings: B line artifacts (≥ 6 transverse position of the probe), WL, consolidations, I and Z lines artifacts.

In exam1, we assessed frequency of each LUS feature in particular lung field. As a result it was observed that 39 children had LUS image typical for adults and children, this finding may confirm that LUS image in newborns and adults or children is similar. However our research revealed that in ultrasound lung image of newborn we can find $B \geq 6$ line artifacts, consolidations, WL or irregular pleural line. Next step was analysis of: WL, $B \geq 6$ and cons frequency in each lung field. Author checked if there was a dominating type of artifact in particular lung field, or whether they appeared with the same frequency in all lung regions. There was no statistical significance found.

Areas of the compact B lines (without possibility to measure the distance between them) were found in 107 patients and designated this finding as a 'B confluent'. It is important that these artifact occurs with the highest frequency according to $B \geq 6$, cons, WL. What is more B conf occurs with the highest frequency in upper, posterior lung fields. The highest rate of them was observed in RP 1 (76 patients) ($p < 0,05$).

'B lines' result as a consequence of the fluid-rich subpleural interlobular septate (Lichtenstein et al 2004), that is why author assumed that they can be a consequence of lung fluid, which fills lungs of the fetus. Lung fluid clearance begins at the end of pregnancy, fluid is removed through trachea, and into parenchyma (pressure caused by 1st breach), next it is removed into blood and

lymphatic system, but time of clearance is still unclear. That is why it was assumed that: $B \geq 6$, cons, WL and B conf are „wet lung features”.

According to information about LUS in newborn and taking into consideration our work, we can say that LUS image in newborn is heterogeneous and differs from normal pattern seen in adult or children. Very important is the fact that upper posterior lung fields are the most “wet lung” regions. We can have hypothesis that when we find B conf in LP 1 and/or RP 2 we can assume (taking physical condition into consideration) that it is the normal lung pattern in newborn.

In next part of our work author checked if there is any relation between LUS image and clinical features like: weight, time, or amniotic fluid. The most important factor is time. When examination was performed in the 1st day of life, B line artifacts, WL and cons occurred with higher frequency according to group which was examined in 2nd or 3rd day of life. Furthermore the less hours of life (during examination) the child had, the more “wet lung” features there were. This confirms theory about lung fluid clearance. Children born in green amniotic fluid had more wet lung features, in contrast to those born in clean amniotic fluid. When we take sex into consideration, we can see that boys have LUS with higher frequency of Z line artifacts and girls have higher frequency of “wet lung features” (B line artifacts, WL and cons). We believe that further research is needed (to define probable hormones influence on LUS image).

2 exam revealed variability of LUS image. When results of exam1 and 2 were compared it revealed that B conf (the most specific artifact in LUS of newborn) vanished when the children were no longer newborns. This confirms the theory about lung fluid clearance.

This is the first work which compares LUS image in homogenous group of children. Author attempt to define normal LUS image in newborn, it is essential to understand the normal pattern and then interpret the pathological one.

Although LUS has a lot of advantages, we need to be aware of its limitations. The examined group is limited. We believe that larger studies are necessary to confirm our findings. We believe that further research is needed.

8. PIŚMIENICTWO

1. Shu XO, Jin F, Linet MS, Zheng W, Clemens J, Mills J, Gao YT: Diagnostic X-ray and ultrasound exposure and risk of childhood cancer. *Br J Cancer* 1994, 70(3):531-536.
2. Infante-Rivard C, Mathonnet G, Sinnett D: Risk of childhood leukemia associated with diagnostic irradiation and polymorphisms in DNA repair genes. *Environ Health Perspect* 2000, 108(6):495-498.
3. Gardner MJ, Snee MP, Hall AJ, Powell CA, Downes S, Terrell JD: Results of case-control study of leukaemia and lymphoma among young people near Sellafield nuclear plant in West Cumbria. *Bmj* 1990, 300(6722):423-429.
4. Hall EJ: Radiation biology for pediatric radiologists. *Pediatr Radiol* 2009, 39 Suppl 1:S57-64.
5. Szczapa J. ST: Adaptacja do życia pozamacicznego. . In: *Podstawy neonatologii*. edn. Edited by W: Szczapa J. STr. Warszawa: PZWL; 2008: 16-19.
6. Szczapa J. W-BI: Zmiany adaptacyjne u zdrowego noworodka. In: *Pediatrics T 1* edn. Edited by W: Kubicka K. KWr. Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL; 2010: 129.
7. Millar D. NA, Kirpalani H., Bunnell B.: Problemy oddechowe i płucne. In: *Neonatologia, rozdział 10*. edn. Edited by Millar D. NA, Kirpalani H., Bunnell B: 124-125.
8. Szczapa J. ST: Choroby układu oddechowego. In: *Podstawy neonatologii*. edn. Edited by (red): WSJ. Warszawa: PZWL; 2008: 131-167.
9. Vinod, K.: Extrauterine adaptations in the newborn;. *Semin Neonatol* 1997, 2:1-12.
10. Harding R, Hooper SB: Regulation of lung expansion and lung growth before birth. *J Appl Physiol (1985)* 1996, 81(1):209-224.
11. Bland, R.: Formation of fetal lung liquid and its removal near birth. In: *Fetal and Neonatal Physiology*. edn. Edited by In Polin RA FWe. Philadelphia: WB Saunders, 1192,: 782-789.
12. Hooper SB, Wallace MJ: Role of the physicochemical environment in lung development. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 2006, 33(3):273-279.
13. te Pas AB, Davis PG, Hooper SB, Morley CJ: From liquid to air: breathing after birth. *J Pediatr* 2008, 152(5):607-611.
14. Fauci AS, Braunwald E, Kasper DL, Hauser SL, Longo DL, Jameson JL, Loscalzo J: Harrison's Principles of Internal Medicine, 17th Edition (Harrison's Principles of Internal Medicine (Single Vol.)): McGraw-Hill Professional; 2008.

15. K.: S: Podstawy fizyczne i aparaturowe diagnostyki usg. In: *Diagnostyka ultrasonograficzna w gabinecie lekarza rodzinnego, Tom II.*, edn. Edited by W(red.): WJ. Warszawa-Zamość; 2003: 14-36.
16. Gargani L: Lung ultrasound: a new tool for the cardiologist. *Cardiovasc Ultrasound* 2011, 9:6.
17. Haller JO, Schneider M, Kassner EG, Friedman AP, Waldroup LD: Sonographic evaluation of the chest in infants and children. *AJR Am J Roentgenol* 1980, 134(5):1019-1027.
18. A. D: Les ultrasons, leur application au diagnostic. In: *Presse Med.* vol. 22; 1946: 307-308.
19. Rolfo F, Baima-Bollone PL: [EXPERIMENTAL AND CLINICAL RESEARCH ON THE POSSIBILITIES OF THE USE OF ULTRASONICS IN THE DIAGNOSIS OF SOME CHEST DISEASES]. *Arch Sci Med (Torino)* 1964, 117:277-295.
20. Joyner CR, Jr., Herman RJ, Reid JM: Reflected ultrasound in the detection and localization of pleural effusion. *Jama* 1967, 200(5):399-402.
21. Gryminski J, Krakowka P, Lypacewicz G: The diagnosis of pleural effusion by ultrasonic and radiologic techniques. *Chest* 1976, 70(1):33-37.
22. Joyner CR, Jr., Miller LD, Dudrick SJ, Eskin DJ, Knight DH: Reflected ultrasound in the detection of pulmonary embolism. *Trans Assoc Am Physicians* 1966, 79:262-277.
23. Mathis G, Metzler J, Feurstein M, Fussenegger D, Sutterlutti G: [Lung infarcts detected with ultrasonography]. *Ultraschall Med* 1990, 11(6):281-283.
24. Wernecke K, Galanski M, Peters PE, Hansen J: Pneumothorax: evaluation by ultrasound--preliminary results. *J Thorac Imaging* 1987, 2(2):76-78.
25. Weinberg B, Diakoumakis EE, Kass EG, Seife B, Zvi ZB: The air bronchogram: sonographic demonstration. *AJR Am J Roentgenol* 1986, 147(3):593-595.
26. Mathis G. MJ, Fussenegger D., Feurstein M., Sutterlütli, G.: ultraschallbefunde bei pneumonie. In: *Ultraschall Klin Prax.* vol. 7; 1992: 45-49.
27. Lichtenstein, D.A.: Diagnostic echographique de l'oedeme pulmonaire. *Rew Im Med* 1994, 6:561-562.
28. Civardi G, Fornari F, Cavanna L, Di Stasi M, Sbolli G, Rossi S, Buscarini E, Buscarini L: Vascular signals from pleura-based lung lesions studied with pulsed Doppler ultrasonography. *J Clin Ultrasound* 1993, 21(9):617-622.

29. Gorg C, Seifart U, Gorg K, Zugmaier G: Color Doppler sonographic mapping of pulmonary lesions: evidence of dual arterial supply by spectral analysis. *J Ultrasound Med* 2003, 22(10):1033-1039.
30. Kirkpatrick AW, Sirois M, Laupland KB, Liu D, Rowan K, Ball CG, Hameed SM, Brown R, Simons R, Dulchavsky SA *et al*: Hand-held thoracic sonography for detecting post-traumatic pneumothoraces: the Extended Focused Assessment with Sonography for Trauma (EFAST). *J Trauma* 2004, 57(2):288-295.
31. Lichtenstein DA, Meziere GA: Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol. *Chest* 2008, 134(1):117-125.
32. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein DA, Mathis G, Kirkpatrick AW, Melniker L, Gargani L, Noble VE, Via G *et al*: International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med* 2012, 38(4):577-591.
33. Muhler E, Wicher W, Engelhardt W, von Bernuth G: [Diagnosis of pleural effusion using sector sonography in childhood]. *Monatsschr Kinderheilkd* 1986, 134(3):146-149.
34. Schneider K, Mayr B, Fendel H: [Potentialities and limitations of sonographic diagnosis of the chest in childhood]. *Rofo* 1986, 144(5):546-551.
35. Rosenberg HK: The complementary roles of ultrasound and plain film radiography in differentiating pediatric chest abnormalities. *Radiographics* 1986, 6(3):427-445.
36. Schirg, M EL: Wert des ultraschalls bei der Giagnostik kindlicher Pneumonien. In: *Ultraschall Med* vol. ; 1999: 20-34.
37. Kosiak M, Kosiak W K-KA: Zatorowość płucna w pediatrii – trudności i nadzieje diagnostyczne. *ULTRASONOGRAFIA* 2008, 32:65-70.
38. W.: K: Diagnostyka ultrasonograficznej jatrogennej odmy płuc u dzieci. *Journal of Ultrasonography* 2013, 13: 379-393.
39. Caiulo VA, Gargani L, Caiulo S, Fisicaro A, Moramarco F, Latini G, Picano E: Lung ultrasound in bronchiolitis: comparison with chest X-ray. *Eur J Pediatr* 2011, 170(11):1427-1433.
40. Fowlkes JB: American Institute of Ultrasound in Medicine consensus report on potential bioeffects of diagnostic ultrasound: executive summary. *J Ultrasound Med* 2008, 27(4):503-515.
41. Ter Haar G: Ultrasonic imaging: safety considerations. *Interface Focus* 2011, 1(4):686-697.
42. Lichtenstein D, Hulot JS, Rabiller A, Tostivint I, Meziere G: Feasibility and safety of ultrasound-aided thoracentesis in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Med* 1999, 25(9):955-958.

43. Lichtenstein DA, Lascols N, Meziere G, Gepner A: Ultrasound diagnosis of alveolar consolidation in the critically ill. *Intensive Care Med* 2004, 30(2):276-281.
44. Lichtenstein D, Meziere G, Biderman P, Gepner A: The comet-tail artifact: an ultrasound sign ruling out pneumothorax. *Intensive Care Med* 1999, 25(4):383-388.
45. Mathis G, Blank W, Reissig A, Lechleitner P, Reuss J, Schuler A, Beckh S: Thoracic ultrasound for diagnosing pulmonary embolism: a prospective multicenter study of 352 patients. *Chest* 2005, 128(3):1531-1538.
46. Lichtenstein D, Meziere G, Biderman P, Gepner A, Barre O: The comet-tail artifact. An ultrasound sign of alveolar-interstitial syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 1997, 156(5):1640-1646.
47. Copetti R, Cattarossi L, Macagno F, Violino M, Furlan R: Lung ultrasound in respiratory distress syndrome: a useful tool for early diagnosis. *Neonatology* 2008, 94(1):52-59.
48. Copetti R, Cattarossi L: The 'double lung point': an ultrasound sign diagnostic of transient tachypnea of the newborn. *Neonatology* 2007, 91(3):203-209.
49. Lichtenstein DA: Ultrasound examination of the lungs in the intensive care unit. *Pediatr Crit Care Med* 2009, 10(6):693-698.
50. W. K.: Ultrasonograf stetoskopem w anestezjologii i medycynie ratunkowej: mit czy rzeczywistość? Część 1. Obraz prawidłowy i podstawy diagnostyki ultrasonograficznej płuc. *Anestezjologia i Ratownictwo* 2010, 4:99-110.
51. Lichtenstein, DA.: General ultrasound in the critically ill. France: Springer; 2002.
52. Wu RG, Yuan A, Liaw YS, Chang DB, Yu CJ, Wu HD, Kuo SH, Luh KT, Yang PC: Image comparison of real-time gray-scale ultrasound and color Doppler ultrasound for use in diagnosis of minimal pleural effusion. *Am J Respir Crit Care Med* 1994, 150(2):510-514.
53. Lichtenstein DA: Ultrasound in the management of thoracic disease. *Crit Care Med* 2007, 35(5 Suppl):S250-261.
54. Lichtenstein D, Meziere G: A lung ultrasound sign allowing bedside distinction between pulmonary edema and COPD: the comet-tail artifact. *Intensive Care Med* 1998, 24(12):1331-1334.
55. Soldati G, Copetti R, Sher S: Sonographic interstitial syndrome: the sound of lung water. *J Ultrasound Med* 2009, 28(2):163-174.
56. Armpilia CI, Fife IA, Croasdale PL: Radiation dose quantities and risk in neonates in a special care baby unit. *Br J Radiol* 2002, 75(895):590-595.

-
57. Reissig A, Kroegel C: Transthoracic sonography of diffuse parenchymal lung disease: the role of comet tail artifacts. *J Ultrasound Med* 2003, 22(2):173-180.
 58. Bouhemad B, Zhang M, Lu Q, Rouby JJ: Clinical review: Bedside lung ultrasound in critical care practice. *Crit Care* 2007, 11(1):205.
 59. Stefanidis K, Dimopoulos S, Nanas S: Basic principles and current applications of lung ultrasonography in the intensive care unit. *Respirology* 2011, 16(2):249-256.
 60. Picano E, Frassi F, Agricola E, Gligorova S, Gargani L, Mottola G: Ultrasound lung comets: a clinically useful sign of extravascular lung water. *J Am Soc Echocardiogr* 2006, 19(3):356-363.
 61. Jambrik Z, Monti S, Coppola V, Agricola E, Mottola G, Miniati M, Picano E: Usefulness of ultrasound lung comets as a nonradiologic sign of extravascular lung water. *Am J Cardiol* 2004, 93(10):1265-1270.
 62. Agricola E, Bove T, Oppizzi M, Marino G, Zangrillo A, Margonato A, Picano E: "Ultrasound comet-tail images": a marker of pulmonary edema: a comparative study with wedge pressure and extravascular lung water. *Chest* 2005, 127(5):1690-1695.
 63. Buda N. KW, Paczkowski K.: Przekłatkowa ultrasonografia płuc w klinice Pneumonologii gdańskiego Uniwersytetu Medycznego – podsumowanie studenckiego projektu badawczego. *ULTRASONOGRAFIA* 2009, 38:31-39.
 64. Infante-Rivard C: Diagnostic x rays, DNA repair genes and childhood acute lymphoblastic leukemia. *Health Phys* 2003, 85(1):60-64.
 65. Bartley K, Metayer C, Selvin S, Ducore J, Buffler P: Diagnostic X-rays and risk of childhood leukaemia. *Int J Epidemiol* 2010, 39(6):1628-1637.
 66. RadiologyInfo.org [<http://www.radiologyinfo.org/>]
 67. Pearce MS, Salotti JA, Little MP, McHugh K, Lee C, Kim KP, Howe NL, Ronckers CM, Rajaraman P, Sir Craft AW *et al*: Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study. *Lancet* 2012, 380(9840):499-505.
 68. Khong PL, Ringertz H, Donoghue V, Frush D, Rehani M, Appelgate K, Sanchez R: ICRP publication 121: radiological protection in paediatric diagnostic and interventional radiology. *Ann ICRP* 2013, 42(2):1-63.
 69. Datz H, Ben-Shlomo A, Bader D, Sadetzki S, Juster-Reicher A, Marks K, Smolkin T, Zangen S, Margaliot M: The additional dose to radiosensitive organs caused by using under-collimated X-ray beams in neonatal intensive care radiography. *Radiat Prot Dosimetry* 2008, 130(4):518-524.

70. Frush DP, Donnelly LF, Rosen NS: Computed tomography and radiation risks: what pediatric health care providers should know. *Pediatrics* 2003, 112(4):951-957.
71. Avni EF, Braude P, Pardou A, Matos C: Hyaline membrane disease in the newborn: diagnosis by ultrasound. *Pediatr Radiol* 1990, 20(3):143-146.
72. Avni EF, Cassart M, de Maertelaer V, Rypens F, Vermeylen D, Gevenois PA: Sonographic prediction of chronic lung disease in the premature undergoing mechanical ventilation. *Pediatr Radiol* 1996, 26(7):463-469.
73. Liu DM, Forkheim K, Rowan K, Mawson JB, Kirkpatrick A, Nicolaou S: Utilization of ultrasound for the detection of pneumothorax in the neonatal special-care nursery. *Pediatr Radiol* 2003, 33(12):880-883.
74. Pieper CH, Smith J, Brand EJ: The value of ultrasound examination of the lungs in predicting bronchopulmonary dysplasia. *Pediatr Radiol* 2004, 34(3):227-231.
75. Bober K, Swietlinski J: Diagnostic utility of ultrasonography for respiratory distress syndrome in neonates. *Med Sci Monit* 2006, 12(10):Cr440-446.
76. Santuz P, Bonetti P, Serra A, Biban P: Ultrasound-guided lung recruitment in a young infant with ARDS. In: *Paediatr Anaesth. Volume 20*, edn. France; 2010: 895-896.
77. Federici M, Federici PV, Feleppa F, Gizzi C, Agostino R, Bellelli A, David V: Pulmonary ultrasonography in the follow-up of respiratory distress syndrome on preterm newborns. Reduction of X-ray exposure. *J Ultrasound* 2011, 14(2):78-83.
78. Lovrenski J: Lung ultrasonography of pulmonary complications in preterm infants with respiratory distress syndrome. *Ups J Med Sci* 2012, 117(1):10-17.
79. Liu J, Cao HY, Liu Y: [Lung ultrasonography for the diagnosis of neonatal respiratory distress syndrome: a pilot study]. *Zhonghua Er Ke Za Zhi* 2013, 51(3):205-210.
80. Liu J, Chen SW, Liu F, Li QP, Kong XY, Feng ZC: The diagnosis of neonatal pulmonary atelectasis using lung ultrasonography. *Chest* 2015, 147(4):1013-1019.
81. Raimondi F, Migliaro F, Sodano A, Umbaldo A, Romano A, Vallone G, Capasso L: Can neonatal lung ultrasound monitor fluid clearance and predict the need of respiratory support? *Crit Care* 2012, 16(6):R220.
82. Liu J, Liu F, Liu Y, Wang HW, Feng ZC: Lung ultrasonography for the diagnosis of severe neonatal pneumonia. *Chest* 2014, 146(2):383-388.
83. Liu JMP, Cao HYM, Wang HWM, Kong XYMP: The role of lung ultrasound in diagnosis of respiratory distress syndrome in newborn infants. *Iran J Pediatr* 2014, 24(2):147-154.

-
84. Raimondi F, Migliaro F, Sodano A, Ferrara T, Lama S, Vallone G, Capasso L: Use of neonatal chest ultrasound to predict noninvasive ventilation failure. *Pediatrics* 2014, 134(4):e1089-1094.
 85. Lichtenstein DA, Mauriat P: Lung Ultrasound in the Critically Ill Neonate. *Curr Pediatr Rev* 2012, 8(3):217-223.