

PRACA POGLĄDOWA

DŹWIĘK NA ODDZIALE INTENSYWNEJ TERAPII I JEGO WIELOASPEKTOWY WPŁYW NA ROZWÓJ NOWORODKA

SOUND ENVIRONMENT IN THE INTENSIVE CARE UNIT AND ITS MULTIFACETED INFLUENCE ON THE DEVELOPMENT OF THE NEWBORN INFANT

✉ IZABELA LEHMAN^{1,2}, BARBARA KRÓLAK-OLEJNIK^{1,2}

1 Katedra i Klinika Neonatologii Uniwersytetu Medycznego we Wrocławiu,


2 Uniwersytecki Szpital Kliniczny im. Jana Mikulicza-Radeckiego we Wrocław



Izabela Lehman
Klinika Neonatologii
Uniwersytecki Szpital Kliniczny im. Jana
Mikulicza-Radeckiego,
ul. Borowska 213, 50-529 Wrocław
cygan.iza@gmail.com

Wpłynęło: 10.09.2019
Zaakceptowano: 22.10.2019
Opublikowano on-line: 15.11.2019

Cytowanie: Lehman I, Królak-Olejnik B.
Dźwięk na oddziale intensywnej terapii i jego
wieloaspektowy wpływ na rozwój nowo-
rodka.

Postępy Neonatologii 2019;25(2):115–123
 10.31350/postepyneonatologii/2019/2/
PN2019012

Copyright by MAVIPURO Polska Sp. z o.o., Warszawa, 2019.
Wszystkie prawa zastrzeżone. Żadna część niniejszej publikacji
nie może być powielana i rozpowszechniana w jakiegokolwiek
formie i w jakikolwiek sposób bez zgody wydawcy.

STRESZCZENIE:

Rozwój narządu słuchu rozpoczyna się w pierwszym trymestrze ciąży i przebiega wieloetapowo. W jamie macicy płód, odbierając liczne bodźce akustyczne ze środowiska zewnątrz- i wewnątrzmacicznego, podlega stymulacji dźwiękowej. Percepcja dźwiękowa rozpoczynająca się już w życiu płodowym daje podstawę do prawidłowego rozwoju mowy i zdolności językowych w okresie postnatalnym. Ochronne środowisko wewnątrzmaciczne umożliwia stopniowe dojrzewanie narządu słuchu. Komórki włochate w narządzie Cortiego są szczególnie wrażliwe i podatne na uszkodzenia pod wpływem różnych bodźców akustycznych pochodzących ze środowiska zewnętrznego. Poród przedwczesny znacznie zaburza prawidłowy rozwój narządu słuchu. Hałas może prowadzić do uszkodzenia słuchu, zwłaszcza u noworodków urodzonych przedwcześnie. Noworodki, szczególnie wcześniaki, są pozbawione biologicznie znajomych dźwięków o niskim natężeniu i częstotliwości, natomiast odbierają bodźce pochodzące z głośnego i nieprzewidywanego środowiska szpitalnego. U wcześniaków narażonych na hałas dochodzi do zaburzeń homeostazy procesów fizjologicznych oraz zmian w ośrodkowym układzie nerwowym, odpowiadających za nieprawidłowy rozwój poznawczy oraz ograniczenie umiejętności językowych. Pozytywne doświadczenia słuchowe w postaci dźwięków znanych z życia wewnątrzmacicznego są niezwykle istotne dla procesu rekonwalescencji oraz rozwoju noworodków urodzonych przedwcześnie. Stymulacja dźwiękami podobnymi do tych, które te dzieci odbierały w okresie płodowym, chroni je przed niekorzystnym wpływem bodźców akustycznych występujących w środowisku zewnętrznym. Działalność związana z opieką medyczną jest głównym źródłem hałasu na oddziałach intensywnej terapii noworodkowej. Niezbędne jest przestrzeganie przez wszystkich pracowników wewnętrznych zaleceń, które mają na celu redukcję złych nawyków oraz egzekwowanie prawidłowego postępowania.

SŁOWA KLUCZOWE:

noworodek, wcześniak, oddział intensywnej terapii noworodka, narząd słuchu, hałas

ABSTRACT:

The development of the hearing organ begins in the first trimester of pregnancy and takes place in several stages. In the course of physiological pregnancy, the fetus is subject to sound stimulation, receiving numerous sound stimuli from the external and intrauterine environment. Sound perception that begins in fetal life provides the basis for proper speech development and language skills in the postnatal period. The protective intrauterine environment enables gradual puberty of the hearing organ. Hairy cells in the Corti organ are particularly sensitive and susceptible to damage under the influence of various acoustic stimuli present in the external environment. Preterm delivery significantly disturbs the normal development of the hearing organ. Noise can lead to hearing loss, especially in premature babies. Newborns, in particular premature babies, are biologically deprived of familiar sounds of low intensity and frequency, in favor of a loud and unpredictable hospital environment. In preterm infants exposed to a noisy hospital environment, homeostasis of physiological processes and changes in the central nervous system, which are responsible for abnormal cognitive development and limiting language skills, occur. Positive auditory experiences, in the form of sounds that are known from intrauterine life, are extremely important for the process of convalescence and development of premature newborns. Stimulation of sounds similar to those experienced during the fetal period protects against the adverse effects of acoustic stimuli present in the external environment. Health care activities are the main source of noise in neonatal intensive care units. It is necessary to implement internal recommendations, arbitrary for all employees, aimed at reducing bad habits and enforcing correct practices.

KEY WORDS: newborn, preterm infant, neonatal intensive care unit, noise, hearing organ

ROZWÓJ NARZĄDU SŁUCHU

Słuch, jeden z kluczowych zmysłów człowieka, był tematem licznych badań od lat 70. XX wieku. Rozwój narządu słuchu rozpoczyna się już w okresie zarodkowym i pod koniec pierwszego trymestru ciąży jest najlepiej rozwiniętym narządem zmysłów. W dziesiątym tygodniu ciąży morfogeneza narządu słuchu zostaje zakończona. Dzięki licznym badaniom wykazano, że nawet na tak wczesnym etapie rozwoju płód potrafi odbierać oraz przetwarzać fale akustyczne [1–4].

Narząd słuchu składa się z części obwodowej i ośrodkowej. Do części obwodowej zaliczamy: ucho zewnętrzne, ucho środkowe, ucho wewnętrzne oraz nerw słuchowy. Do części ośrodkowej zaliczamy: centralne drogi nerwowe, podkorowe oraz korowe ośrodki słuchu. Anatomiczna granica między częścią obwodową a ośrodkową narządu słuchu znajduje się w punkcie wejścia nerwu przedsionkowo-ślimakowego (VIII) do rdzenia przedłużonego (kąt mostowo-mózdkowy). Ucho zewnętrzne składa się z małżowiny usznej oraz przewodu słuchowego zewnętrznego, ukształtowanych ze wzgórków usznych pierwszego łuku skrzelowego. Małżowina uszna formuje się od 7 hbd, a ostateczny kształt osiąga w 20 hbd, lecz dopiero około dziewiątego roku życia wzrost małżowiny jest zakończony. Przed 34 tygodniem ciąży małżowina uszna jest pozbawiona chrząstki, po zgięciu nie wraca do pierwotnego kształtu. Jest to jedna z cech morfologicznych uwzględnionych w skali Ballarda. Około ósmego tygodnia ciąży kształtuje się przewód słuchowy zewnętrzny, który pozostaje zarosnięty do końca drugiego trymestru ciąży, następnie udrażnia się i wypełnia płynem owodniowym. Wraz ze wzrostem małżowiny oraz powiększaniem

się przewodu słuchowego zewnętrznego zwiększa się zakres odbieranych częstotliwości dźwięku [4, 5].

Do ucha środkowego zalicza się: jamę bębenkową, trąbkę słuchową, jamę sutkową oraz komórki powietrzne wyrostka sutkowego i piramidy kości skroniowej. Jama bębenkowa, o pojemności około 2 cm³, jest przestrzenią wypełnioną płynem w okresie płodowym. Wewnątrz jamy bębenkowej znajdują się kosteczki słuchowe. Strzemiączko powstaje z drugiego łuku skrzelowego i jest widoczne już w 5 hbd, jego wzrost trwa do 22 tygodnia ciąży. Młoteczek i kowadełko tworzą się z pierwszego łuku skrzelowego od szóstego do 22 tygodnia ciąży. Ossyfikacja kosteczek słuchowych oraz osiągnięcie przez nie ostatecznych rozmiarów i położenia względem siebie trwa do ósmego miesiąca ciąży. Mięśnie ucha środkowego kurcząc się, usztywniają łańcuch kosteczek słuchowych i w ten sposób pełnią funkcję ochronną dla ucha wewnętrznego przed urazem akustycznym. Mechanizm ten działa sprawnie już w życiu płodowym [1, 3–7].

Ucho wewnętrzne – labirynt – znajduje się w kości skroniowej. W jego skład wchodzi błędnik kostny i błędnik błoniasty. Powstaje ze słuchowej ektodermy najwcześniej ze wszystkich części obwodowego narządu słuchu, bo już trzy tygodnie od zapłodnienia. Ślimak kostny, czyli właściwy narząd słuchu, jest zbudowany z wrzecionka z nawiniętym wokół niego spiralnie kanałem kostnym. W jego wnętrzu znajduje się błoniasty przewód ślimakowy z narządem spiralnym Cortiego. W narządzie Cortiego znajduje się około 16 000 komórek receptorowych w każdym uchu. Układ przedsionkowo-ślimakowy różnicuje się w drugim miesiącu ciąży. Narząd Cortiego jest wykształcony około dziesiątego tygodnia życia płodowego. Komórki włochate w ślimaku rozpoczynają różnicowanie w 10–11 tygodniu

cięży. Wewnętrzne komórki włochate dojrzewają wcześniej niż zewnętrzne, unerwienie uzyskują już w 12 tygodniu życia płodowego, natomiast proces unerwienia oraz synaptogeneza efferentna komórek wewnętrznych trwają do 24–28 tygodnia życia płodowego. Włókna doprowadzające komórek włochatych wewnętrznych stanowią 95% włókien nerwu słuchowego, natomiast komórki zewnętrzne tylko 5% włókien nerwu słuchowego. Każde włókno nerwu jest odpowiedzialne za inny zakres częstotliwości dźwięku. Ucho wewnętrzne jest wypełnione płynem – perylimfą oraz endolimfą, skład płynu jest bardzo podobny w okresie pre- i postnatalnym [8–10].

W kolejnych miesiącach ciąży słuch się doskonali. W szóstym miesiącu życia płodowego część obwodowa narządu słuchu oraz część ośrodkowa odbierają i przetwarzają fale akustyczne. Rozpoczyna się również mielinizacja słuchowej drogi nerwowej. Około 24–25 tygodnia ciąży w reakcji na głośny bodziec dźwiękowy pojawia się odruch mrugania powiekami, a po 28 tygodniu życia płodowego jest on stałą odpowiedzią [11–13].

EKSPOZYCJA NA BODŹCE AKUSTYCZNE W OKRESIE PRENATALNYM

W przebiegu fizjologicznej ciąży płód, odbierając liczne bodźce dźwiękowe ze środowiska zewnątrz- i wewnątrzmacicznego, podlega stymulacji dźwiękowej. Prenatalna ekspozycja na dźwięk umożliwia przekaz do mózgowia płodu informacji niezbędnej do przetwarzania oraz tworzenia mowy po urodzeniu. Pierwszymi doświadczeniami słuchowymi w jamie owodniowej są ciągle, rytmiczne mieszanki dźwięków: głosu matki, tonów serca, szmerów oddechowych, perystaltyki jelit. Badania wykazały, że ekspozycja płodu na głos matki przyczynia się do tworzenia połączeń i dróg nerwowych istotnych dla dalszego rozwoju słuchu, mowy oraz umiejętności językowych [13, 14]. Ochronne środowisko wewnątrzmaciczne umożliwia stopniowe dojrzewanie narządu słuchu płodu, zwłaszcza bardzo wrażliwych komórek receptorowych w ślimaku. W badaniach wykazano, że natężenie dźwięku w jamie macicy wynosi około 60–70 dB [11].

Dźwięki ze środowiska zewnątrzmacicznego są przewodzone przez tkanki matki, płyn owodniowy, następnie układ kostny dziecka, toteż do narządu słuchu płodu docierają znacznie stłumione. Przewodnictwo kostne jest gorsze od powietrznego o około 40 dB. Dźwięki rozmów są odbierane przez narząd słuchu płodu w około 30% pierwotnego natężenia, natomiast intonacja i barwa głosu są doskonale przewodzone przez płyn owodniowy [15–18]. Po ukończeniu piątego miesiąca ciąży płód ludzki zaczyna reagować na bodźce akustyczne. Oznacza to, że część obwodowa

narządu słuchu oraz część ośrodkowa odbierają i przetwarzają bodźce dźwiękowe, a także mielinizują się połączenia słuchowo-ruchowe w ośrodkowym układzie nerwowym. W badaniach stwierdzano wzrost aktywności ruchowej i zmiany w procesach fizjologicznych pod wpływem stymulacji dźwiękowej lub dźwiękowo-wibracyjnej. Zauważono, że pod wpływem bodźców dźwiękowo-wibracyjnych następuje wzmożenie tzw. ruchów dużych oraz dochodzi do reakcji motorycznych mięśni twarzy i mięśni związanych z pracą narządów wewnętrznych. Bardzo charakterystyczne są zmiany w rytmie pracy serca w odpowiedzi na bodźce dźwiękowe. Stwierdzono, że reakcje te są uwarunkowane zmianami zarówno natężenia, jak i częstotliwości dźwięku. Interesujące jest to, że reakcja dziecka na silny dźwięk, mierzona wzrostem szybkości uderzeń serca, jest jego osobistą cechą i wskazuje na określony typ osobowości, można zatem na podstawie sposobu reagowania na stres dźwiękowy przewidywać styl poznawczego i emocjonalnego reagowania w przyszłości [8, 9, 10, 13–15].

Badania nad rolą głosu matki w stymulacji słuchu płodu wykazują dominację jej głosu nad innymi dźwiękami docierającymi do płodu. W okresie płodowym kształtują się nie tylko funkcje odbiorcze, ale także różnicowanie dźwięków i pamięć słuchowa. Płód ma zdolność nauki dźwięków i umiejętność zapamiętywania, szczególnie sygnałów akustycznych pochodzących od matki. Naukowcy badający czynność mózgu będącą reakcją na głos matki, słyszany przez noworodka bezpośrednio po urodzeniu, wykazali aktywację w tylnoskroniowych regionach, głównie w lewej półkuli mózgowej, a także w ciele migdałowatym i korze okołoczołowej. Stwierdzono także podczas słuchania głosu własnej matki aktywację w regionach korowych związanych z mową, natomiast głos nieznaną nie aktywował tych obszarów mózgowia. Noworodki, których matki podczas dwóch ostatnich miesięcy ciąży głośno czytały dwa razy dziennie rymowaną książeczkę, preferowały te teksty spośród innych, wcześniej niesłyszanych i różniących się rytmem od czytanych (badano reakcję ssania, skupiania uwagi, oceniano rytm uderzeń serca) [17, 18].

W przeprowadzonych badaniach [12, 16] wykazano reakcję płodu ludzkiego na zewnętrzne bodźce słuchowe o różnych częstotliwościach (100 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 3000 Hz). Bodźce dźwiękowe były przekazywane za pomocą głośnika umieszczonego na brzuchu matki, natomiast w badaniu ultrasonograficznym obserwowano ruchy dziecka, stwierdzono wówczas jego wrażliwość na dźwięki zewnętrzne w zakresie niskich częstotliwości. Pierwsza zauważalna odpowiedź na dźwięk była obserwowana w 19 tygodniu ciąży. Początkowo płody reagowały tylko na niskie częstotliwości 100–250 Hz, natomiast w 27 tygodniu ciąży 96% płodów reagowało ruchem na dźwięki w zakresie 250–500 Hz. Reakcja na wyższe częstotliwości, czyli 1000 Hz oraz 3000 Hz, pojawiła się odpowiednio

w 33 i 35 tygodniu ciąży. Obserwowany wzorec odpowiedzi behawioralnej na bodźce akustyczne odzwierciedla proces dojrzewania narządu słuchu. Wraz z wiekiem płodu wzrasta jego zdolność do percepcji bodźców słuchowych o wyższych częstotliwościach, jednakże zakres słyszalnych częstotliwości jest bardzo ograniczony w porównaniu z zakresem 20–20 000 Hz odbieranym przez dojrzały narząd słuchu. Wrażliwość płodu na dźwięki o niższych częstotliwościach może mieć na celu promowanie dźwięków ludzkiej mowy, mieszczących się w zakresie 500–3000 Hz.

Naukowcy podkreślają wzrost ryzyka uszkodzenia słuchu u noworodków matek, które w okresie ciąży były narażone na dźwięki o dużym natężeniu. W badaniach wykazano związek utraty słuchu w kierunku wysokich częstotliwości u dzieci matek narażonych w czasie ciąży na hałas >85 dB [14]. Zgodnie z Kodeksem Pracy kobiety w ciąży nie powinny wykonywać pracy związanej z narażeniem na hałas, którego poziom przekracza 65 dB (art. 179, par. 1 Kodeksu pracy) [19].

ŚRODOWISKO DŹWIĘKOWE ODDZIAŁU INTENSYWNEJ TERAPII NEONATOLOGICZNEJ

Noworodki hospitalizowane na oddziale intensywnej terapii neonatologicznej są narażone na wiele niekorzystnych bodźców, zwłaszcza na bodźce dźwiękowe. Szczególną grupę pacjentów stanowią dzieci urodzone przedwcześnie, które często wymagają wielomiesięcznego pobytu w szpitalu. Specjalistyczny sprzęt (respiratory, pompy infuzyjne, alarmy monitorów), nieodpowiednie zachowanie personelu (głośne rozmowy, dynamiczne domykanie szuflad) oraz niezbędne procedury medyczne mają znaczący niekorzystny wpływ na zdrowie i rozwój noworodka.

Międzynarodowa Organizacja Pracy określa hałas jako każdy dźwięk, który w danych warunkach jest niepożądany, uciążliwy czy też wręcz szkodliwy dla zdrowia człowieka [20, 21]. Przyczyną hałasu mogą być zarówno piki dźwięku,

uciążliwe ze względu na natężenie i częstotliwość, jak i stały długotrwały hałas stanowiący tło akustyczne. Noworodki hospitalizowane na oddziale intensywnej terapii są ekspozowane na różne rodzaje hałasu. Dźwięki są głośniejsze, krótkie o wysokim natężeniu i częstotliwości, ze szczytami nawet do 120 dB (tab. 1).

W badaniach przeprowadzonych przez zespoły Changa oraz DePaul wykazano, że średni poziom hałasu wynosił ok. 62,0 dB w obszarze bliskim stanowiskom/ladom pracy pielęgniarek [23, 24]. Szum powyżej 59 dB był rejestrowany przez 70% czasu pomiaru. Poziom hałasu był szczególnie intensywny w dni robocze między 8.00 a 16.00. Podczas badania 24-godzinnego pik hałasu (dźwięk powyżej 65 dB) zarejestrowano prawie 5000 razy, w tym 86% stanowił stały hałas na poziomie 65–74 dBA, a 90% hałasu było spowodowane przez czynniki zależne od ludzi.

W przeprowadzonych badaniach ankietowych (Fundacja „Co za głośno, to niezdrowo”), które objęły personel oddziałów intensywnej terapii noworodka w różnych regionach Polski, wykazano, że zaledwie 30% badanych oddziałów stosuje jakąkolwiek metodę monitorowania hałasu. Natomiast tylko połowa szpitali wprowadziła pisemne zalecenia dotyczące ograniczenia hałasu na oddziałach. Pozytywnym aspektem jest to, że ponad 80% pracowników uważa, iż problem hałasu jest istotny i powinien być przedmiotem szczególnego zainteresowania. W celu zlikwidowania złych nawyków personelu jest niezbędne wprowadzenie wewnętrznych zaleceń obowiązujących wszystkich pracowników oraz egzekwowanie prawidłowych zachowań w praktyce [20].

WPŁYW EKSPOZYCJI NA BODŹCE DŹWIĘKOWE A STAN ZDROWIA I ROZWÓJ NOWORODKA

Ochronne środowisko wewnątrzmaciczne umożliwia stopniowe dojrzewanie narządu słuchu. Komórki włochate w narządzie Cortiego są szczególnie wrażliwe i podatne

Tab. 1. Źródła hałasu na oddziale intensywnej terapii noworodkowej. Przykładowe pomiary natężenia dźwięków na OITN, pomiary 1–9 w zamkniętym inkubatorze.

Źródło dźwięków	Natężenie dźwięku [dB]
1. Włączony inkubator	44–50
2. Dynamiczne zamykanie okienek inkubatora	78–84
3. Postawienie butelki na inkubatorze z wysokości 10 cm	91
4. Stukanie palcami w inkubator	80
5. Dynamiczne zamykanie szuflady	89
6. Szum włączonego ssaka	65
7. Odłączanie gazów medycznych z gniazda	102
8. Rozmowa w pobliżu inkubatora	55–67
9. Kaszel w pobliżu inkubatora	74
10. Śmiech w pobliżu inkubatora	55–85
11. Krzyk w odległości 10 m od inkubatora	84–90

na uszkodzenia pod wpływem różnych bodźców akustycznych obecnych w środowisku zewnętrznym. Noworodki, szczególnie wcześniaki, są pozbawione biologicznie znajomych dźwięków o niskim natężeniu i częstotliwości, natomiast odbierają głośnie i nieprzewidywane dźwięki związane ze środowiskiem szpitalnym. Noworodki urodzone przedwcześnie są 10 razy bardziej narażone na uszkodzenie słuchu (odbiorcze lub mieszane) niż dzieci urodzone w terminie [3, 6]. Na modelach zwierzęcych wykazano, że u osób młodych narząd Cortiego jest bardziej wrażliwy na uszkodzenia związane z hałasem [3]. Rodzaj uszkodzenia narządu słuchu zależy od natężenia, częstotliwości, czasu trwania ekspozycji na hałas oraz dojrzałości dziecka. Krytyczne natężenie dźwięku, mogące skutkować uszkodzeniem słuchu, wynosi około 80 dB i jest tym niższe, im niższy jest wiek urodzeniowy [3, 6].

U małych dzieci hałas budzi duży niepokój, niepewność, zagubienie, wywołuje płacz. Ze względu na różne oddziaływanie hałasu na organizm, a tym samym różną szkodliwość dla zdrowia, hałasy słyszalne można podzielić w zależności od ich poziomu na pięć poniżej wymienionych grup [20, 21].

1. Poniżej 35 db – nieszkodliwe dla zdrowia, mogą zakłócać sen.
2. 35–70 db – wpływają na pobudzenie układu nerwowego człowieka, poważnie utrudniają zrozumienie mowy, zasypianie i wypoczynek.
3. 70–85 db – mogą być szkodliwe dla zdrowia i powodować uszkodzenie słuchu.
4. 85–130 db – powodują liczne schorzenia organizmu ludzkiego, uniemożliwiają zrozumienie mowy nawet z odległości 50 cm.
5. Powyżej 130 db – powodują trwałe uszkodzenie słuchu, wywołują drgania organów wewnętrznych, skutkujące ich mechanicznym uszkodzeniem.

U noworodków narażonych na hałas dochodzi do neuropatologicznych zmian w ośrodkowym układzie nerwowym, takich jak: zaburzenia mikrostruktury istoty białej, regionalne zmniejszenie objętości mózgu, nieprawidłowy rozwój poznawczy oraz ograniczenie umiejętności językowych. Ekspozycja na hałas jest przyczyną wielu zaburzeń homeostazy, szczególnie u noworodków urodzonych przedwcześnie. Bodźce dźwiękowe doprowadzają do aktywacji struktur podkorowych mózgu oraz współczulnego układu autonomicznego, co wywołuje reakcję somatyczną organizmu. Wzrasta się wydzielanie hormonów stresu (głównie kortyzolu), wzrasta poziom glukozy, a także zwiększa się zużycie tlenu. Mogą się pojawić zaburzenia oddychania pod postacią tachypnoe i bezdechów, spadki saturacji oraz krwawienia dokomorowe. Dochodzi do zaburzeń perystaltyki przewodu pokarmowego. Wzrasta ryzyko zakażeń w wyniku upośledzenia układu odpornościowego. Hałas znacznie zakłóca rytm dobowy dziecka. Wykazano, że zaburzenia snu noworodków występują przy dźwiękach o natężeniu przekraczającym 50 dB, istotne znaczenie ma w tym procesie

szum tła akustycznego. Długotrwały hałas powoduje zaburzenia rozwoju umysłowego dzieci. Płacz dzieci zaburza ich procesy fizjologiczne (zaburzenia rytmu serca i oddychania, osłabienie odruchu ssania) oraz behawioralne (zakłócony rytm dobowy, spowolniony rozwój poznawczy) [25–30].

POZYTYWNA STYMULACJA DŹWIĘKOWA

Pozytywne doświadczenia słuchowe w postaci dźwięków znanych z życia wewnątrzmacicznego są niezwykle istotne dla procesu rekonwalescencji oraz rozwoju noworodków urodzonych przedwcześnie. Stymulacja dźwiękami podobnymi do tych, które odbierały one w okresie płodowym, chroni je przed niekorzystnym wpływem bodźców akustycznych obecnych w środowisku zewnętrznym. Wykazano, że ekspozycja noworodków na znane z życia wewnątrzmacicznego dźwięki pozwala uzyskać: normalizację pracy serca i zwolnienie tętna, zmniejszenie liczby oddechów, głębszy i dłuższy sen, zmniejszenie zużycia energii w spoczynku, zwiększenie saturacji tlenem krwi tętniczej, poprawę odruchu ssania oraz większe przyrosty masy ciała [31–37].

Ochronną i wspomagającą rekonwalescencję rolę odgrywają znane z życia wewnątrzmacicznego dźwięki, głównie głosu i bicia serca matki. Zdolność noworodka do rozpoznawania głosu matki ma szczególne znaczenie dla dzieci urodzonych przedwcześnie. Badano wpływ stymulacji głosem matki na rozwój kory mózgowej noworodków urodzonych między 25 a 32 tygodniem ciąży. Wykazano, że ekspozycja wcześniaków na głos matki trzy razy na dobę przez 45 minut wystarczała do właściwego rozwoju kory mózgowej. Wyniki pokazały, że noworodki ekspozycje na dźwięki głosu matki miały grubszą warstwę kory mózgowej w rejonie odpowiedzialnym za stymulację słuchową w porównaniu z wcześniakami z grupy kontrolnej, narażonymi wyłącznie na odgłosy środowiska szpitalnego. Na podstawie badań ultrasonograficznych i pomiarów strukturalnych stwierdzono, że kora mózgowa noworodków słuchających głosu oraz bicia serca matki była szersza po stronie prawej niż lewej. Ponadto wykazano, że wiele bruzd mózgu pojawia się 1–2 tygodnie wcześniej po stronie prawej, w tym również bruzdy skroniowe. Biorąc pod uwagę charakter bodźca, na który noworodki były ekspozycje, można by oczekiwać, że efekt będzie dotyczył lewej półkuli mózgu ze względu na funkcjonalną lateralizację, widoczną podczas przetwarzania mowy w mózgu osób dorosłych. Jednak mózg noworodków urodzonych przedwcześnie nie wykazuje hemisferycznego ukierunkowania w zakresie mowy, a tym samym słuchowa neuroplastyczność występuje obustronnie. Hipotezę na temat dwustronnej plastyczności w obrębie kory mózgu mogą wesprzeć badania, które sugerują,



Ryc. 1. Urządzenie do monitorowania natężenia dźwięku.



Ryc. 2. Monitorowanie natężenia dźwięku bezpośrednio w inkubatorze.



Ryc. 3 i 4. Przykrywanie inkubatorów jako metoda obniżania poziomu natężenia dźwięku dochodzącego do wnętrza inkubatora.

że lewostronna lateralizacja mowy oraz przetwarzania słów, szczególnie w korze mózgowej, nie jest efektem dominacji, lecz wspólnego doświadczenia obu półkul [14, 16, 23].

W ośrodkowym układzie nerwowym noworodków urodzonych przedwcześnie następuje ciągła migracja i rozwój neuronów, które nie osiągnęły jeszcze ostatecznej dojrzałości. Zatem obrazowanie mózgu w tym okresie ujawnia jedynie fragment aktualnego rozwoju, nie można więc jednoznacznie wnioskować, że występuje dominacja półkul. Ponadto wczesne pojawienie się dominacji lewostronnej u noworodków opiera się przede wszystkim na dowodach funkcjonalnych, a nie strukturalnych [35–38].

Umożliwiając wcześniakom słuchanie dźwięków głosu i bicia serca matki, dostarczamy im znane z życia wewnątrzmacicznego doświadczenia zmysłowe, które mogą odgrywać istotną rolę w prawidłowym rozwoju mózgu. Przyjemne i ciche środowisko dźwiękowe na oddziale intensywnej terapii umożliwiało uzyskanie u hospitalizowanych noworodków normalizacji pracy serca i oddechu, a także wpływało na zmniejszenie liczby bezdechów, głębszy i dłuższy sen, lepszą saturację, wyższe przyrosty masy ciała [39–46].

REKOMENDACJE ORAZ REGULACJE PRAWNE DOTYCZĄCE DOPUSZCZALNEGO NATĘŻENIA HAŁASU

Zasadniczym aktem prawnym, który określa wymagania akustyczne wobec pomieszczeń przeznaczonych do przebywania ludzi, jest polska norma PN-B-02151-4:2015-06. Dokument odnosi się wprost do akustyki wewnątrz w budynkach użyteczności publicznej, w tym w obiektach ochrony zdrowia, gdzie dobra akustyka warunkuje komfort ich użytkowania. Zalecenia akustyczne zawarte w wymienionej

normie dotyczą obniżenia poziomu hałasu w celu polepszenia komunikacji z pacjentami, redukcji stresu i zapewnienia lepszych warunków do snu [47].

Dokumentem wyznaczającym w UE kierunek walki z hałasem w pomieszczeniach przeznaczonych do przebywania ludzi, w tym w salach chorych, jest dyrektywa 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z 25 czerwca 2002 roku, odnosząca się do oceny i zarządzania poziomem hałasu w środowisku. Ponieważ osiągnięcie wysokiego poziomu zdrowia i ochrony środowiska jest częścią polityki wspólnotowej, a ochrona przed hałasem w środowisku jest jednym z jej celów, Parlament Europejski i Rada UE przyjęły wymienioną dyrektywę, która określa wspólne podejście do unikania, zapobiegania lub zmniejszania szkodliwych skutków narażania na działanie hałasu, w tym jego dokuczliwości, na podstawie ustalonych priorytetów [48].

Dopuszczalne normy hałasu na oddziałach szpitalnych (tab. 2), w tym na oddziałach intensywnej terapii neonatologicznej, są określone również przez Polskie Towarzystwo Neonatologiczne [49], Amerykańską Agencję Ochrony Środowiska [50, 51] oraz Rozporządzenie Ministra Infrastruktury dotyczące norm dźwięku z 10 grudnia 2010 roku (Dz. U. nr 239, poz. 1597) [52].

PRAWIDŁOWE PRAKTYKI

Działalność związana z opieką medyczną jest głównym źródłem hałasu na oddziałach intensywnej terapii noworodkowej. Wdrożenie prawidłowych praktyk jest kluczowym warunkiem uzyskania przyjaznego dźwiękowo środowiska szpitalnego.

Ochrona noworodka przed hałasem powinna polegać na [49]:

- ciągłym monitorowaniu poziomu natężenia dźwięku za pomocą profesjonalnych urządzeń (ryc. 1 i 2);
- usunięciu urządzeń generujących stałe dźwięki (radio, telewizor, pozytywyki);



Ryc. 5. Kangurowanie wcześniaka.

Tab. 2. Podsumowanie dopuszczalnych norm hałasu.

Rekomendacje	Maksymalne dopuszczalne natężenie hałasu w dzień [dB]	Maksymalne dopuszczalne natężenie hałasu w nocy [dB]
Dyrektywa Unii Europejskiej	45–50	40
Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska	45	35
Rozporządzenie Ministra Infrastruktury	35	30
Rekomendacje Polskiego Towarzystwa Neonatologicznego	40–45	35–40

- starannym, powolnym zamykaniu drzwiczek inkubatora;
- unikaniu stawiania przedmiotów na inkubatorze, pukania w pokrywę inkubatora;
- stosowaniu pokrowców na inkubatory, układaniu wcześniaków w gniazdach wykonanych z miękkich i otulających materiałów (ryc. 3 i 4);
- modyfikacji zachowań pracowników i odwiedzających OITN: ograniczeniu rozmów przy noworodku do niezbędnego minimum, prowadzeniu dyskusji w wydzielonych pomieszczeniach, wyciszeniu telefonów komórkowych w obrębie OITN, używaniu właściwego obuwia z miękkimi podeszwami, delikatnym otwieraniu szuflad, opakowań jednorazowych, odłączaniu wtyczek z gniazdek;
- obniżeniu poziom głośności alarmów oraz niezwłocznym reagowaniu na sygnalizację alarmową;
- stosowaniu gniazdek i pozycjonowaniu w opiece nad noworodkiem;
- instruowaniu rodziców na temat znaczenia hałasu dla noworodka;
- umożliwianiu kangurowania noworodków przebywających w inkubatorach (ryc. 5 i 6).



Ryc. 6. Pozycjonowanie wcześniaka w gniazdku.

PODSUMOWANIE

Pomimo prowadzonych od lat badań nad wszystkimi aspektami słuchu ludzkiego obecna wiedza w tym zakresie wciąż jest niepełna. Otoczenie noworodków hospitalizowanych na oddziałach intensywnej terapii dźwiękami podobnymi do doświadczanych w środowisku wewnątrzmacicznym oraz redukcja szkodliwych bodźców dźwiękowych chroni dzieci przed możliwymi niekorzystnymi skutkami hałasu. Pozytywne doświadczenia słuchowe są konieczne do wczesnego dojrzewania mózgu i stanowią istotny czynnik prawidłowego rozwoju dziecka.

KONFLIKT INTERESÓW: nie zgłoszono.

PIŚMIENNICTWO

- Moore JK, Linthicum FH. The human auditory system: a timeline of development. *Int J Audiol* 2007;46(9):460–478. [doi:10.1080/14992020701383019](https://doi.org/10.1080/14992020701383019)
- Anthwal N, Thompson H. The development of the mammalian outer and middle ear. *J Anat* 2016;228(2):217–232. [doi:10.1111/joa.12344](https://doi.org/10.1111/joa.12344)
- Fuchs JC, Tucker AS. Development and integration of the ear. *Curr Top Dev Biol* 2015;115:213–232. [doi:10.1016/bs.ctdb.2015.07.007](https://doi.org/10.1016/bs.ctdb.2015.07.007)
- Zaleska-Kręcicka M, Kręcicki T. *Zarys otolaryngologii*. Wydanie 3 Akademia Medyczna we Wrocławiu, Wrocław, 2008, pp. 19–109.
- Stankiewicz C. *Otolaryngologia*. Akademia Medyczna w Gdańsku, 2007, pp. 7–44.
- Jahan I, Elliott KL, Fritzsche B. Understanding molecular evolution and development of the organ of Corti can provide clues for hearing restoration. *Integr Comp Biol* 2018;58(2):351–365. [doi:10.1093/icb/icy019](https://doi.org/10.1093/icb/icy019)
- Clark-Gambelunghe MB, Clark DA. Sensory development. *Pediatr Clin North Am* 2015;62(2):367–384. [doi:10.1016/j.pcl.2014.11.003](https://doi.org/10.1016/j.pcl.2014.11.003)
- Pujol R, Lavigne-Rebillard M, Uziel A. Development of the human cochlea. *Acta Otolaryngol Suppl* 1991;482:7–12.
- Birnholz JC, Benacerraf BR. The development of human fetal hearing. *Science* 1983;222(4623):516–518. [doi:10.1126/science.6623091](https://doi.org/10.1126/science.6623091)
- Querleu D, Renard X, Versyp F i wsp. Fetal hearing. *Eur J of Obst & Gyn and Repr Biol* 1988;28:191–212.
- Gerhardt KJ, Abrams RM. Fetal exposures to sound and vibroacoustic stimulation. *J Perinatol* 2000;20(8 Pt 2):S21–S30.
- Hepper P, Shahidullah B. Development of fetal hearing. *Arch Dis Child* 1994;71(2):F81–F87. [doi:10.1136/fn.71.2.f81](https://doi.org/10.1136/fn.71.2.f81)
- Chelli D, Chanoufi B. Fetal audition. Myth or reality. *J Gynecol Obstet Biol Reprod* 2008;37(6):554–558. [doi:10.1016/j.jggyn.2008.06.007](https://doi.org/10.1016/j.jggyn.2008.06.007)
- Beauchemin M. Mother and stranger: An electrophysiological study of voice processing in newborns. *Cereb Cortex* 2011;21(8):1705–1711. [doi:10.1093/cercor/bhq242](https://doi.org/10.1093/cercor/bhq242)
- Webb AR, Heller HT, Benson CB, Lahav A. Mother's voice and heartbeat sounds elicit auditory plasticity in the human brain before full gestation. *Proc Natl Acad Sci USA* 2015;112(10):3152–3127. [doi:10.1073/pnas.1414924112](https://doi.org/10.1073/pnas.1414924112)
- Hepper PG. *Fetal psychobiology embryonic science*. W: Nijhuis JG (red.). *Fetal behaviour: developmental and prenatal aspects*. Oxford University Press, Oxford, 1992, pp. 129–156.
- Lahav A, Skoe E. An acoustic gap between the NICU and womb: a potential risk for compromised neuroplasticity of the auditory system in preterm infants. *Front Neurosci* 2014;8:381. [doi:10.3389/fnins.2014.00381](https://doi.org/10.3389/fnins.2014.00381)
- Dehaene-Lambertz G. Language or music, mother or Mozart? Structural and environmental influences on infants' language networks. *Brain Lang* 2010;114(2):53–65. [doi:10.1016/j.bandl.2009.09.003](https://doi.org/10.1016/j.bandl.2009.09.003)
- Artykuł 179, par. 1 ustawy z dnia 26 czerwca 1974 r. Kodeks pracy. *Dziennik Ustaw* 2018, poz. 917, tekst jednolity.
- Marczak P. Zagrożenie hałasem. Wybrane zagadnienia. Kancelaria Senatu, Biuro Analiz i Dokumentacji, 2012.
- Hałas – dzieci zagrożone głuchotą! Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Warszawa, 2008.
- Cedrowska-Adamus W, Gulczyńska E. Kontrola poziomu dźwięków na oddziale noworodkowym. *Postępy Neonatologii* 2018;24(2):129–133. [doi:10.31350/postepyneonatologii/2018/2/PN2018022](https://doi.org/10.31350/postepyneonatologii/2018/2/PN2018022)
- Chang YJ, Pan YJ, Lin YJ i wsp. A noise-sensor light alarm reduces noise in the newborn intensive care unit. *Am J Perinatol* 2006;23(5):265–271. [doi:10.1055/s-2006-941455](https://doi.org/10.1055/s-2006-941455)
- DePaul D, Chambers SE. Environmental noise in the neonatal intensive care unit: implications for nursing practice. *J Perinat Nurs* 1995;8:71–76.
- Hunter MD, Lee KH, Tandon P i wsp. Lateral response dynamics and hemispheric dominance for speech perception. *Neuroreport* 2007;18(12):1295–1299. [doi:10.1097/WNR.0b013e32827420e4](https://doi.org/10.1097/WNR.0b013e32827420e4)
- Tervaniemi M, Hugdahl K. Lateralization of auditory-cortex functions. *Brain Res* 2003;43(3):231–246.
- Rand K, Lahav A. Maternal sounds elicit lower heart rate in preterm newborns in the first month of life. *Early Hum Dev* 2014;90(10):679–683. [doi:10.1016/j.earlhumdev.2014.07.016](https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2014.07.016)
- Tandoi F, Francescato G, Pagani A i wsp. "The Original Sound": a new non-pharmacological approach to the postnatal stress management of preterm infants. *J Matern Fetal Neonatal Med* 2015;28(16):1934–1938. [doi:10.3109/14767058.2014.973392](https://doi.org/10.3109/14767058.2014.973392)
- O'Callaghan N, Dee A, Philip RK. Evidence-based design for neonatal units: a systematic review. *Matern Health Neonatol Perinatol* 2019;30(5):6. [doi:10.1186/s40748-019-0101-0](https://doi.org/10.1186/s40748-019-0101-0)
- Doede M, Trinkoff AM, Gurses AP. Neonatal Intensive Care Unit Layout and Nurses' Work. *HERD* 2018;11(1):101–118. [doi:10.1177/1937586717713734](https://doi.org/10.1177/1937586717713734)
- Loewy J, Stewart K, Dassler AM i wsp. The effects of music therapy on vital signs, feeding, and sleep in premature infants. *Pediatrics* 2013;131(5):902–918. [doi:10.1542/peds.2012-1367](https://doi.org/10.1542/peds.2012-1367)
- Haslbeck F. Creative music therapy for premature infants: an analysis of video footage. *Nordic J Music Therapy* 2013;23(1):5–35. [doi:10.1080/08098131.2013.780091](https://doi.org/10.1080/08098131.2013.780091)
- Casavant SG, Bernier K, Andrews S, Bourgoin A. Noise in the Neonatal Intensive Care Unit: What does the evidence tell us? *Adv Neonatal Care* 2017;17(4):265–273. [doi:10.1097/ANC.0000000000000402](https://doi.org/10.1097/ANC.0000000000000402)
- Carter BS, Wilkening RB. Prevention of hearing disorders: neonatal cause of hearing loss. *Seminars in Hearing* 1991;12:154–191.
- Douek E, Bannister LH, Dodson HC i wsp. Effects of incubator noise on the cochlea of the newborn. *Lancet* 1976;2:1110–1113. [doi:10.1016/s0140-6736\(76\)91088-6](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(76)91088-6)
- American Academy of Pediatrics Committee on Environmental Hazards. Noise: a hazard for the fetus and newborn. *Pediatrics* 1997;100:724–727. [doi:10.1542/peds.100.4.724](https://doi.org/10.1542/peds.100.4.724)
- Inder TE, Warfield SK, Wang H i wsp. Abnormal cerebral structure is present at term in premature infants. *Pediatrics* 2005;115(2):286–294. [doi:10.1542/peds.2004-0326](https://doi.org/10.1542/peds.2004-0326)
- Wharrad HJ, Davis AC. Behavioral and autonomic responses to sound in pre-term and full-term babies. *Br J Audiol* 1997;31:315–329.
- Peterson BS. Regional brain volume abnormalities and long-term cognitive outcome in preterm infants. *JAMA* 2000;284(15):1939–1947. [doi:10.1001/jama.284.15.1939](https://doi.org/10.1001/jama.284.15.1939)
- Woodward L, Clark C, Bora S, Inder T. Neonatal white matter abnormalities an important predictor of neurocognitive outcome for very preterm children. *PLoS ONE* 2012;7(12):e51879. [doi:10.1371/journal.pone.0051879](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051879)
- Reidy N. Impaired language abilities and white matter abnormalities in children born very preterm and/or very low birth weight. *J Pediatr* 2013;162(4):719–724. [doi:10.1016/j.jpeds.2012.10.017](https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2012.10.017)
- Howard K. Biological and environmental factors as predictors of language skills in very preterm children at 5 years of age. *J Dev Behav Pediatr* 2011;32(3):239–249. [doi:10.1097/DBP.0b013e31820b7882](https://doi.org/10.1097/DBP.0b013e31820b7882)
- Trapanotto M, Benini F, Farina M i wsp. Behavioral and physiological reactivity to noise in the newborn. *J Paediatr Child Health* 2004;40:275–281.

44. Surethiran S, Wilbraham K, May J i wsp. Noise levels within the ear and post-nasal space in neonates in intensive care. *Arch Dis Child Fetal Neonatal* 2003;88(4):F315–F318.
45. Cardoso MV, Chaves EM, Bezerra MG. Noise and sounds in the neonatal unit. *Rev Bras Enferm* 2010;63(4):561–566.
46. Van Reempts PJ, Wouters A, De Cock W i wsp. Clinical defense response to cold and noise in preterm neonates after intrauterine conditions associated with chronic stress. *Am J Perinatal* 1996;13:277–286.
47. Polska Norma PN-B-02151-4:2015-06.
48. Dyrektywa 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 25 czerwca 2002.
49. Gulczyńska E, Rochmińska B, Zawitkowski P, Cedrowska-Adamus W. Wspieranie rozwoju noworodka leczonego w OIT. W: Borszewska-Kornacka MK (red.) *Standardy opieki medycznej nad noworodkiem w Polsce*. Media-Press, Warszawa, 2017, pp. 197.
50. Graven SN. Sound and the developing infant in the NICU: conclusions and recommendations for care. *J Perinatol* 2000;20(8 Pt 2):S88–S93.
51. Selander J, Albin M, Rosenhall U i wsp. Maternal occupational exposure to noise during pregnancy and hearing dysfunction in children: A Nationwide Prospective Cohort Study in Sweden. *Environ. Health Perspect* 2016;124(6):855–860. doi:10.1289/ehp.1509874
52. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 10 grudnia 2010 roku. Dz. U. nr 239, poz. 1597.