

Adam Rosiński

Wydział Sztuki, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie.

Przestrzenna lokalizacja dźwięku u osób z niepełnosprawnością wzrokową

Autor w niniejszym artykule stara się ukazać nowe możliwości zastosowania i wykorzystania systemu elektroakustycznego w pracy z osobami z niepełnosprawnością wzrokową. Przedstawione możliwości wykorzystania systemu elektroakustycznego oraz specyficznych umiejętności słuchowych w życiu codziennym osób z niepełnosprawnością wzrokową jest celem nadrzędnym niniejszej pracy. Ukazane problemy stanowią wyłącznie wybrany fragment z szerokiego i wieloaspektowego obszaru w zakresie obcowania z dźwiękiem i kształcenia w zakresie oceny słuchowej dźwięku osób niewidomych. Właściwie podjęte kształcenie, wykorzystanie specyficznych umiejętności słuchowych osób z niepełnosprawnością wzrokową oraz zastosowanie specjalnego systemu elektroakustycznego, może wpłynąć na zwiększenie bezpieczeństwa wzmiankowanych osób w życiu codziennym w przestrzeni publicznej, jak i w pomieszczeniach zamkniętych.

Słowa kluczowe: przestrzenna lokalizacja dźwięku, niewidomi, kształcenie słuchu, bezpieczeństwo, systemy elektroakustyczne

Spatial localization of sound in visually disabled persons

In the article the author attempts to show a new possibilities of applying and exploiting the electroacoustic system at working with people with visual impairment. The text exemplifies how to employ electroacoustic system and specific auditory capabilities in everyday life of people with visual impairment. The problems undertaken in the study merely shape only a small part of a broader and multi-faced issue, referred either to sound experience or training the auditory assessment of the sound in people with visual impairments. The accurate schooling, employing specific auditory skills of the visually impaired, as well as the use of special electroacoustic system may increase safety in their everyday life, either in the open or closed spaces.

Keywords: spatial localization of sound, blind people, hearing training, safety, electroacoustic systems

Wprowadzenie

Termin niepełnosprawności należy rozpatrywać hermeneutycznie i wieloaspektowo, gdzie wielotorowość tego spojrzenia ukazuje złożoność problemu – podejmowanego często podczas posiedzeń wielu organizacji oraz w rozważaniach osób zajmujących się niepełnosprawnością zawodowo. Definicja niepełnosprawności wzbudzała i nadal wzbudza wiele wątpliwości i kontrowersji, stąd samą definicję niejednokrotnie modyfikowano, ponieważ jest to pojęcie trudne do operacjonalizacji. Nie istnieje jedna, właściwa i zarazem uniwersalna definicja niepełnosprawności, łącząca różne jej aspekty. Według World Health Organization szacuje się, że około 15% ogółu społeczeństwa świata stanowią osoby niepełnosprawne, natomiast w liczbach bezwzględnych jest to około miliarda osób żyjących na ziemi [Miśkiewicz, dostęp: 02.07.2017].

Niewidomi ze względu na swoją niepełnosprawność poznają świat za pomocą innych zmysłów niż ludzie widzący. Pozwala to na wyostrenie odmiennych zmysłów i umiejętności oraz zaangażowanie ich w poznanie otaczającego świata w taki sposób, który dla ludzi widzących jest niedostępny. Niepełnosprawność objawiająca się w postaci deficytu – braku widzenia jest rekompensowana przez inne zmysły, które pozwalają na interpretację dochodzących bodźców na wyższym poziomie poznawczym. Badania nad osobami ze stwierdzoną niepełnosprawnością wzrokową ukazują jak utrata bądź brak zmysłu widzenia kompensowana jest przez mózg w zakresie różnych połączeń korowych i neuronalnych powiązanych ze zmysłem słyszenia [Leclerc i in. 2000, s. 549–550]. Zaistniałe zmiany objawiają się przez znaczną poprawę w zakresie lokalizacji przestrzennej źródeł dźwięku w porównaniu do osób widzących [Röder i in. 2002, s. 930–936].

Lokalizacja przestrzenna źródeł dźwięku

Mózg człowieka składa wzór rozpoznawanej przestrzeni na podstawie trzech informacji: korelacji opóźnień, z jakim sygnał dociera do prawego i lewego ucha z miejsc znajdujących się w różnych odległościach od nich (ang. *Interaural Time Delay* - ITD), różnicy w głośności między omawianymi dźwiękami (ang. *Interaural Level Distance* - ILD) oraz różnicy częstotliwości dźwięku jaki dociera do uszu słuchacza z różnych kierunków (ang. *Head-Related Transfer Function* – HRTF) [Begault 2000, s. 37–42].

Swobodne pole umożliwia dwuoszny (binauralny) odbiór bodźców dźwiękowych, które może oddziaływać na wrażenie przestrzenności pomieszczenia, w którym się znajdujemy. Na zmianę widma dźwięku (składowych częstotliwości wystę-

pujących w strukturze dźwięku) wpływają odległość źródła dźwięku od słuchacza oraz zmiany dotyczące przemieszczania się źródła. Zmniejszenie odległości pomiędzy źródłem a perceptorem powoduje zmiany w zakresie różnych pasm częstotliwości ILD [Begault 2000, s. 40–41].

Różnice częstotliwości dźwięków dochodzących z różnych kierunków osobno do lewego i prawego ucha umożliwiają wytworzenie trójwymiarowej przestrzeni dźwiękowej. Kształt małżowiny usznej, wewnętrznego przewodu słuchowego oraz częściowo głowy wpływa na przetwarzanie dźwięku przestrzennego (zmiany w zakresie charakterystyki widmowej dźwięku). Wzmiankowane elementy należą wyłącznie do czynników indywidualnych danej osoby [Rosiński 2013, s. 14; Sęk 2000, s. 23–24]. Kształt małżowin usznych i kształt głowy badanych rzutuje na postrzeganie struktur dźwiękowych w przestrzeni oraz różną ich interpretację, dlatego każda osoba w nieco odmienny sposób percypuje dźwięki oraz przestrzeń akustyczną.

Niewidomi polegają w znacznym stopniu na bodźcach słuchowych podczas oceny otaczającej rzeczywistości. Przetwarzanie dźwięku przez obwodowy system słuchowy (ucho), a następnie centralny układ przetwarzania słuchowego (transmisja do mózgu, przetwarzanie w korze mózgowej i analiza odebranego dźwięku) ma bardzo duże znaczenie dla życia ludzi niewidomych. Dźwięk pojawiający się w zakresie obwodowego układu słuchowego powoduje, że niewidomi kierują głowę w kierunku orientacji dźwięku, następnie przez kolejny system słuchowy jest możliwe interpretowanie: co to jest za dźwięk oraz gdzie dokładnie znajduje się w otaczającej przestrzeni – obie informacje mogą być przetwarzane skutecznie w równym stopniu [Muchnik i in. 1991, s. 19–23; Lessard i in. 1998, s. 278–280]. Badania laboratoryjne wyraźnie wskazują, że w porównaniu z osobami widzącymi niewidomi opracowali lepsze zdolności w zakresie przestrzennego przetwarzania dźwięków i rozpoznawania różnych cech fizycznych źródła dźwięku, które generuje falę akustyczną – w literaturze zostało to zjawisko określone mianem „co” (np. z jakiego materiału jest zrobione źródło) [Röder i in. 1999, s. 163–166]; jest to reakcja na bardzo małe różnice w zakresie zmian barwy, wysokości, natężenia oraz następstw czasowych dźwięku [Gougoux i in. 2004, s. 309; Collignon i in. 2007, s. 457–463; Bogusz-Witczak i in. 2015, s. 337]. Brak możliwości przetwarzania obrazu w formie wizualnej w przypadku niewidomych powoduje znacznie precyzyjniejsze wskazanie źródła dźwięku w przestrzeni, co odpowiada informacji „gdzie” pomimo występujących różnych okoliczności słuchowych (np. występujących dźwięków maskujących w przestrzeni miejskiej) [Röder i in. 1999, s. 163–166]. Zjawiska te dotyczą specyficznej organizacji analizy dźwięku w mózgu, pozwala to na uporządkowanie danych akustycznych docierających do słuchacza z różnych źródeł w taki sposób, aby słuchacz odbierał kompletny opis

słuchowy danego zdarzenia akustycznego jako całość lub jako oddzielne zdarzenia [Liotti i in. 1998, s. 1007–1012].

Niewidomi od urodzenia (dorośli) w badaniu porównawczym z osobami widzącymi wykrywają szybciej i dokładniej nawet niewielkie zmiany w zakresie pozycji przestrzennej źródła dźwięku, natomiast reagują wolniej w zadaniach niezwiązanych z przestrzennym rozpatrywaniem źródła. Oznacza to, że niewidomi posiadają osłabione bezprzestrzenne przetwarzanie informacji dźwiękowych docierających z obwodowego układu słuchowego. Szybkość rozpoznawania dźwięku w przestrzeni przez osoby niewidome nie wpływa na zmianę uwagi mechanizmów orientujących – zlokalizowanych w korze mózgowej [Chen i in. 2006, s. 1449–1452].

Badania przestrzenne, dotyczące lokalizacji szumu białego jako źródła dźwięku, ukazały, że znaczna większość niewidomych bardzo precyzyjnie lokalizuje i wskazuje położenie źródła dźwięku w przestrzeni, natomiast niektóre z osób potrzebowały krótkiego treningu (adaptacji do warunków odsłuchowych), aby uzyskać prawidłową zdolność wskazywania położenia źródeł dźwięku [Pec i in. 2007, s. 2326–2330; Pec i in. dostęp: 31.06.2017; Pec i in. 2008, s. 235–238].

Interesujące zjawiska wykazały badania tylnych obszarów w mózgu odpowiadających za zmysł wzroku u niewidomych, które są aktywne do wykonywania funkcji słuchowych. Istnieje prawdopodobieństwo wykorzystania utajonych połączeń słuchowych w działalności układu wzrokowego. Jest to skrzyżowanie modalne plastyczności umysłu, którego działanie do dzisiaj jest nierozpoznane. Jedno z wyjaśnień wskazuje, że komórki znajdujące się w tej części mózgu są multimodalne, czyli mogą przetwarzać informacje docierające z różnych zmysłów. Jeżeli komórka utraci swoją multimodalność w wyniku neuroplastyczności umysłu oraz różnego rodzaju połączeń korowych, może zostać wykorzystana do przetwarzania innej modalności [Leclerc i in. 2000, s. 549–550; Röder i in. 2002, s. 930–936].

Badania przeprowadzone pozytonową tomografią emisyjną oraz specjalnie uszeregowanym głośnikom, ukazały, że osoby niewidome od urodzenia oraz osoby, które straciły wzrok we wczesnym okresie życia, różnią się w zakresie charakterystyki mechanizmu dotyczącego przestrzennego odbioru dźwięków. Dwa ogniska silnej aktywności, występujące podczas przetwarzania dźwięku w korze potylicznej, dotyczą osób, które lepiej lokalizują dźwięk monauralnie (jednusznie) – częściej są to osoby, które straciły wzrok we wczesnym dzieciństwie. Jedno ognisko aktywności występujące podczas przetwarzania dźwięku dotyczy osób, które lepiej lokalizują dźwięk binauralnie (dwuusznie) – częściej są to osoby, które urodziły się niewidome. Grupa osób widzących, która wzięła udział w tym eksperymencie, charakteryzowała się zmniejszonym przepływem krwi w płacie potylicznym podczas lokalizacji dźwięku w przestrzeni oraz mniejszym umiejętnościom analizy dźwięku w przestrzeni [Gougoux i in. 2005, s. 324, 330].

Wpływ doświadczenia muzycznego na umiejętność przetwarzania dźwięku

Badania przeprowadzone na osobach niewidomych odnoszące się do percepcji dźwięku oraz doświadczenia muzycznego wyraźnie wskazywały, że znaczne doświadczenia muzyczne wpływają na specyficzną umiejętność oceny słuchowej dźwięku dokonywaną przez wzmiankowaną grupę. W eksperymencie badanych podzielono na trzy grupy ze względu na doświadczenie muzyczne: bez doświadczenia, z małym doświadczeniem oraz z dużym doświadczeniem – doświadczenie muzyczne konsekwentnie praktykowane przez co najmniej cztery lata nauki. Zaobserwowano, że osoby niewidome z dużym doświadczeniem muzycznym są bardziej wrażliwe na różnice częstotliwości oraz na niewielkie zmiany w zakresie barwy dźwięku w porównaniu do pozostałych grup badanych. Edukacja muzyczna wpływa na lepsze zapamiętywanie cech dźwięku, co jest związane z pamięcią krótkotrwałą, dodatkowo zaobserwowano również większą wrażliwość na dźwięki bardzo ciche. Przytoczony eksperyment wykazał, że doświadczenia muzyczne wpływają na poprawę wydajności systemu słuchowego [Bogusz-Witczak i in. 2015, s. 337].

Doświadczenia muzyczne nie zawsze są głównym czynnikiem różnicującym interpretację bodźców podczas przetwarzania dźwięku w przypadku osób niewidomych, lecz zauważono tendencję, że im dłużej trwała edukacja muzyczna, tym niewidomi osiągnęli lepsze kompetencje słuchowe. Zdolność rozpoznawania przez osoby niewidome niewielkich różnic w zakresie parametrów akustycznych sygnałów dźwiękowych umożliwia im dostrzeżenie zmian zachodzących w otaczającym ich środowisku [Bogusz-Witczak i in. 2015, s. 347].

Eksperymenty przeprowadzone na osobach z wykształceniem muzycznym oraz bez wykształcenia muzycznego (obie grupy osób widzących) wskazują, że wcześniej podjęta i ciągle praktykowana edukacja muzyczna umożliwia wieloaspektowy rozwój układu nerwowego związanego z przetwarzaniem i analizą bodźców dźwiękowych na różnych poziomach mentalnych w odmiennych aspektach nie tylko związanych ściśle z muzyką [Kraus, Chandrasekaran 2010, s. 605; Meyer i in. 2011, s. 1, 9; Barrett i in. 2013, s. 9; Parbery-Clark i in. 2009a, s. 659; Parbery-Clark i in. 2009b, s. 14106; Strait i in. 2012, s. 199; Chartrand, Belin 2006, s. 167; Pantey, Herholz 2011, s. 2152]. Kształcenie muzyczne przynosi zmiany w mózgu człowieka, w tym rozwój różnych obszarów korowych oraz specyficznych rodzajów przetwarzania informacji, ma to odniesienie do neuroplastyczności umysłu.

Przedstawione powyżej dane ujawniają często nieprawidłowe twierdzenia oraz przypisywanie specyficznych cech słuchowej oceny dźwięku i zmian w mózgu wyłącznie osobom niewidomym lub niewidomym, które podjęły kształcenie

muzyczne. Oznacza to, że wcześniej podjęta edukacja muzyczna wpływa na zmiany zachodzące w mózgu (neuroplastyczność), natomiast niepełnosprawność wzrokowa nie musi w każdym aspekcie mieć nadrzędnego znaczenia, ponieważ zmiany w zakresie przetwarzania bodźców dźwiękowych są obserwowane u osób niewidomych oraz widzących. Być może istnieją różnice w zakresie przetwarzania informacji dźwiękowych bądź charakterystyk działania tych mechanizmów lub zmiany w mózgu spowodowane wcześniej podjętą profesjonalną edukacją muzyczną między osobami widzącymi i niewidomymi. Dotychczas jednak nie przeprowadzono w jednym eksperymencie badań porównawczych i nie zbadano obu grup, co ukazuje szeroki obszar niewiedzy, który może zostać uzupełniony innowacyjnymi badaniami w tym zakresie, które wskażą odpowiedź na tak interesujące zagadnienie.

Wyniki, jakie uzyskano we wcześniej opisanych eksperymentach, były inspiracją do podjęcia dalszych rozważań dotyczących wykorzystania w warunkach codziennych specyficznych umiejętności słuchowych osób z niepełnosprawnością wzrokową, które mogą przyczynić się do poprawy warunków życia wzmiankowanych osób.

Wykorzystanie specyficznych umiejętności słuchowych osób niewidomych w życiu codziennym

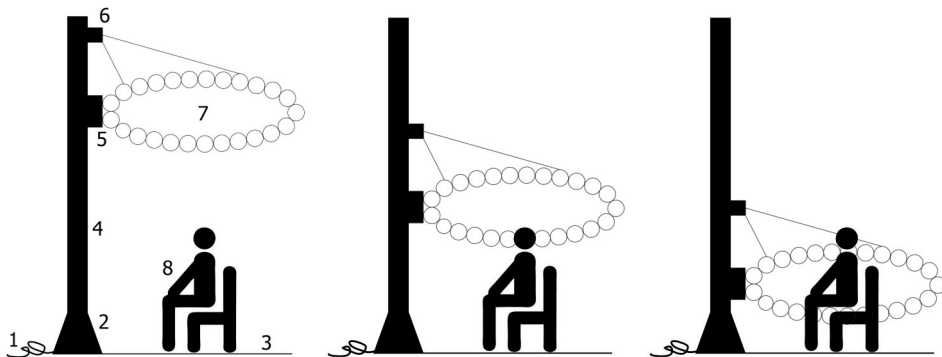
Dotyk w przypadku osób z niepełnosprawnością wzrokową uważany jest jako zmysł dominujący, lecz działa w bardzo wąskim obszarze przestrzeni, natomiast słuch może pełnić dodatkową funkcję – np. ostrzegania przed zbliżającym się niebezpieczeństwem z dużych odległości (np. zbliżający się pociąg, tramwaj, samochód), pod warunkiem, że dana osoba jest właściwie kształcona w zakresie oceny słuchowej dźwięku. Zmiana mechanizmów kształcenia muzycznego ludzi niewidzących w zakresie przetwarzania dźwięku jest bardzo istotna. Aktualne metody kształcenia ludzi z niepełnosprawnością wzrokową nie skupiają się na kompensowaniu braku widzenia przez zmysł słuchu w życiu codziennym, przez co nie spełniają nowych standardów i kryteriów zmieniającego się społeczeństwa, które mogą wpływać na poprawę bezpieczeństwa niewidomych.

Uwagi i wskazówki uzyskane od osób niewidomych powinny być brane pod uwagę podczas tworzenia biblioteki dźwięków – nietypowego zbioru dźwięków, służącemu do nauki rozpoznawania różnych dźwięków w otoczeniu niewidomych. Okazuje się, że w przypadku osób z niepełnosprawnością wzrokową dźwięki generowane przez te same źródło brzmia inaczej, w zależności od pogody, temperatury, dnia i pory roku. Na przykład inny dźwięk emituje tramwaj w lato jadący po

rozgrzanych szynach niż wieczorem, gdy szyny są już chłodniejsze. Niewidomi wskazywali, że rozpoznają przystanek, na którym się znajdują przez rozpoznanie różnych elementów akustycznych, które powodują charakterystyczne i indywidualne brzmienie każdego przystanku, co jest w przypadku osób z niepełnosprawnością wzrokową podstawą do oceny zmieniającego się otoczenia. Osoby widzące nie zwracają uwagi na omawiane zmiany w zakresie charakterystyki barwy dźwięków, ponieważ ich nie dostrzegają.

Osoby z niepełnosprawnością wzrokową powinny uczęszczać na lekcje oceny słuchowej dźwięku (podobne do tych, które znajdują się w siatce zajęć reżyserów dźwięku). W przypadku osób niewidomych przedmiot ten powinien być szczególnie poszerzony o specjalistyczne aspekty rozpoznawania kierunku dochodzenia dźwięków w przestrzeni oraz stworzenia biblioteki dźwięków, która pozwoli na zapoznanie się z dźwiękami stanowiącymi zagrożenie, jak i neutralnymi. Sala ćwiczeniowa, w której odbywają się zajęcia, musi zostać wyposażona w specjalistyczny sprzęt elektroakustyczny. Nowe kształcenie osób z niepełnosprawnością wzrokową ma na celu wyrobienie umiejętności w wychowankach: oceny materiału, z jakiego jest zbudowane źródło dźwięku, semantycznej klasyfikacji źródeł dźwięku (czy jest to źródło twarde, miękkie, ostre, np. zagrażające zdrowiu po dotknięciu), oceny kierunku, z którego dochodzi dźwięk oraz oceny przybliżonej odległości niewidomego od źródła dźwięku.

Na rysunku 1 przedstawiono schemat elektroakustycznego systemu do generowania dźwięku przestrzennego. System opracowany i zaprojektowany przez autora niniejszej pracy pozwala na generowanie przestrzeni dźwiękowej w płaszczyźnie horyzontalnej 360°, czyli naokoło osoby badanej oraz w przestrzeni wertykalnej, która może znajdować się: znacznie powyżej głowy bądź przesuwając się – blisko stóp osoby badanej. Ruch w pionie systemu elektroakustycznego może być zatrzymany w dowolnym miejscu, na dowolnej wysokości belki głównej (numer 4 na rysunku 1), jest on płynnie sterowany przy pomocy komputera. Celem głównym niniejszego projektu, była możliwość zbudowania urządzenia, które pozwoli na podjęcie odpowiednich i właściwych badań dotyczących percepcji dźwięków w przestrzeni oraz umożliwi kształcenie osób niewidomych w zakresie oceny słuchowej dźwięku. Wygenerowanie odpowiedniego pola akustycznego z wielu głośników ukazanych na rysunku 1 oraz przemieszczanie się głośników w pozycji pionowej umożliwi rozwinięcie specjalistycznej umiejętności rozpoznawania kierunku dochodzenia dźwięków w przestrzeni.



Rysunek 1. Schematyczne ukazanie specjalistycznego sprzętu elektroakustycznego, którego celem jest badanie oraz nauczanie niewidomych rozpoznawania kierunku dochodzenia dźwięków w przestrzeni (rzut boczny).

Opis schematu: 1 – kabel zasilający, 2 – silnik wraz z modułem sterującym, pozwalający na ruch pionowy systemu elektroakustycznego, 3 – podstawa urządzenia, odważnik, 4 – belka główna, która pozwala na pionowe przemieszczenie się zespołu głośników, 5 – główne mocowanie systemu elektroakustycznego, 6 – wspornik, dodatkowe mocowanie systemu elektroakustycznego, 7 – system elektroakustyczny zbudowany na planie okręgu z zespołu głośników otaczających dookoła osobę badaną, 8 – osoba poddana badaniom, rozpoznająca kierunek dochodzenia dźwięku w przestrzeni trójwymiarowej

Źródło: Opracowanie własne.

Osoby z niepełnosprawnością wzrokową po specjalistycznej edukacji w zakresie obcowania z dźwiękiem i kształceniu w zakresie oceny słuchowej dźwięku potrafią:

- wykorzystywać różne aspekty dochodzącego dźwięku w pomieszczeniach z otwartymi drzwiami, aby zlokalizować wyjście na bazie przesłanek akustycznych i przejść przez drzwi nie dotykając dłońmi ścian pomieszczenia;
- wykorzystywać analizę dźwięków zewnętrznych dochodzących do niewidomego, aby zlokalizować wyjście w pomieszczeniu zamkniętym przy zamkniętych drzwiach i przejść przez drzwi nie dotykając dłońmi ścian pomieszczenia;
- wykorzystywać możliwość klaśnięcia w ręce w pomieszczeniach zamkniętych w celu wskazania okien, ponieważ okna odbijają dźwięki w odmienny sposób niż ściany;
- wykorzystując wyżej zaprezentowane techniki niewidomi potrafią dodatkowo wskazać wyjście z tunelu, pociągu, tramwaju na podstawie właściwej analizy dochodzących dźwięków;
- wykorzystywać maskowanie dźwięku do oceny gdzie znajdują się duże przeszkody przed, po bokach oraz za niewidomym;
- prawidłowo ocenić, po której stronie stoją jezdni, poprzez ocenę i kierunek zbliżających bądź oddalających się źródeł dźwięku (samochodów);

- prawidłowo ocenić rodzaj skrzyżowania, do którego zbliża się osoba niewidoma (skrzyżowanie o ruchu okrężnym, skrzyżowanie X, XX, T, Y), na bazie lokalizacji przestrzennej kierunku jazdy samochodów (prawidłowa analiza i interpretacja dochodzących dźwięków);
- prawidłowo ocenić skrzyżowanie z wyspą centralną lub elementami zieleni, poprzez brak generowania dźwięku w pewnym obszarze pomiędzy jezdniami (wyspa centralna) bądź maskowanie dźwięków dochodzących (elementy zieleni);
- wcześniej ocenić zbliżające się zagrożenia i niebezpieczeństwa np. nadjeżdżający rower poprzez analizę akustyczną styku opon z podłożem i charakterystycznym jego brzmieniem (rowery jadące szybko) bądź ocenie słuchowej brzmienia tykających kół zębatych (rowery jadące wolno) itp.

Zakończenie

W przypadku osób niewidomych wykorzystanie kompensacyjnej wartości słuchu jest nie do przecenienia w warunkach codziennych. Osoby z niepełnosprawnością wzrokową, szczególnie dbając o zmysł słuchu i rozwijające go, powinny kształcić się muzycznie bądź chodzić na zajęcia muzykoterapeutyczne. Zajęcia takie po pewnym czasie mogą kształtować nowy poziom mentalny przetwarzania i rozpoznawania bodźców słuchowych, może to mieć znaczenie w różnych aspektach pozamuzycznych dotyczących życia codziennego. Szeroko prowadzone badania neurologiczne wskazują, że u osób niewidomych większa część mózgu jest podatna na bodźce dźwiękowe w porównaniu z osobami widzącymi, natomiast podczas utraty wzroku – wrażliwość słuchowa nie poprawia się w sposób zautomatyzowany. Mózg człowieka jest plastyczny, a więc podatny na różnego rodzaju działania usprawniające, jak np. działania muzykoterapeutyczne [Kilian, Cichocka 2011, s. 255].

Kwerenda literatury, pewne niejednoznaczności w literaturze oraz dane uzyskane z eksperymentów ukazują, jak omawiany obszar badawczy jest głęboki, wieloaspektowy, niejednorodny i indywidualny. Niniejsza rozprawa jest próbą zrozumienia i odpowiedzi, w jaki sposób osoby niewidome przetwarzają bodźce akustyczne w zakresie lokalizacji przestrzennej. Zagadnienia te dotyczą również profesjonalnego wykształcenia muzycznego osób widzących, które również posługują się specyficznymi mechanizmami podczas oceny słuchowej położenia dźwięku w przestrzeni. Zatem warto byłoby wzmiankowane osoby zbadać w jednym eksperymencie porównawczym i sprawdzić czy obie grupy różnią się pod względem lokalizacji źródła dźwięku w przestrzeni.

Przedstawione możliwości wykorzystania specyficznych umiejętności słuchowych w życiu codziennym osób z niepełnosprawnością wzrokową będą uzupełniane i rozszerzane podczas eksperymentów psychoakustycznych. Zaprezentowane zagadnienia stanowią tylko pewną wybraną część z szerokiej i wieloaspektowej problematyki w zakresie obcowania z dźwiękiem i kształcenia w zakresie oceny słuchowej dźwięku osób niewidomych. Wykorzystanie specyficznych umiejętności słuchowych osób z niepełnosprawnością wzrokową w życiu codziennym może wpłynąć na zwiększenie bezpieczeństwa poruszania się wzmiankowanych osób po terenach, które nie są dla nich jeszcze znane.

Autor wyraża nadzieje, że rozwój nauki, nowych metod badawczych oraz innowacyjnych eksperymentów dotyczących zaprezentowanych zagadnień, pozwolą lepiej poznać i zrozumieć oraz być może wykryć nowe mechanizmy działające w obrębie zmysłu słuchu u osób niewidomych, może to wpłynąć na wzrost zainteresowania ludźmi z niepełnosprawnością wzrokową oraz przyczynić do poprawy warunków życia wzmiankowanych osób.

Bibliografia

- Barrett K.C., Ashley R., Strait D.L., Kraus N. (2013), *Art and science: how musical training shapes the brain*, „Frontiers in Psychology”, vol. 4.
- Begault D.R. (2000), *3-D Sound for Virtual Reality and Multimedia*, California, National Aeronautics and Space Administration, NASA Ames Research Center.
- Bogusz-Witczak E., Skrodzka E., Turkowska H. (2015), *Influence of musical experience of blind and visually impaired young persons on performance in selected auditory tasks*, „Archives of Acoustics”, vol. 40, no. 3.
- Chartrand J.P., Belin P. (2006), *Superior voice timbre processing in musicians*, „Neuroscience Letters”, no. 405.
- Chen Q., Zhang M., Zhou X. (2006), *Spatial and nonspatial peripheral auditory processing in congenitally blind people*, „NeuroReport”, vol. 17, no. 13.
- Collignon O., Lassonde M., Lepore F., Bastien D., Veraart C. (2007), *Functional cerebral reorganization for auditory spatial processing and auditory substitution of vision in early blind subjects*, „Cerebral Cortex”, vol. 17, no. 2.
- Gougoux F., Lepore F., Lassonde M., Voss P., Zatorre R.J., Belin P. (2004), *Pitch discrimination in the early blind*, „Nature”, no. 430.
- Gougoux F., Zatorre R.J., Lassonde M., Voss P., Lepore F. (2005), *A functional neuroimaging study of sound localization: Visual cortex activity predicts performance in early-blind individuals*, „PLoS Biology”, vol. 3, issue 2.
- Kilian M., Cichoń M. (2011), *Muzykoterapia w rehabilitacji dzieci niewidomych i słabo widzących – założenia Teoretyczne (część 1)*, „Szkoła specjalna”, vol. 4(260).
- Kraus N., Chandrasekaran B. (2010), *Music training for the development of auditory skills*, „Nature Reviews. Neuroscience”, vol. 11.

- Leclerc Ch., Saint-Amour D., Lavoie M.E., Lassonde M., Lepore F. (2000) *Brain functional reorganization in early blind humans revealed by auditory event-related potentials*, „NeuroReport”, vol. 11, no. 3.
- Lessard N., Pare ´ M., Lepore F., Lassonde M. (1998), *Early blind human subjects localize sound sources better than sighted subjects*, „Nature”, no. 395.
- Liotti M., Ryder K., Woldorff M.G. (1998), *Auditory attention in the congenitally blind: where, when and what gets reorganized?*, „NeuroReport”, vol. 9, no. 6.
- Meyer M., Elmer S., Ringli M., Oechslin M. S., Baumann S., Jancke L. (2011), *Long-term exposure to music enhances the sensitivity of the auditory system in children*, „European Journal of Neuroscience”, vol. 33, issue 1.
- Miśkiewicz P. (2017), *Światowy Raport o Niepełnosprawności*, Biuro WHO w Polsce, https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=8&ved=0ahUKEwiE6KiHIZ_RAhVMCMAKHSKcAZsQFghrMAc&url=http%3A%2F%2Fwww.pfron.org.pl%2Fdownload%2F1%2F4955%2FPaulinaMikiewicz.pdf&usq=AFQjCNETTB0tDcIbUf1OjGHIF56X_9vjQ&sig2=0NVtvOxWSE0lOhIT12ljfQ [dostęp: 2.07.2017].
- Muchnik C., Efrati M., Nemeth E., Malin M., Hildesheimer M. (1991), *Central auditory skills in blind and sighted subjects*, „Scand Audiol”, no. 20.
- Pantev C., Herholz S.C. (2011), *Plasticity of the human auditory cortex related to musical training*, „Neuroscience and Biobehavioral Reviews”, vol. 35, issue 10.
- Parbery-Clark A., Skoe E., Kraus N. (2009b), *Musical experience limits the degradative effects of background noise on the neural processing of sound*, „Journal of Neuroscience”, vol. 29(45).
- Parbery-Clark A., Skoe E., Lam C., Kraus N. (2009a), *Musician enhancement for speech-in-noise*, „Ear and Hearing”, vol. 30, no. 6.
- Pec M., Bujacz M., Strumiłło P. (2017), *Head related transfer function measurement and processing for the purpose of creating a spatial sound environment*, Jachranka Village, Signal Processing Symposium SPS 2007, http://www.eletel.p.lodz.pl/programy/naviton/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=80&Itemid=43&mosmsg=You+are+trying+to+access+from+a+non-authorized+domain.+%28www.google.pl%29 [dostęp: 31.06.2017].
- Pec M., Bujacz M., Strumiłło P., Materka A. (2008), *Individual HRTF measurements for accurate obstacle sonification in an electronic travel aid for the blind*, Proc. International Conference on Signals and Electronic Systems, Kraków.
- Pec M., Bujacz M., Strumiłło P. (2007), *Personalized head related transfer function measurement and verification through sound localization resolution*, Proc. of the 15th European Signal Processing Conference (EUSIPCO 2007), Poznań.
- Röder B., Stock O., Bien S., Neville H., Rösler F. (2002), *Speech processing activates visual cortex in congenitally blind humans*, „European Journal of Neuroscience”, vol. 16.
- Röder B., Teder-Salejarvi W., Sterr A., Rösler F., Hillyard S.A., Neville H.J. (1999), *Improved auditory spatial tuning in blind humans*, „Nature”, no. 400.
- osiński A. (2013), *Lokalizacja pozornych źródeł dźwięku w nagraniach binauralnych*, [w:] *Nowe trendy w naukach inżynierskich* 4, t. 2, CreativeTime, Kraków.
- Sęk A.P. (2000), *Percepcja dźwięku*, „Forum psychologiczne”, t. 5, nr 1.
- Strait D.L., Parbery-Clark A., Hittner E., Kraus N. (2012), *Musical training during early childhood enhances the neural encoding of speech in noise*, „Brain & Language”, no. 123.