

Małgorzata Walkiewicz-Krutak

Akademia Pedagogiki Specjalnej im. Marii Grzegorzewskiej

Aktywna i pasywna echolokacja jako element percepcji słuchowej i orientacji przestrzennej osób niewidomych

W artykule opisano zjawisko wykorzystywania dźwięków odbitych w orientacji przestrzennej osób niewidomych z podziałem zaproponowanym przez Tima Johnsona (2012) na echolokację pasywną i aktywną. Echolokacja pasywna jest oparta na wykorzystaniu dźwięków pochodzących naturalnie z otoczenia i ich interpretacji w kontekście cech otoczenia. Echolokacja aktywna polega na wykorzystaniu określonego sygnału dźwiękowego w celu uzyskania odbicia od obiektów w otoczeniu. Zjawisko echolokacji zostało opisane w kontekście współczesnych badań prowadzonych w krajach zachodnich – w aspekcie zarówno funkcjonalnym, jak i neurofizjologicznym (aktywności mózgu podczas posługiwania się echolokacją). Zostało ono zaprezentowane jako element (składowa) szerzej rozumianej percepcji słuchowej. W rozważaniach nad percepcją słuchową przyjęto tezę Jamesa Gibsona (1979), że działanie i percepcja wzajemnie się uzupełniają – działanie (rozumiane jako aktywne orientowanie się i samodzielne poruszanie się w otoczeniu), połączone z wykorzystaniem dostępnych osobie niewidomej zmysłów, przede wszystkim zaś słuchu, służy zdobywaniu wiedzy o nim.

Słowa kluczowe: percepcja słuchowa, echolokacja, orientacja przestrzenna osób niewidomych

Passive and active echolocation as an element of auditory perception and spatial orientation of blind people

The article describes the phenomenon of using reflected sounds in spatial orientation of blind people according to the division into passive and active echolocation proposed by Tim Johnson (2012). Passive echolocation is based on the use of sounds coming naturally from the environment and their interpretation in the context of environmental characteristics. Active echolocation consists in using a specific sound signal to obtain reflection from objects in the environment. In this study, the echolocation have been described in the context of contemporary research on this phenomenon in Western countries – in terms of both functional and neurophysiological aspect (brain activity when using echolocation). The phenomenon of echolocation was presented in the article as a component of auditory perception. In the consideration of auditory perception, James Gibson's thesis (1979) was accepted that action and perception complement each other – action (understood as active orientation and independent movement in the environment), combined with the use of senses available to a blind person, first of all hearing, is used to gain knowledge about the environment.

Keywords: auditory perception, echolocation, spatial orientation of blind people

Wprowadzenie

Rozumienie procesów składających się na percepcję otaczającego świata jest kluczowe dla skutecznego prowadzenia oddziaływań edukacyjnych w zakresie rozwijania orientacji przestrzennej osób niewidomych. Percepcja definiowana jest jako proces aktywnej interpretacji danych zmysłowych z wykorzystaniem wskazówek kontekstualnych, nastawienia i wcześniej nabytej wiedzy (Nęcka, Orzechowski, Szymura 2006: 278). Twórca ekologicznego podejścia do percepcji, James Gibson (1986: 5–44), zwrócił uwagę na wyodrębnianie w spostrzeganiu przedmiotów ich stałych właściwości, które umożliwiają przystosowanie się do otaczającego środowiska. W ekologicznym podejściu do spostrzegania podkreśla się, że funkcją systemu percepcyjnego jest rejestrowanie niezmiennych cech otoczenia, zatem percepcja jest w zgodzie z właściwościami środowiska, które są przydatne w codziennym życiu. Spostrzeganie według Gibsona ma charakter nie tylko sensoryczny, lecz także motoryczny – aktywność motoryczna i wykonywanie ruchów eksploracyjnych są niezbędnymi elementami spostrzegania. Tak rozumianą percepcję warunkuje eksplorowanie środowiska, którego efektem jest wzrost wiedzy o otoczeniu. Ruch służący poznawaniu otoczenia, zintegrowany z patrzeniem, słuchaniem, dotykiem, wąchaniem jest, zdaniem autora, częścią percepcji (Gibson, 1986: 223–237). Ekologiczna teoria percepcji akcentuje znaczenie eksplorowania w ruchu dla percepcji otoczenia oraz kontrolowania poruszania się w nim. Percepcja i działanie przenikają się – człowiek działając poznaje swoje otoczenie i jednocześnie wykorzystuje to, czego już się nauczył, aby kierować swoim działaniem (Guth, Rieser, Ashmead 2010: 4–5).

W niniejszych rozważaniach dotyczących roli percepcji słuchowej, a zwłaszcza echolokacji w rozwoju orientacji przestrzennej osób niewidomych, przyjęto tezę Gibsona, że działanie i percepcja wzajemnie się uzupełniają. Działanie (rozumiane tu głównie jako aktywne orientowanie się i samodzielne poruszanie się), połączone z wykorzystaniem dostępnych osobie niewidomej zmysłów, przede wszystkim słuchu, służy zdobywaniu wiedzy o otoczeniu. Gibson podkreślał m.in., że niektóre cechy percepcji mogą się różnić zależnie od warunków otoczenia, podczas gdy inne pozostają niezmiennione. System percepcyjny (człowieka, jak i innych gatunków) został ewolucyjnie przystosowany do szybkiego wyszukiwania niezmienników, bez angażowania się w rejestrację pozostałych potencjalnie dostępnych danych. Dostrzeżenie niezmienników pozwala zatem na wykonanie przystosowawczych czynności w otoczeniu fizycznym. Oznacza to, że tylko pewne cechy środowiska, interesujące człowieka w danym momencie, mają dla niego znaczenie i są szybko identyfikowane, np. zmęczony człowiek poszukuje miejsca, na którym może usiąść, a uciekający poszukuje miejsca, gdzie może

szybko oddalić się od niebezpieczeństwa. Tego typu prawa percepcji istnieją niezależnie od złożoności systemu poznawczego podmiotu (Bobyryk 2001: 77–78).

Jak zauważa Urszula Jorasz (1998: 126), wiele osób niewidomych jest zdolnych do wykrywania przeszkód w otoczeniu, oceny odległości od nich i ich wielkości. Podstawą słuchowej orientacji przestrzennej jest wrażenie słuchowe powstałe z odbicia dźwięku od przeszkody. Umiejętnością ściśle związaną z lokalizacją i interpretacją odbitych dźwięków jest echolokacja, którą Tim Johnson (2012; 16) zdefiniował jako metodę interpretacji dźwięków odbitych od otaczających obiektów, w celu określenia lokalizacji tych obiektów. Różne techniki echolokacji pozwalają na wykrywanie bardzo dużych i stosunkowo małych obiektów, i są pomocne w orientowaniu się nawet w złożonym, niepoznanym wcześniej otoczeniu. Jak podają Claudia Arias i współpracownicy (2012: 20), w echolokacji wykorzystuje się przede wszystkim dźwięki generowane samodzielnie przez echolokatora, w celu uzyskania informacji słuchowej (sygnału odbitego), czyli zlokalizowania i rozpoznania niewidocznych, cichych obiektów. Zasadniczym celem echolokacji dla osoby niewidomej jest wykrycie obecności przeszkody, dokonanie oceny w jakiej odległości znajduje się wykryty obiekt i jego bezpieczne ominięcie. Echolokacja stanowi zatem aktywny tryb percepcji słuchowej i w niniejszym artykule prezentowana jest w kontekście możliwości wspomagania i rozwijania orientacji przestrzennej u osób niewidomych. Umiejętność ta jest jedną z kluczowych dla osiągnięcia niezależności i bezpieczeństwa w zakresie samodzielnego poruszania się w przestrzeni osób z niepełnosprawnością wzroku.

W artykule przedstawiono wyniki eksploracji współczesnych źródeł naukowych dotyczących echolokacji, których celem było poszukiwanie odpowiedzi na pytania:

- Czy aktywna echolokacja jest pomocna osobom niewidomym w słuchowej percepcji przestrzeni?
- Czy echolokacja jest umiejętnością ponadprzeciętną, właściwą tylko dla niektórych osób, czy też należy traktować ją jako zasadniczą część treningu z zakresu orientacji przestrzennej?
- Czy jest zasadne włączenie celowego uczenia aktywnej echolokacji do programu nauczania orientacji przestrzennej i samodzielnego poruszania się osób niewidomych?

Zmysły wykorzystywane w percepcji przestrzeni, orientacji w niej i samodzielnym poruszaniu się osób niewidomych

Percepcja przestrzeni przez osobę niewidomą zachodzi w kontekście podejmowania określonej aktywności w niej (np. odnajdywania określonego celu

i przemieszczenia się do niego). Wrażenia odbierane za pomocą zmysłów stanowią źródło rozmaitych informacji o otoczeniu, jednak dane napływające z różnych modalności zmysłowych różnią się stopniem dokładności. W sytuacji braku możliwości korzystania ze zmysłu wzroku wykorzystywane jest zjawisko kompensacji zmysłowej, polegające na zastępowaniu funkcji analizatora wzrokowego innymi, sprawnie funkcjonującymi zmysłami: głównie słuchem i dotykiem. Powstałe wyobrażenie cechuje się tym większą dokładnością, im więcej receptorów bierze udział w percepcji przedmiotu lub zjawiska. Dominującą rolę w tworzeniu wyobrażenia odgrywa ten z receptorów, który w najbardziej właściwy sposób odbiera bodźce płynące z otoczenia (Sękowska 1998: 123). Jadwiga Kuczyńska-Kwapisz (2017: 44) opisuje kompensację w zakresie spostrzeżeń słuchowych jako potencjalną zdolność, którą posiada każda osoba niewidoma, a która nie zawsze ujawnia się spontanicznie i w każdym przypadku wymaga ćwiczenia.

Przykładem powszechnego zastosowania kompensacji zmysłowej jest posługiwanie się przez osoby niewidome długą laską. Poprawne korzystanie z niej angażuje zarówno zmysł dotyku (dotyk powierzchni, po której porusza się osoba niewidoma i obiektów znajdujących się na trasie poruszania się), jak również zmysł słuchu (interpretowanie informacji na temat otoczenia na podstawie dźwięków odbitych od miejsca styku laski z powierzchnią, której dotknęła). Jak podkreśla Zbigniew Jęczynek (2009: 9–10), w orientowaniu się w przestrzeni zmysł słuchu sięga znacznie dalej w przestrzeń niż dotyk, a dźwięki docierające do niewidomego od źródła są najlepszym materiałem do budowania w jego wyobraźni zależności i relacji przestrzennych. Autor akcentuje fakt, że mimo iż dotyk jest dla osób niewidomych najbardziej charakterystycznym zmysłem bezpośredniego poznawania przedmiotów, to jednak jego zakres działania jest ograniczony przez długość rąk czy zasięg końcówki laski. Dotykiem nie można poznać tego, co jest poza jego zasięgiem. Jednakże informacja dopływająca z receptorów dotykowych jest warunkiem niezbędnym do jakościowego poznawania przedmiotów i cech specyficznych najbliższego otoczenia (Paplińska 2008: 14–15). Zmysł słuchu pozwala natomiast na określenie kierunku i odległości źródła dźwięku (Jorasz 1998: 115; Kuczyńska-Kwapisz 2017: 38).

Istotne znaczenie w rozwoju orientacji w przestrzeni osób niewidomych mają także wrażenia kinestetyczne (propriocepcja i zmysł równowagi). Dzięki impulsom pochodzącym z receptorów znajdujących się w mięśniach, stawach i więzadłach osoba niewidoma rozwija świadomość ciała oraz umiejętność kontrolowania i planowania ruchu. Układ proprioceptywny w powiązaniu ze zmysłem dotyku i układem przedsionkowym pozwalają na rozwój świadomości ciała i ruchu, zwłaszcza w sytuacji całkowitego braku kontroli wzrokowej (Walkiewicz-Krutak 2015: 265). W orientacji przestrzennej i samodzielnym poruszaniu się pewnych informacji może dostarczać także zmysł węchu, chociaż ma on zdecydowanie

mniejsze znaczenie kompensacyjne niż zmysły słuchu i dotyku. Czasem ułatwia osobie niewidomej zlokalizowanie charakterystycznie pachnących miejsc, takich jak: piekarnia, pizzeria czy apteka. Podczas samodzielnego poruszania się nie można jednak w głównej mierze polegać na węchu, gdyż bardzo szybko adaptuje się on do określonych zapachów (Miler-Zdanowska 2015: 299).

W rozwijaniu orientacji w przestrzeni osób niewidomych istotne jest, aby kompensacja zmysłowa opierała się na maksymalnym wykorzystaniu potencjału każdego z funkcjonujących zmysłów, a informacje odbierane za pomocą różnych modalności uzupełniały się. Orientowanie się w otoczeniu to umiejętność ustalenia i utrzymania świadomości własnej pozycji w przestrzeni, w odniesieniu do osób niewidomych oznacza to umiejętność wykorzystania wszystkich możliwych zmysłów do określenia własnej pozycji w przestrzeni (LaGrow 2010: 3; Jacobson 2013: 4). Definicje, w których ujęto czynniki mające wpływ na procesy orientowania się i poruszania się w przestrzeni, zaproponowali Jadwiga Kuczyńska-Kwapisz i Jacek Kwapisz (1990: 5), którzy orientację przestrzenną określili jako sprawność jednostki w zakresie poznawania swojego otoczenia oraz zachodzących w nim relacji czasowych i przestrzennych. Do czynników mających wpływ na efektywny rozwój orientacji przestrzennej autorzy zaliczyli: zasób pojęć, znajomość schematu ciała, wyobraźnię przestrzenną, wiedzę o otoczeniu, operowanie relacjami odległości i czasu. Natomiast lokomocja, tj. przemieszczanie się osoby niewidomej z miejsca na miejsce, zależna jest od poziomu rozwoju cech motorycznych, m.in. zręczności, siły, szybkości, wytrzymałości, koordynacji, równowagi, a także od takich umiejętności, jak: prawidłowy chód i bieg, postawa, utrzymanie kierunku marszu, wykonywanie dokładnych zwrotów. Zintegrowanie tych dwóch obszarów oddziaływań w praktyce dydaktycznej – jednoczesne rozwijanie orientacji w przestrzeni i wyposażenie osoby niewidomej w umiejętności oraz narzędzia pozwalające na coraz większą samodzielność w zakresie lokomocji, pozwala na celowe i bezpieczne poruszanie się, a tym samym umożliwia aktywność w życiu społecznym i zawodowym.

Echolokacja jako istotny element słuchowej percepcji przestrzeni

Słuch, podobnie jak wzrok, jest telereceptorem, czyli receptorem przystosowanym do odbioru bodźców, które powstają w pewnym oddaleniu od narządu zmysłu. Jednym z najistotniejszych aspektów słuchowej orientacji w przestrzeni jest lokalizacja źródła dźwięku, na którą składają się: określenie kierunku, z którego dźwięk pochodzi oraz odległości w jakiej źródło dźwięku znajduje się od osoby słuchającej. Zwykle osoby niewidome potrafią precyzyjnie określić kierunek,

z którego dźwięk przychodzi, niż odległość od źródła dźwięku. W ocenie odległości istotną rolę odgrywa znajomość źródła, wskazuje to na włączenie w proces interpretacji sygnału dźwiękowego wyższych stanów świadomości (Jorasz 1998: 127). Większość wskazówek, na podstawie których dokonuje się lokalizacja źródła dźwięku, jest związana z binauralnością (słyszeniem obuusznym) i dokonującym się dzięki niej porównaniem sygnałów docierających do obojga uszu (dźwięk dochodzący do ucha bardziej oddalonego od źródła dźwięku jest opóźniony w stosunku do dźwięku docierającego do ucha bliższego – powstaje międzyuszną różnicą czasu). Układ słuchowy dysponuje zatem możliwością oceny kierunku źródła przez analizę impulsów pochodzących z obojga uszu. Binauralność pozwala nie tylko na precyzyjnie zlokalizowanie kierunku, z którego dźwięk pochodzi, umożliwia także selektywne słyszenie dźwięków pochodzących z wybranego kierunku i eliminowanie innych dźwięków, ma to szczególne znaczenie w środowisku hałaśliwym (Jorasz 1998: 116–117).

Słuch umożliwia zatem osobie niewidomej lokalizowanie (umiejscawianie) oraz rozpoznawanie rozmaitych obiektów w otoczeniu. Jest także źródłem informacji o zdarzeniach w nim zachodzących, np. pozwala na rozpoznawanie znajomych osób na podstawie głosu i/lub sposobu stąpania; w pomieszczeniu umożliwia określenie jego wielkości na podstawie słuchania dźwięku odbitego od ścian; na zewnątrz pozwala na interpretowanie otoczenia i zdarzeń mających w nim miejsce, np. wykrycie skrzyżowania, rozpoznanie bezpiecznego momentu do przejścia przez ulicę, spostrzeżenie nadjeżdżającego autobusu. Słuch pozwala stwierdzić czy i które objekty w otoczeniu są statyczne, a które są w ruchu. W wielu sytuacjach związanych z poruszaniem się, osoba niewidoma słuchająca otoczenia jest w ruchu, jak również źródło dźwięku porusza się (np. samochód/samochody). Wówczas percepcja nadchodzących dźwięków jest inna niż wtedy, gdy słuchający i źródło dźwięku są stacjonarne. Podczas poruszania się w przestrzeni osoba niewidoma napotyka na wiele sytuacji, w których źródło dźwięku będące w ruchu dostarcza informacji niezbędnych do rozumienia otoczenia, np. wsłuchując się w dźwięki samochodów przemieszczających się po skrzyżowaniu, może wnioskować o jego wielkości, kształcie, sposobie regulacji ruchu, momencie, w którym może bezpiecznie przejść przez ulicę i wielu innych cechach tego otoczenia.

Jak zauważa Urszula Jorasz (1998: 119–120, 125–126), dodatkowym ułatwieniem w orientacji przestrzennej jest wykorzystanie naturalnych ruchów głową, zwiększających skuteczność lokalizacji określonego bodźca słuchowego. Poruszanie głową, jak również ruch źródła dźwięku dostarczają układowi słuchowemu dodatkowej wskazówki lokalizacyjnej (binauralna różnica widma). Z kolei ocena odległości od źródła dźwięku, zdaniem autorki, dokonuje się na podstawie takich parametrów, jak: poziom ciśnienia akustycznego – zmniejszający się ze wzrostem odległości, stopień rozproszenia dźwięku (im większy jest stosunek energii fali

bepośredniej do energii odbitej w sygnale docierającym do słuchacza, tym mniejsza jest odległość) oraz zmiana barwy dźwięku (im większy udział składowych wysokoczęstotliwościowych, tym mniejsza odległość).

Umiejętnością, którą rozwijają i wykorzystują niektóre osoby niewidome dla zwiększenia możliwości słuchowej percepcji przestrzeni, jest interpretowanie informacji o otoczeniu na podstawie odbicia dźwięków produkowanych przez nich samych, m.in. poprzez odpowiedni sposób stąpania, uderzenia końcówki laski o podłogę, czy celową wokalizację, np. kłaskanie (Guth, Rieser, Ashmead 2010: 12). Celem produkowania tych dodatkowych, tj. pochodzących od słuchacza dźwięków, jest gromadzenie informacji o otoczeniu, np. zbadanie czy obok chodnika, po którym porusza się osoba niewidoma, znajduje się budynek. Osoba niewidoma jest w stanie określić właściwości powierzchni, po której się porusza, na podstawie tego jak głośny lub na ile przytłumiony jest dźwięk końcówki laski podczas uderzania nią o podłogę. Niektóre osoby niewidome na podstawie dźwięków odbitych potrafią także określić w przybliżeniu własną odległość od ściany budynku, o ile w otoczeniu nie ma wielu dźwięków rozpraszających. Istotnym elementem słuchowej orientacji przestrzennej osób niewidomych są zatem wrażenia słuchowe powstałe z odbicia dźwięku od przeszkody. Urszula Jorasz (1998: 126) sugeruje, że ważna jest tu ocena tzw. „tonu odbicia”, który powstaje z interferencji dźwięku bezpośredniego i odbitego, a wysokość tego tonu zależy od różnicy dróg obu dźwięków.

Daniel Kish (2009: 3–4) podkreśla, że za pomocą echolokacji osoba niewidoma może postrzegać rozmaite informacje dotyczące poszczególnych obiektów w przestrzeni z odległości nawet kilkudziesięciu metrów, w zależności od warunków otoczenia. Dzieje się tak m.in. dlatego, że fala dźwiękowa natrafiając na ośrodek o innej oporności akustycznej zostaje odbita, pochłonięta lub rozproszona, zależnie od materiału, na który natrafi. Echo staje się źródłem informacji o charakterze i rozmieszczeniu obiektów w danym otoczeniu oraz o cechach obiektów, takich jak ściany, otwory drzwiowe, wnęki, słupy, schody, zaparkowane lub poruszające się pojazdy, drzewa i krzewy, a także inni piesi. Echo może być źródłem szczegółowych informacji o lokalizacji obiektu, ale także jego rozmiarze, kształcie, spistości. Określenie umiejscowienia obiektu odbywa się zwykle w kontekście odległości od słuchającego i kierunku wytyczonego od niego (na lewo/na prawo, przed/za, niżej/wyżej). Wymiar odnosi się do wysokości obiektu (wysoki lub niski) i jego szerokości (szeroki lub wąski). Spistość odnosi się do takich cech obiektów jak gęstość lub rzadkość, które decydują o odbiciu dźwięku i/lub jego pochłonięciu. Dźwięk trafiający na twarde i gładki obiekt ulega prawie całkowitemu odbiciu, ponieważ taki obiekt ma mały współczynnik pochłaniania. Jeśli przeszkoda jest miękka, dźwięk ulega prawie całkowitemu pochłonięciu z powodu wysokiego współczynnika pochłaniania. Rozproszeniu ulega fala dźwiękowa,

kiedy natrafi na obiekt wykonany z materiału o małym współczynniku pochłaniania, lecz o urozmaiconej strukturze. Jeśli osoba niewidoma jest świadoma specyfiki tych cech, może wiele wnioskować na temat charakteru obiektów znajdujących się w otoczeniu, w którym przebywa i porusza się. Daniel Kish (2009: 3), jako niewidomy ekspert w zakresie echolokacji¹, opisuje interesujące przykłady rozpoznawania obiektów, opartego na echolokacji: obiekt, który jest wysoki, wąski i jednolity od spodu do wierzchu, może być rozpoznany jako słup; obiekt, który jest wysoki, wąski i gęsty na dole, zaś rozszerzający się i rzadszy u góry, może być drzewem. Z kolei spostrzeżenie słuchowe obiektu wysokiego, bardzo szerokiego i masywnego wskazuje na budynek, podczas gdy coś co jest odbierane jako masywne i szerokie, ale stosunkowo niskie, może być murem. Natomiast obiekt, który jest szeroki i wysoki w środku, zaś krótszy na obu końcach, może być zidentyfikowany jako zaparkowany samochód. Zdziwić może fakt, że osoby mające rozwinięte możliwości korzystania z echolokacji, są w stanie rozróżnić na podstawie odbitych dźwięków także typ pojazdu. Wykorzystując te możliwości, osoba niewidoma może wnikliwie analizować informacje o przestrzeni, w której się znajduje i w wyobraźni tworzyć jej mapę. Uważne słuchanie i wnioskowanie pozwala zatem na ustalenie swojego położenia w określonej przestrzeni i stosownie do tego obranie odpowiedniego kierunku poruszania się. Kish (tamże) podkreśla, że dla osób korzystających na co dzień z echolokacji, proces ten może mieć charakter podświadomy (nie wymagający angażowania wyższych procesów umysłowych).

Zjawisko wykorzystywania dźwięków odbitych w orientacji przestrzennej osób niewidomych opisuje także Tim Johnson (2012), który, podobnie jak Kish (2009: 13), dzieli echolokację na pasywną i aktywną. Echolokacja pasywna polega na wykorzystaniu dźwięków pochodzących naturalnie z otoczenia i ich interpretacji w kontekście cech danego otoczenia. Źródłem dźwięków odbitych może być wówczas np. głos ludzki rozchodzący się w danej przestrzeni lub odgłos kroków innej osoby. Dźwięki te mogą być pomocne np. w określaniu wielkości pomieszczenia. Echolokację pasywną (in. bierną) wykorzystuje większość osób niewidomych. Z kolei echolokacja aktywna polega na wykorzystaniu określonego sygnału dźwiękowego celowo, aby uzyskać jego odbicie od obiektów w otoczeniu. Rodzaj dźwięku jest wybierany przez osobę niewidomą, która posługuje się echolokacją i która potrafi lub próbuje interpretować powracające echo, spowodowane tym dźwiękiem. Dające zamierzony efekt dźwięki mają cha-

¹ Daniel Kish jest współzałożycielem fundacji „World Access for the Blind” (Świat Dostępny dla Niewidomych), która oferuje szkolenia dotyczące bezpiecznego poruszania się z wykorzystaniem echolokacji – najpierw w najbliższym otoczeniu, następnie w otoczeniu nieznanym. Kish posługuje się opracowaną przez siebie metodą Flash Sonar, która polega na generowaniu dźwięków, poprzez uderzenie językiem o podniebienie z częstotliwością dwóch-trzech kliknięć na sekundę. Kish jako nauczyciel echolokacji pracował z kilkuset osobami niewidomymi w różnym wieku i z różnych krajów świata (Kish, 2009).

rakter krótkich sygnałów, zwykle o wysokiej częstotliwości. Przy stosowaniu aktywnej echolokacji ważna jest dobra jakość wydawanego dźwięku, na którą składają się: częstotliwość dźwięku (za optymalną uznaje się tę na poziomie 3 kHz); głośność dźwięku – powinien on być wystarczająco głośny, aby wyróżniał się także w hałasie; czystość dźwięku – jest jednym z najistotniejszych czynników, ponieważ nieczysty dźwięk może zaburzyć właściwy odbiór echa, co z kolei może doprowadzić do błędnej interpretacji dźwięku. Ważny jest także kierunek (jeśli dźwięk rozchodzi się w wielu kierunkach od źródła, wówczas dużo trudniej jest określić, skąd się odbił) oraz ustawienie osoby wytwarzającej dźwięk – pomocne jest, kiedy źródło dźwięku oraz obiekt docelowy ustawione są w linii prostej. Wymienia się także różne techniki produkowania dźwięków służących echolokacji, m.in. cmokanie, kłaskanie, klaskanie i pstrykanie palcami (Kish 2009: 10–17; Johnson 2012: 90–120).

Innym zagadnieniem, wartym zasygnalizowania w kontekście korzystania z echolokacji, jest wykorzystanie urządzeń echolokacyjnych, służących do wykrywania przeszkód. Stanisław Kotowski (2008: 103) wskazuje na ich przydatność, zwłaszcza podczas korzystania z nich w bliskiej odległości od przeszkody. Urządzenia te produkują dźwięki, których wysokość zależy od odległości od przeszkody. Jakość produkowanych dźwięków pozwala na rozróżnianie niektórych obiektów. Poważnym ograniczeniem podczas korzystania z tego typu urządzeń jest, według autora, konieczność korzystania ze słuchawek, co może utrudniać odbieranie i interpretowanie naturalnych sygnałów płynących z otoczenia.

Echolokacja w świetle wybranych badań naukowych

Pierwsze naukowe badania zjawiska ludzkiej echolokacji sięgają 1940 roku, kiedy to na amerykańskim uniwersytecie Cornell przeprowadzono cykl siedmiu eksperymentów dotyczących wykrywania przeszkód na podstawie dźwięków odbitych. Badania przeprowadzono w dużym holu (w przestrzeni zamkniętej) i poddano nim dwie osoby niewidome i dwie widzące, którym podczas prowadzenia badań zasłanianio oczy. Jednym z celów eksperymentów była weryfikacja, czy w wykrywaniu obecności obiektów kluczową rolę pełnią wrażenia skórne – tu Autorzy nawiązywali m.in. do wniosków z badań Włodzimierza Dolańskiego (1931), czy wrażenia słuchowe (których źródłem było m.in. szuranie ciężkim obuwem po różnym podłożu). W sferze wykonawczej eksperymenty polegały na zbliżaniu się badanych do określonych obiektów (w tym poruszaniu się po różnych nawierzchniach). We wnioskach Autorzy mocno zaakcentowali fakt, że to

nie wrażenia skórne (dotyczące twarzy, uszu i innych odsłoniętych części ciała), ale wrażenia słuchowe były pomocne badanym w wykrywaniu obecności przeszkód (Supa, Cotzin, Dallenbach 1944: 138–183). W tym samym czasie, zoolog zajmujący się obserwacją i badaniem zachowań nietoperzy – Donald Griffin – opublikował wyniki swoich badań i stworzył termin ‘echolokacja’ w kontekście poruszania się i omijania przeszkód przez nietoperze (Schenkman, Nilsson 2010: 483). Z uwagi na podobieństwa w działaniu mechanizmu echolokacji u ludzi, termin ten został również wykorzystany do określenia ludzkich zdolności echolokacyjnych (Arias i in. 2012: 22; Witek i in. 2017: 244).

Kolejną próbę badania ludzkiej echolokacji podjął Winthrop Kellogg (1962: 399–404), który próbował ustalić m.in.: jakie rozmiary mają obiekty wykrywane za pomocą echa, w jakiej odległości od echolokatora mogą się znajdować oraz które struktury są łatwiejsze do wykrycia. Badane osoby różnicowały za pomocą echa głównie twarde i miękkie materiały. Z kolei Charles Rice (1967 za: Lawson, Wiener 2010: 132) badał wpływ kształtów obiektów na ich wykrywanie. Badania wykazały, że liczba wykrywanych prostokątnych obiektów zmniejszała się w miarę wzrostu stosunku szerokości obiektu do jego długości, np. obiekt o wymiarach 5x20 cm był wykrywany rzadziej niż obiekt o wymiarach 10x10 cm. Dla skuteczności wykrycia obiektu nie miało znaczenia, czy dłuższe wymiary były prezentowane poziomo czy pionowo. Wyniki te mają bezpośrednie implikacje dla bezpieczeństwa poruszania się osób niewidomych – bardzo wąskie obiekty, np. krawędź uchylonych drzwi, słupki lub wąska półka mogą pozostać niewykryte i tym samym stanowić zagrożenie podczas poruszania się. W trakcie badań odkryto także, że wklęsłe obiekty lepiej odbijają dźwięki niż obiekty wypukłe. Badania wykazały, że dźwiękiem najbardziej sprzyjającym echolokacji jest kląskanie językiem.

Z kolei badania dzieci niewidzących od urodzenia wykazały, że w pierwszych latach życia mogą one rozwijać zdolność do echolokacji w sposób naturalny (Ashmead, Hill, Talor 1989: 425–433). Przeprowadzono eksperymenty z niewidomymi dziećmi w wieku od 4 do 12 lat, z którymi nie trenowano wcześniej umiejętności z zakresu orientacji przestrzennej. Dzieci podczas poruszania się po chodniku (w naturalnym otoczeniu) wykazywały się umiejętnością wykrywania skrzyni o wysokości 60 cm i 120 cm, które umieszczono na ich drodze. Zatrzymywały się przed skrzynią, co wskazywało na jej wykrywanie.

Interesujące wyniki badań w zakresie echolokacji przynosi ostatnie dziesięciolecie. Należą do nich ustalenia szwedzkich autorów: Bo Schenkmana i Mats Nilssona (2010: 483–501). Badali oni różne aspekty echolokacji, m.in. zdolność do wykrywania dźwięku nagranych w obecności obiektu odbijającego dźwięk. Przeprowadzono eksperymenty polegające m.in. na generowaniu dźwięków o wartości 500, 50 i 5 ms (najkrótszy odpowiadał percepcyjnie kliknięciu) w zwykłym pomieszczeniu (sali konferencyjnej) oraz w komorze bezdechowej. Dźwięki nagry-

wano w obecności lub przy braku odbijającego dźwięki dysku aluminiowego o grubości 1,5 mm. Nagrania te następnie zaprezentowano dziesięciu osobom niewidomym i dziesięciu widzącym w wieku od 30 do 62 lat. Zadaniem osób badanych było wskazanie, który z dźwięków nagrany został w obecności obiektu odbijającego. Osoby niewidome częściej udzielały poprawnych odpowiedzi, zwłaszcza kiedy obiekt odbijający znajdował się w odległości mniejszej niż 2 m od źródła dźwięku. Detekcja była tym lepsza, im dłużej trwał sygnał dźwiękowy. Na wykrycie obecności obiektu miał wpływ rodzaj pomieszczenia – lepsze wyniki uzyskiwano w otoczeniu pogłosowym niż w pomieszczeniu bezehowym. Kolejne eksperymenty przeprowadzone przez tych samych badaczy (Schenkman, Nilsson 2011: 840–852), dotyczące wpływu wysokości i głośności dźwięku na zdolność echolokacji, wykazały, że dla umiejętności echolokacji istotne są zarówno wysokość dźwięku, jak i jego głośność, ale to wysokość dźwięku jest ważniejszym źródłem informacji.

Lore Thaler, Stephen Arnott i Melvyn Goodale (2011) przeprowadzili badania dotyczące aktywności mózgu podczas posługiwania się echolokacją. W badaniach wzięli udział dwaj niewidomi eksperci w dziedzinie echolokacji: niewidzący od urodzenia Daniel Kish, który samodzielnie uczył się korzystania z echolokacji oraz Brian Bushway, który stracił wzrok w okresie adolescencji i został nauczony posługiwania się echolokacją. Podczas badania wykorzystano funkcjonalny rezonans magnetyczny (fMRI), za pomocą którego mierzono aktywność mózgu podczas słuchania przez badanych plików zawierających nagrania dźwięków „klikania” i ich echa, jak również dźwięków znajdujących się w tle w czasie nagrania przygotowanego w naturalnych warunkach – w momencie, kiedy produkujący dźwięki klikali przed różnymi obiektami na zewnątrz. Badacze odnotowali znaczący wzrost aktywności w obrębie pól wzrokowych (pole 17 i 18 według Brodmanna), podczas słuchania odbitych dźwięków przez użytkowników echolokacji i zupełny brak aktywacji tych pól w grupie kontrolnej osób widzących. Inne badanie (Arnott i in. 2013: 938–949) wykazało, że echo odbite od obiektów różniących się kształtem (np. wklęsłych i wypukłych), aktywuje różne obszary płata potylicznego mózgu oraz obszary strumienia brzuszego, które u osób widzących zaangażowane są w percepcję kształtów. Dowodzi to ogromnego potencjału możliwości i umiejętności w zakresie wykrywania obiektów w otoczeniu poprzez kliknięcia językiem. Kliknięcie może być wytworzone w wieloraki sposób, jednakże dźwięk wytworzony przez uderzenie języka o podniebienie (dotykanie językiem w górne podniebienie i odciąganie go w głąb jamy ustnej), jest najbardziej efektywny dla echolokacji. Dla wyszkolonych echolokatorów echo pochodzące od kliknięcia językiem jest źródłem wielu informacji o otoczeniu, dotyczących np. pozycji, odległości, rozmiaru, kształtu, struktury obiektów. Fakt, że te same obszary mózgu wykorzystywane są do ustalania właściwości

przedmiotów za pomocą wzroku i echolokacji, przemawia za inną koncepcją budowy mózgu – związaną z koncentrowaniem się wokół określonych funkcji percepcyjnych, a nie wyspecjalizowanych układów sensorycznych. Reasumując, mimo iż na razie przeprowadzono niewiele badań wykorzystujących metodę neuroobrazowania dla badania funkcji mózgu podczas korzystania z echolokacji, badacze podkreślają, że w procesy związane z echolokacją u osób, które z niej aktywnie korzystają, zaangażowany jest tradycyjnie rozumiany „mózg wzrokowy” (Thaler, Goodale 2016: 382–393).

Podsumowanie

Podsumowując zaprezentowane wyniki eksploracji materiałów źródłowych na temat echolokacji i jej znaczenia dla orientowania się w przestrzeni osób niewidomych, należy podkreślić, że:

- aktywna i pasywna echolokacja jest pomocna osobom niewidomym w słuchowej percepcji przestrzeni;
- echolokacja nie jest umiejętnością ponadprzeciętną, właściwą tylko dla niektórych osób (wyjątkowo uzdolnionych w sferze percepcji słuchowej) i można ją rozwijać u osób zainteresowanych korzystaniem z niej;
- echolokację należy traktować jako istotną część treningu z zakresu orientacji przestrzennej osób niewidomych, dlatego zasadne jest włączenie szkolenia z echolokacji do programu nauczania orientacji przestrzennej i samodzielnego poruszania się osób niewidomych. Ważne jest także kształcenie w tym zakresie tyflopédagogów i nauczycieli orientacji przestrzennej.

Analiza materiałów źródłowych pozwala na sformułowanie wniosku, że za pomocą aktywnej echolokacji, osoba niewidoma może postrzegać i interpretować rozmaite informacje dotyczące przestrzeni – zwłaszcza obecności w niej obiektów, ich odległości od echolokatora, wielkości obiektu a niekiedy kształtu i rodzaju (struktury) obiektów. Jak zauważają Piotr Witek i współpracownicy (2017: 239), echolokację traktowano dotychczas jako fenomen, mało uwagi poświęcano tworzeniu kompleksowej i usystematyzowanej metodologii jej nauczania. Autorzy podkreślają, że ludzka echolokacja nie stanowi zdolności dostępnej tylko osobom posiadającym nadzwyczajnie rozwinięty zmysł słuchu lub cechującym się innymi ponadprzeciętnymi umiejętnościami. Umiejętność echolokacji może rozwijać każdy zainteresowany korzystaniem z niej – także osoby niemające dysfunkcji wzroku. Obrazują to m.in. wyniki badań przeprowadzanych przez Rojasa i współpracowników (Rojas i in. 2010: 1069–1077), podczas których posługujący się wzrokiem studenci przez kilka tygodni uczyli się echolokacji. Po tym czasie po-

trafili bezwzrokowo lokalizować obiekty w przestrzeni. Wskazuje to na fakt, że niesamowity potencjał ludzkich możliwości może być celowo rozwijany u osób niewidomych, które mogą nauczyć się wykrywania obiektów w otoczeniu poprzez kliknięcia językiem lub generowanie innych dźwięków i odbieranie echa tych dźwięków od otaczających obiektów.

Umiejętność sprawnego orientowania się w przestrzeni i bezpiecznego poruszania się w niej, oparta w znacznej mierze na słuchowej percepcji otoczenia oraz na wykorzystaniu zmysłu dotyku, wpływa pozytywnie na psychospołeczne funkcjonowanie osoby niewidomej. Sprzyja wzmacnianiu poczucia własnej wartości, autonomii i satysfakcji życiowej. Możliwość samodzielnego funkcjonowania w środowisku wzbogaca sferę poznawczą (pozwala na zdobywanie nowych doświadczeń) oraz społeczną (samodzielne poruszanie się umożliwia nawiązywanie kontaktów z innymi osobami). Sprawne i efektywne poruszanie się z długą laską, wzbogacone skutecznym korzystaniem z możliwości percepcji słuchowej, w tym echolokacji, daje osobie niewidomej szansę na satysfakcjonujące życie w różnych jego wymiarach. Z kolei echolokacja umożliwia osobom niewidomym postrzeganie tych cech przestrzeni, które wydawały się niemożliwe do percepcji bez udziału wzroku, a aktywne z niej korzystanie staje się efektywną strategią w orientacji i poruszaniu się osób niewidomych. Znamienne jest, że metody neuroobrazowania (fMRI) wskazują, iż podczas korzystania z echolokacji u osób niewidomych aktywne są te same obszary mózgu, które odpowiadają za procesy związane z widzeniem u osób korzystających ze wzroku, a wzorce aktywacji mózgu są modulowane przez informacje odbierane za pomocą dźwięków odbitych. Wyniki badań, w opinii przytaczanych w artykule autorów, są kolejnym dowodem na plastyczność ludzkiego mózgu.

Bibliografia

- Arias C., Bermejo F., Hüg M.X., Venturelli N., Rabinovich D., Aldo Ortiz., Skarp A.O. (2012), *Echolocation: An Action-Perception Phenomenon*, *New Zealand Acoustics*, 25, 20–27.
- Arnott S.R., Thaler L., Milne J.L., Kish D., Goodale M.A. (2013), *Shape-specific activation of occipital cortex in an early blind echolocation expert*, *Neuropsychologia*, 51, 938–949.
- Ashmead D.H., Hill E.W., Talor C.R. (1989), *Obstacle perception by congenitally blind children*, *Perception & Psychophysics* 46, 425–433.
- Bobryk J. (2001), *James J. Gibson, psychologia poznawcza i metodologia naukowych programów badawczych*, *Przegląd Psychologiczny*, 1(44), 73–84.
- Dolański, V. (1931), *Do the blind sense obstacles?*, *And There Was Light*, 1, 8–12.
- Gibson J.J. (1979), *The ecological approach to visual perception*, Houghton Mifflin, Boston.
- Gibson J.J. (1986), *The ecological approach to visual perception*, Psychology Press, Taylor & Francis Group, New York.

- Guth D.A., Rieser J.J., Ashmead D.H. (2010), *Perceiving to move and moving to perceive: control of locomotion by students with vision loss* [w:] *Foundations of Orientation and Mobility*, vol. I: *History and Theory* (s. 3–44), W.R. Wiener, R.L. Welsh, B.B. Blasch (red.), AFB Press, New York.
- Jacobson W.H. (2013), *The Art and Science of Teaching Orientation and Mobility to Persons with Visual Impairments*, AFB Press, New York.
- Jęczmyk Z. (2009), *Orientacja przestrzenna – polemika*, *Tyfłowskiat*, 2, 8–11.
- Johnson T. (2012), *Beginner's Guide to Echolocation for the Blind and Visually Impaired: Learning to See With Your Ears*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Jorasz U. (1998), *Wykłady z psychoakustyki*, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań.
- Kellogg W.N. (1962), *Sonar system of the blind*, *Science* 137, 399–404.
- Kish D. (2009), *Flash Sonar Program: helping blind people learn to see*, www.worldaccessfort-heblind.org [dostęp: 30.05.2018].
- Kotowski S. (2008), *Przewodnik po problematyce osób niewidomych i słabowidzących*. Fundacja Polskich Niewidomych i Słabowidzących „Trakt”, Warszawa.
- Kuczyńska-Kwapisz J., Śmiechowska-Petrovskij E. (2017), *Orientacja przestrzenna i poruszanie się osób z niepełnosprawnością narządu wzroku. Współczesne techniki, narzędzia i strategie nauczania*, Wydawnictwo Naukowe UKSW, Warszawa.
- Kwapisz J., Kwapisz J. (1990), *Orientacja przestrzenna i poruszanie się niewidomych oraz słabowidzących. Poradnik metodyczny*, WSiP, Warszawa.
- LaGrow S.J. (2010), *Improving perception for orientation and mobility* [w:] *Foundations of Orientation and Mobility*, vol. II: *Instructional Strategies and Practical Applications* (s. 3–27), W.R. Wiener, R.L. Welsh, B.B. Blasch (red.), AFB Press, New York.
- Lawson, G.D., Wiener W.R. (2010), *Audition for students with vision loss* [w:] *Foundations of Orientation and Mobility*, vol. I: *History and Theory* (s. 84–137), W.R. Wiener, R.L. Welsh, B.B. Blasch (red.), AFB Press, New York.
- Miler-Zdanowska K. (2015), *Czynniki warunkujące nauczanie orientacji przestrzennej i samodzielnego poruszania się osób z niepełnosprawnością wzroku* [w:] *Tyfłopedagogika wobec współczesnej przestrzeni edukacyjno-rehabilitacyjnej* (s. 289–306), K. Czerwińska, M. Paplińska, M. Walkiewicz-Krutak (red.), Wydawnictwo APS, Warszawa.
- Nęcka E., Orzechowski J., Szymura B. (2006), *Psychologia poznawcza*. PWN, Warszawa.
- Paplińska M. (2008), *Konsekwencje wynikające z braku wzroku* [w:] *Edukacja równych szans. Uczeń i student z dysfunkcją wzroku – nowe podejście, nowe możliwości* (s. 14–21), M. Paplińska (red.), Uniwersytet Warszawski, Warszawa.
- Rojas J.A.M., Hermosilla J.A., Montero R.S., Espí P.L.L. (2010), *Physical Analysis of Several Organic Signals for Human Echolocation: Hand and Finger Produced Pulses*, *Acta Acustica united with Acustica*, 96, 1069–1077.
- Schenkman B.N., Nilsson M.E. (2010), *Human echolocation: Blind and sighted persons' ability to detect sounds recorded in the presence of a reflecting object*, *Perception*, 39, 483–501.
- Schenkman B.N., Nilsson M.E. (2011), *Human echolocation: pitch versus loudness information*, *Perception*, 40, 840–852.
- Sękowska Z. (1998), *Wprowadzenie do pedagogiki specjalnej*, Wydawnictwo WSPS, Warszawa.
- Supa M., Cotzin M., Dallenbach K.M. (1944), *Facial vision, the perception of obstacles by the blind*, *The American Journal of Psychology*, 57, 133–183.

- Thaler L., Arnott S.R., Goodale M.A. (2011), *Neural correlates of natural human echolocation in early and late blind echolocation experts*. *PLoS One* 2011, 6:e20162. doi:10.1371/journal.pone.0020162.
- Thaler L., Goodale M.A. (2016), *Echolocation in humans. An overview*, Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science 7 (6), 382–393, <http://onlinelibrary.wiley.com> [dostęp: 2.06.2018].
- Walkiewicz-Krutak, M. (2015), „Od narodzin do dorosłości” – wspomaganie rozwoju umiejętności w zakresie orientacji przestrzennej i samodzielnego poruszania się dzieci i młodych osób [w:] *Tyflopedagogika wobec współczesnej przestrzeni edukacyjno-rehabilitacyjnej* (s. 259–288), K. Czerwińska, M. Paplińska, M. Walkiewicz-Krutak (red.), Wydawnictwo APS, Warszawa.
- Witek P., Rozborska A., Waszkielewicz A., Rotnicki M., Brayda L. (2017), *Echolokacja – mit czy istotny element rehabilitacji osób z niepełnosprawnością wzroku* [w:] *Tyflopedagogika wobec współczesnych potrzeb wspomagania rozwoju, rehabilitacji i aktywizacji społecznej* (s. 239–252), M. Paplińska, M. Walkiewicz-Krutak (red.), Wydawnictwo APS, Warszawa.