

## Abstract

In alphabetic languages, learning letters and speech sounds correspondence is the first and one of the most crucial steps in reading development. Research shows that this process differs depending on how transparent the language is (how constant and repetitive the association of letters and speech sounds is, e.g., Italian is highly transparent, Polish and Dutch are moderately transparent, and English is an opaque language). According to the literature, Dutch kids learn letter-speech sound (LS) associations in their first year of formal schooling. From the neuroscience perspective, we know that the left superior temporal cortex (STC) plays an essential role in LS integration. Developmental dyslexia or family risk of dyslexia are factors that may interfere with this process. The process of LS association seems similar in alphabetic languages but has not been thoroughly examined in the blind who read the Braille alphabet using their sense of touch.

The principal aim of my doctoral dissertation is to investigate how the process of LS association occurs in the typical and atypical reading development in Polish.

In the first behavioral experiment, I checked how much time Polish-speaking children needed to learn the correspondence between LS pairs. As it is the case with the Dutch language, children learn this skill in the first year of schooling, but it takes them longer to automate this process (up to around the third grade of primary school).

In the second experiment, I delineated the brain regions that play a role in LS integration in young readers with and without a family history of dyslexia. Children's STC activity during the LS association task varied considerably between those with and without a family history of dyslexia. The at-risk group showed more robust activation when processing congruent LS pairs than incongruent ones, while the no-risk group showed the opposite pattern – higher activation for incongruent LS pairs.

In the third experiment, I found significant changes in the pattern of brain activation during the first two years of education. While the brain activity decreases in response to unimodally presented speech sounds (auditory) and letters (visually), it increases when children process multimodal LS pairs.

In the last experiment, I checked what the process of LS integration looks in the blind compared to the sighted. The integration process takes place in the STC in both groups. However, the activation pattern is different. The sighted subjects showed higher activity for incongruent LS pairs in the bilateral STC, similarly to children without the family risk of dyslexia in the early stages of learning to read. In the blind, congruent pairs resulted in an increased response in the right STC. These differences may be related to lower exposure to letters in the blind or more sequential processing of Braille as compared to print reading.

The experiments that comprise my doctoral dissertation lead to a conclusion that the process of letter and speech sound association in Polish takes place in the STC. Its exact course is influenced by dyslexia, family risk of dyslexia, and reading modality.

## Streszczenie

W językach alfabetycznych, integracja głoski i litery, czyli nauka asocjacji głosek z odpowiadającymi im literami" jest pierwszym i jednym z najważniejszych kroków w rozwoju umiejętności czytania. Badania pokazują, że proces ten różni się w zależności od tego jak przejrzysty jest język (jak stała i powtarzalna jest asocjacja litery i głoski, np. język włoski jest bardzo przejrzysty, polski i holenderski są średnio przejrzyste, a język angielski jest nieprzejrzysty). W literaturze pokazano, że holenderskie dzieci opanowują umiejętność asocjacji litery z głoską podczas pierwszego roku formalnej nauki. Z badań z użyciem neuroobrazowania wiadomo, że lewa górna kora skroniowa (ang. *superior temporal cortex*, STC) odgrywa istotną rolę w procesie integracji głoski i litery. Czynnikiem, który może zaburzać ten proces prowadząc do trudności w czytaniu jest występowanie dysleksji rozwojowej lub rodzinnego ryzyka dysleksji. Pomimo, że proces integracji zdaje się być podobny dla wielu języków alfabetycznych, nie jest dokładnie zbadane, jak wygląda on u osób niewidomych posługujących się alfabetem Braille'a.

Głównym celem mojej pracy doktorskiej było zbadanie jak proces integracji głoski i litery zachodzi w typowym i nietypowym rozwoju czytania, w języku polskim.

W pierwszym badaniu behawioralnym, sprawdziłam ile czasu potrzeba, aby polskojęzyczne dzieci nauczyły się połączenia głoski i litery. Tak jak w języku holenderskim, dzieci opanowują tę umiejętność w ciągu pierwszego roku nauki czytania, jednak automatyzacja tego procesu trwa dłużej (do ok. trzeciej klasy szkoły podstawowej).

W drugim badaniu przedstawiłam wyniki dotyczące mózgowych obszarów integracji głoski i litery u dzieci rozpoczynających naukę czytania z ryzykiem i bez rodzinnego ryzyka dysleksji. Dzieci z rodzinnym ryzykiem dysleksji istotnie różniły się od dzieci bez ryzyka w aktywności STC podczas zadania mierzącego integrację litery i głoski. Aktywność była wyższa w odpowiedzi na niespójne pary liter i głosek w grupie bez ryzyka, a w grupie z ryzykiem była wyższa przy przetwarzaniu spójnych par.

W trzecim badaniu pokazałam, że zachodzą istotne zmiany we wzorcu aktywacji mózgu w czasie pierwszych dwóch lat edukacji. Podczas gdy aktywność mózgu spada w odpowiedzi na głoski prezentowane wyłącznie słuchowo i litery prezentowane jedynie wzrokowo, wzrasta ona, gdy dzieci przetwarzają multimodalne, wzrokowo-słuchowe pary liter i głosek.

W ostatnim badaniu sprawdziłam jak proces integracji głoski i litery przebiega u osób niewidomych w porównaniu do widzących. Proces integracji zachodzi w STC w obu grupach, jednak wzorzec aktywacji jest odmienny. U widzących zaobserwowano większą aktywność dla niespójnych par głosek i liter w obu stronach STC, podobnie jak u dzieci na początkowych etapach nauki czytania, bez rodzinnego ryzyka dysleksji. U niewidomych to spójne pary skutkowały zwiększoną odpowiedzią w prawej STC. Różnice te mogą być związane z mniejszą ekspozycją na litery u osób niewidomych lub bardziej sekwencyjnym przetwarzaniem alfabetu Braille'a.

Z badań składających się na moją pracę doktorską można wnioskować, że proces integracji głoski i litery w języku polskim zachodzi w STC. Na jego dokładny przebieg ma wpływ dysleksja, rodzinne ryzyko dysleksji oraz modalność czytania.