

Mózg człowieka, podobnie jak mózgi wielu zwierząt, jest przystosowany do spostrzegania i operowania liczbami, np. porządkowania wielkości liczbowych od najmniejszej do największej, porównywania dwóch liczb, np. liczby kropek na ekranie liczby dźwięków usłyszanych przez głośnik, czy prostej arytmetyki, np. dodawania lub odejmowania dwóch zbiorów obiektów, nawet bez ich dokładnego przeliczania. Ten pierwotny system nie jest dokładny – liczba jest w nim określona tylko w przybliżeniu, a dokładność oszacowania maleje wraz z wielkością liczby.

Co ciekawe, przetwarzanie przez mózg/umysł liczb wiąże się z przestrzenią, np. na małe liczby reagujemy szybciej lewą ręką, a na duże prawą, małe liczby automatycznie przyciągają uwagę wzrokową w lewą stronę, a duże w prawą, tak, jakby uwaga była przesuwana wzdłuż wyobrażonej „osi liczbowej”, na której małe liczby są po lewej stronie, a duże po prawej. W badaniach neuroobrazowych algorytm maszynowy, który uczył się rozpoznawać aktywność mózgu w trakcie wykonywania sakad (szybkich ruchów oczu przenoszących ognisko uwagi wzrokowej w polu widzenia), klasyfikował jako sakadę w prawo aktywność mózgu w trakcie dodawania. Generalnie, obszary mózgu w płatach ciemieniowych i czołowych kory, w których znajdują się neurony wyspecjalizowane w rozpoznawaniu liczb, sąsiadują lub częściowo pokrywają się z obszarami kierującymi uwagą przestrzenną.

Inne efekty przetwarzania liczby, choć nie mają bezpośredniego związku z przestrzenią, to jednak wywołują przestrzenne skojarzenia. Na przykład, często nie mając możliwości dokładnego obliczenia wyniku, w dodawaniu wykazujemy tendencję do wybrania wyniku zbyt dużego, a w odejmowaniu zbyt małego. Jest to tzw. efekt „arytmetycznego momentu pędu”. Jeśli powiązać ten efekt z pokazanymi wcześniej asocjacjami przestrzenno-liczbowymi, można próbować wyjaśnić go jako zbyt dalekie przesunięcie uwagi wzdłuż wyobrażeniowej osi liczbowej w lewo w odejmowaniu, a w prawo w dodawaniu.

Jednak badania nad powiązaniem liczby i przestrzeni oraz mózgowych podstaw przetwarzania liczb prowadzone były głównie z udziałem dorosłych, lub dzieci w wieku szkolnym, które nie muszą polegać na niedokładnym pierwotnym systemie liczby przybliżonej, ale posługują się umiejętnością liczenia, znają dokładne znaczenia liczebników w swoim języku i cyfr w zapisie arabskim, mają także kulturowe, związane z kierunkiem pisma nawyki porządkowania symboli od lewej do prawej strony (w innych kulturach, w których pisze i czyta się od prawej do lewej efekt powiązania liczb z kierunkami przestrzennymi zostaje często odwrócony – małe liczby wiążą się z prawą stroną, a duże z lewą). Badania, zwłaszcza neuroobrazowe, z udziałem dzieci w wieku przedszkolnym są nieliczne. Można to usprawiedliwić, ponieważ z jednej strony prowadzenie takich badań z udziałem małych dzieci jest trudne, a z drugiej strony większość badaczy koncentruje uwagę na edukacji matematycznej – bardzo poważnym problemie cywilizacyjnym. W takim podejściu może jednak kryć się pewien błąd.

Wiek przedszkolny, to wiek w którym pierwotny system spostrzegania i przetwarzania liczb osiąga sprawność (choć jego działanie można zaobserwować nawet u noworodków), a jednocześnie dziecko stopniowo uczy się liczyć. Problemy które pojawiają się na tym etapie mogą więc rzutować na przebieg dalszych etapów edukacji matematycznej. Wiedza o tym, jaka jest rola pierwotnego systemu liczby przybliżonej oraz przestrzennych aspektów przetwarzania liczb w procesie przyswajania symboli liczbowych jest fragmentaryczna i pełna sprzeczności. Między mózgowymi mechanizmami przetwarzania liczb niesymbolicznych (spostreganych przybliżonych wielkości zbiorów) a symbolicznych występują zarówno podobieństwa, jak i różnice. Są jednak pewne dane wskazujące na to, że na najwcześniejszych etapach związku między tymi systemami są silniejsze niż później (i obustronne), a przestrzenna organizacja umysłowej reprezentacji liczby odgrywa w tym istotną rolę.

Nasze projekt został pomyślany jako częściowe wypełnienie tej luki w wiedzy. Zamierzamy badać aktywność mózgu i uwagi przestrzennej w trakcie wykonywania najbardziej podstawowych operacjach liczbowych – porównywania wielkości liczbowych i prostej arytmetyki – przez dzieci w wieku przedszkolnym (3 – 6 lat), które nie rozpoczęły jeszcze formalnej edukacji matematycznej. Chcemy połączyć dwie nowoczesne techniki badawcze: obrazowanie aktywności mózgu w bliskiej podczerwieni (fNIRS) i okulografię (eyetracking). Metoda fNIRS pozwala mierzyć lokalne zmiany ukrwienia kory mózgowej w odpowiedzi na wykonywane zadanie. Jest ona trochę mniej dokładna od metody funkcjonalnego rezonansu magnetycznego (fMRI), ale znacznie mniej uciążliwa i bardziej przyjazna dla dzieci. Z kolei okulografia nie tylko pokazuje, na co kierowany jest wzrok, ale także, poprzez pomiar zmian średnicy źrenicy, pozwala określić wysiłek poznawczy, który trzeba włożyć w wykonanie zadania. Liczymy na to, że dzięki odpowiednio zaplanowanej manipulacji eksperymentalnej wielkością liczb, sposobem ich prezentacji (jako zbiór lub jako cyfrę), położeniem w przestrzeni (po prawej lub lewej stronie) czy działaniem arytmetycznym (dodawanie lub odejmowanie) w serii eksperymentów z udziałem dzieci w wieku przedszkolnym uda nam się powiązać najbardziej charakterystyczne sygnatury niesymbolicznego i symbolicznego systemu przetwarzania liczb z aktywnością mózgu i uwagi przestrzennej oraz odnieść te związki do procesów rozwojowych które zachodzą w „mózgu liczbowym” gdy dzieci uczą się liczyć, przyswajają pojęcie liczby dokładnej, opartej na stałej jednostce i w ten sposób poznają dokładne znaczenia liczebników i cyfr.