

Abstract

Spatial navigation represents one of the fundamental aspects of animal life. Determining one's position in the environment, selecting optimal exploratory and goal-directed navigation strategies, as well as recognizing previously encountered locations, are processes mediated by the coordinated activity of various brain regions. The neuronal interaction between the retrosplenial cortex (RSC) and the hippocampus (HPC) plays a crucial role in the integration of external and internal stimuli, forming the functional basis of an organism's navigational abilities.

This study presents a novel behavioral model for studying spatial memory in mice, focusing on the integration of visual cues and the role of training strategies in navigation processes. The automation of the experimental system significantly increased the number of analyzed animals, eliminated human bias and ensured high reproducibility and stability of experimental conditions.

Exposing mice on different training strategies reveal the ability of mice to form associations between visual cues and directional choices. This effect could be achieved using two different training protocols: prolonged alternation training, or a flexible protocol with unpredictable turn succession. Based on the c-Fos mapping I also provide evidence of opposing levels of engagement of HPC and RSC after training of mice in these two different regimens. Functional differences in activity were observed along the anterior-posterior axis of the RSC, with increased HPC activity noted in animals exposed to flexible training regimes.

The assessment of the availability of differentiated visual cues confirmed that mice are capable of making effective navigational decisions based on both, a full set of cues and under conditions of limited availability of a single cue type. An individual reference point exerted a dominant influence on the navigation process. It was manifested in higher navigational performance.

Under selective availability of the individual cue, significantly increased activity was observed in the rRSA. Inactivation of the retrosplenial cortex did not significantly affect navigation processes based on spatial cues.

The conducted research not only provides valuable insights into the mechanisms of spatial memory but also introduces a novel research tool that can be applied in studies of memory impairments and decision-making processes in navigation.

Key words: navigation, spatial memory, c-Fos, retrosplenial cortex (RSC), hippocampus (HPC)

Streszczenie

Nawigacja w przestrzeni stanowi jeden z fundamentalnych aspektów życia zwierząt. Ustalenie swojego położenia w przestrzeni, wybór optymalnej strategii eksploracyjnej i strategii nawigacji do celu, a także umiejętność rozpoznawania już poznanych miejsc, to procesy warunkowane przez współpracę różnych obszarów mózgu. Neuronalne interakcje między korą retrosplenialną (RSC), a hipokampem (HPC) odgrywają kluczową rolę w integracji bodźców zewnętrznych i wewnętrznych, tworząc funkcjonalną podstawę zdolności nawigacyjnych organizmu.

W ramach niniejszej rozprawy opracowano innowacyjny model behawioralny do badania pamięci przestrzennej u myszy, skoncentrowany na integracji wskazówek wizualnych oraz roli strategii treningowych w procesach nawigacyjnych. Automatyzacja systemu eksperymentalnego umożliwiła istotne zwiększenie liczebności badanych zwierząt, wyeliminowanie czynnika ludzkiego oraz zapewniła wysoką powtarzalność i stabilność warunków badawczych. Wykazano wpływ różnych strategii treningowych na proces nawigacji, ujawniając zdolność myszy do tworzenia asocjacji między wskazówkami wizualnymi, a wyborem kierunku skrętu. Mechanizmy te mogą być realizowane zarówno poprzez wzmacnianie naturalnej tendencji do alternacji, jak i poprzez zastosowanie treningu wymagającego zaprzeczenia tej zasady i wzmożonej koncentracji wizualnej zwierząt. Analizy molekularne poziomu białka c-Fos wykazały zróżnicowane zaangażowanie RSC i HPC w procesach nawigacyjnych. Ujawniono funkcjonalne różnice w aktywności wzdłuż osi przednio-tylnej RSC, a podwyższoną aktywność HPC zaobserwowano u zwierząt eksponowanych na schematy treningowe charakteryzujące się wysoką dynamiką zmian.

Analiza wpływu zróżnicowanych wskazówek wizualnych na proces nawigacji potwierdziła zdolność myszy do podejmowania skutecznych decyzji zarówno w oparciu o pełny zestaw wskazówek, jak i w warunkach ograniczonej dostępności pojedynczego typu bodźca. Wyróżniający się na tle globalnego kontekstu, indywidualny punkt odniesienia wywiera dominujący wpływ na proces nawigacyjny. W warunkach wybiórczej dostępności wskazówki indywidualnej odnotowano istotnie wyższą aktywność rRSA. Pomimo wykazanych różnic w aktywności molekularnej, czasowa inaktywacja kory retrosplenialnej nie wpłynęła istotnie na procesy nawigacji opartej na wskazówkach przestrzennych.

Przeprowadzone badania dostarczają nie tylko istotnych informacji na temat mechanizmów pamięci przestrzennej, lecz także opisują opracowanie nowego narzędzia

badawczego, które może znaleźć zastosowanie w analizach zaburzeń pamięci i procesów decyzyjnych związanych z nawigacją.

Słowa kluczowe: nawigacja, pamięć przestrzenna, c-Fos, kora retrosplenialna (RSC), hipokamp (HPC)