

## Streszczenie

Zarażanie strachem jest automatycznym procesem dopasowywania stanu emocjonalnego jednego zwierzęcia do dyskomfortu emocjonalnego drugiego. Zostało opisane u różnych gatunków społecznych, w tym u szczurów i ludzi. Wyniki badań prowadzonych w ostatnich latach sugerują, że odczytywanie stanów emocjonalnych innych osobników odgrywa zasadniczą rolę w wykrywaniu niebezpieczeństwa. Można więc przypuszczać, że zarażenie strachem jest zjawiskiem międzygatunkowym. Ta hipoteza nie została jednak dotychczas przetestowana. Zarówno badania na szczurach, jak i na ludziach wykazały, że ciało migdałowe, struktura mózgu kluczowa dla przetwarzania emocji, jest zaangażowane w proces zarażania strachem. Co więcej, badania na szczurach wykazały, że dwie główne części ciała migdałowego, które różnią się morfologicznie i funkcjonalnie - jądra podstawno-boczne i środkowo-przyśrodkowe - biorą udział w społecznym przekazywaniu emocji. Szczegółowa analiza aktywności ciała migdałowego nie została dotychczas przeprowadzona dla międzyludzkiego transferu emocjonalnego. Badania przeprowadzone w ramach niniejszej rozprawy doktorskiej miały na celu określenie, czy jest możliwy międzygatunkowy transfer strachu (człowiek-szczur) oraz czy obejmuje on podstawno-boczną i środkowo-przyśrodkową część ciała migdałowego (eksperyment 1). Zaangażowanie tych struktur zostało też zweryfikowane w procesie międzyludzkiego zarażania strachem (eksperyment 2).

W eksperymencie 1 zhabituowane szczury wchodziły w interakcję ze znajomymi sobie osobami, które wcześniej zostały poddane warunkowaniu strachu (lub wykonały zadanie neutralne emocjonalnie w warunkach kontrolnych). Po interakcji aktywację ciała migdałowego szczurów analizowano za pomocą ekspresji białka c-Fos, które jest markerem aktywacji neuronów. Zaobserwowano, że ciało migdałowe szczurów aktywowało się w większym stopniu u szczurów z grupy eksperymentalnej w porównaniu do szczurów z grupy kontrolnej, i dotyczyło to zarówno jądra podstawno-bocznego, jak i środkowo-przyśrodkowego. Ludzko-szczurzy transfer strachu został dodatkowo poparty różnicami behawioralnymi, które zaobserwowano między szczurami z obu grup.

Eksperyment 2 przeprowadzono przy użyciu funkcjonalnego rezonansu magnetycznego (fMRI). Uczestnicy przebywający w skanerze fMRI (tzw. obserwatorzy) widzieli swoich przyjaciół (tzw. demonstratorów) wykonujących zadanie oparte na klasycznym warunkowaniu strachu. W tym zadaniu neutralny bodziec był wielokrotnie łączony z awersyjną stymulacją elektryczną przedramienia. Analiza aktywacji mózgowych obserwatorów w odpowiedzi na

nieprzyjemne szoki elektryczne aplikowane ich przyjaciołom wykazała zwiększoną aktywację ciała migdałowatego. Również w tym eksperymencie zaobserwowano zaangażowanie zarówno jądra podstawno-bocznego, jak i środkowo-przyśrodkowego.

Niniejsza praca doktorska prezentuje pierwsze mózgowo dane wskazujące na międzygatunkowe zarażenie strachem. Przedstawione wyniki wskazują, że obie główne części ciała migdałowatego aktywują się, gdy ludzki strach jest przekazywany zarówno innemu człowiekowi, jak też szczurowi. Sugeruje to wspólny obwód mózgowy zaangażowany w społeczne postrzeganie strachu u ludzi i szczurów. Argumentuję, że mógł on wyewoluować, aby umożliwić dzielenie się emocjonalnymi wskazówkami, które dla różnych gatunków są niezbędne do przetrwania.

## **Abstract**

Fear contagion is an automatic process of aligning one animal's emotional state with another's emotional distress. It has been described in different social species, including rats and humans. Reading the emotional states of others has recently been suggested to play an essential role in detecting danger. If so, one could expect fear contagion to be a cross-species phenomenon. However, this hypothesis has yet to be tested. Both rat and human studies implicated the amygdala, a brain structure crucial for processing emotions, in fear contagion.

Further, the rat studies showed that two main parts of the amygdala, which differ morphologically and functionally - the basolateral and centromedial nuclei - are involved in emotional transfer. Such a detailed analysis of the amygdala activity has yet to be performed for human-human emotional transfer. In this doctoral thesis, I aimed to test whether the cross-species (human-rat) fear transfer occurs and whether it involves the basolateral and centromedial parts of the amygdala (study 1). Their involvement was also verified during the human-human fear contagion (study 2).

In study 1, the habituated rats were handled by familiar humans who underwent the fear conditioning task (or an emotionally neutral task in the control condition). Following the interaction, the rats' amygdala activations were analyzed using the expression of c-Fos, a marker of neuronal activation. I observed that the rat amygdala was activated to a greater extent in the experimental rats compared to the control rats. That was true for both the basolateral and centromedial divisions. The behavioral differences between the experimental and control rats further confirmed the successful transfer of fear from human to rat.

Study 2 was performed using functional magnetic resonance imaging (fMRI). Participants (so-called observers) were placed in the fMRI scanner and watched their friends (so-called demonstrators) undergoing the classical fear conditioning paradigm. In this task, a neutral stimulus was repeatedly paired with aversive electrical stimulation applied to the forearm. I analyzed the observers' brain responses to the electric shocks administered to their friends and found enhanced activations in the amygdala. Also, here, both the basolateral and centromedial divisions were activated.

The thesis provides the first neural evidence for interspecies fear contagion. The findings indicate that both main divisions of the amygdala respond when human fear is transmitted to another human and a rat. This suggests a common brain circuit involved in perceiving fear socially in humans and rats. I argue that it could have evolved to enable sharing of the emotional cues essential for survival across species.

