

Dusza – umysł  
– wolna wola



Polska Akademia Nauk  
Oddział w Poznaniu

# Dusza – umysł – wolna wola

Artykuły opracowane na podstawie referatów wygłoszonych  
na sesji „Dwugłos Nauki”  
w Poznaniu 27 listopada 2014 roku

Teksty recenzowane pod kierunkiem  
prof. dr. hab. inż. Romana Słowińskiego

Poznań 2015

Polska Akademia Nauk, Oddział w Poznaniu  
*Dusza – umysł – wolna wola*

Publikacja finansowana przez  
Polską Akademię Nauk

ISBN 978-83-63305-20-8

© Copyright by Oddział PAN w Poznaniu, Poznań 2015  
All rights reserved

Projekt okładki: Mirosława Korbańska  
Korekta: Małgorzata Szkudlarska

Polska Akademia Nauk, Oddział w Poznaniu  
61-713 Poznań, ul. Wieniawskiego 17/19  
tel.: (61) 641 50 03, faks: (61) 641 50 80  
e-mail: [poznan@pan.pl](mailto:poznan@pan.pl)

Druk:  
Polska Akademia Nauk  
Zespół Teleinformatyki  
Drukarnia  
ul. Śniadeckich 8, 00-656 Warszawa



Przygotowanie do druku:  
Dom Wydawniczy ELIPSA  
ul. Inflancka 15/198, 00-189 Warszawa  
tel./fax 22 635 03 01, 22 635 17 85  
e-mail: [elipsa@elipsa.pl](mailto:elipsa@elipsa.pl), [www.elipsa.pl](http://www.elipsa.pl)

# SPIS TREŚCI

## **Wprowadzenie**

Prof. Roman Słowiński – Prezes Oddziału PAN w Poznaniu ..... 7

## **Wolna wola czy wolne weto: Rola świadomości w czynnościach wolicjonalnych**

Prof. Edward Nęcka ..... 11

## **U podstaw emocji. W poszukiwaniu mechanizmów mózgowych**

Dr hab. Ewelina Knapska ..... 33

## **Natura wolności i konsekwencje jej posiadania. Teologia katolicka w konfrontacji z neurobiologią**

Ks. dr hab. Damian Wąsek ..... 47

## **Mózg jako struktura dyssypatywna**

Ks. dr hab. Wojciech P. Grygiel ..... 61

**Noty o autorach** ..... 77



## WPROWADZENIE

Artykuły opublikowane w tej książce opracowane zostały na podstawie referatów wygłoszonych w czasie sesji naukowej z cyklu Dwugłos Nauki, zatytułowanej „*Dusza – umysł – wolna wola*”, współorganizowanej przez Oddział Polskiej Akademii Nauk w Poznaniu i Wydział Teologiczny Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza. Sesja odbyła się w siedzibie Oddziału PAN w Poznaniu w dniu 27 listopada 2014 r.

Sesje naukowe z cyklu Dwugłos Nauki organizowane są w Poznaniu od 1995 r. i tradycyjnie podejmują problematykę o znaczeniu fundamentalnym, starając się przedstawić poglądy wybitnych przedstawicieli nauk ścisłych i przyrodniczych oraz filozofii i teologii.

Temat, który podjęliśmy w 2014 r., jest tyle niełatwy, ile kluczowy dla odpowiedzi na pytanie o istotę człowieczeństwa. W ramach sesji chcieliśmy skonfrontować poglądy naukowca psychologa poznawczego i neurobiologa z jednej strony, oraz teologa i filozofa z drugiej, na temat materialnego i niematerialnego umysłu człowieka. Konfrontacja ta miała na celu uzyskanie bardziej klarownej interpretacji takich pojęć, jak dusza, świadomość, wolna wola, będących dla wielu kwintesencją człowieczeństwa. Z umysłowością powiązane są także pojęcia moralności, inteligencji i charakteru człowieka.

Pytania o interpretację tych pojęć nie są oczywiście nowe. Podejmowali je przyrodnicy i filozofowie od dawna. Znany jest na przykład *Traktat o duszy* Awicenny, prawie rówieśnika naszego Bolesława Chrobrego, który zmodyfikował koncepcje Platona

i Arystotelesa, traktując duszę człowieka jako jedność trzech mocy: mocy roślinnej, mocy zwierzęcej oraz mocy mowy. Twierdzi, że ta ostatnia czyni z człowieka istotę racjonalną, bowiem dzięki umiejętności mowy człowiek ma zdolność poznawania świata, formułowania pojęć i rozumowania.

Awicenna mówi także, że dusza ludzka może być rozpatrywana w dwóch komplementarnych procesach: rozumowania i boskiego przewodnictwa. Proces rozumowania składa się z pozyskiwania wiedzy mocami zwierzęcymi (to jest zmysłami) oraz myślenia prowadzącego do pojęć i idei. Myślenie jest możliwe dzięki mocy mowy, która przez komunikację z innymi ludźmi pozwala dzielić i lepiej rozumieć zdobytą wiedzę. Z kolei boskie przewodnictwo nie obejmuje poznania zmysłowego i rozumowania na tej podstawie – jest porządkiem świata stworzonego przez Boga, który zdajemy się rozumieć w sposób naturalny: np. to, że „całość jest większa od części”, że „przeciwieństwa nie pojawiają się jednocześnie”, czyli to, co podpowiada zdrowy rozsądek. Awicenna dochodzi zatem do wniosku, że racjonalna dusza, czyli rozumowanie wsparte boskim przewodnictwem, prowadzi człowieka do zbioru zasad, które ludzie podzielają, i to odróżnia nasz gatunek od gatunków irracjonalnych (zwierząt i roślin).

Idąc dalej w tym wnioskowaniu, jeśli racjonalna dusza prowadzi do zbioru zasad, to stwarza to wymiar moralny, w którym człowiek dokonuje rozmyślnych wyborów.

A po co duszy potrzebna moc roślinna? Awicenna odpowiada, że roślinę cechuje wzrost, odżywianie się i reprodukcja. To moc, bez której nie ma ciągłości życia – ona jest nadana przyrodzie przez Boga.

Podobne myślenie jak Awicenny o duszy racjonalnej będącej jednością zmysłów i rozumu pojawia się także u filozofów chrześcijańskich. Na przykład, św. Tomasz z Akwinu postrzega człowieka jako jedność duchowo-cielesną. Według św. Tomasza ciało nie jest więzieniem dla duszy, tylko jej niezbędnym dopełnieniem w wymiarze życia doczesnego. Po śmierci może ona



istnieć oddzielnie od ciała, jako *anima separata*. Utrzymuje także, że dusza ludzka jest bezpośrednio stwarzana przez Boga i niejako „włana” w ciało ludzkie, skoro tylko jest ono do tego biologicznie przystosowane. Dusza nie jest zatem efektem naturalnego rozwoju biologicznego organizmu ludzkiego.

Z kolei od XVIII w. ci myśliciele, którzy wierzą w istnienie tylko rzeczywistości materialnej, twierdzą, że dusza ludzka, życie duchowe i wolna wola człowieka są złudzeniami, które wywołują działania neuronów w mózgu. Mówią, że „mózg wytwarza myśl tak, jak wątroba wytwarza żółć”.

Nie zgadza się z nimi na przykład noblista John Eccles, neurofizjolog zmarły w 1997 r., który twierdzi, że nie da się opisać naszego świata psychicznego tylko w kategoriach związanych z funkcjonowaniem mózgu, i czyni to za pomocą tzw. psychonów, które nie są ani materią, ani energią. Argumentuje, że sytuacja ta jest podobna do sytuacji znanej z fizyki, gdzie dla wyjaśnienia, czym jest światło, trzeba posłużyć się pojęciami fotonów i elektronów. Według Ecclesa mózg nie jest twórcą, lecz „odbiornikiem” świadomości. Obserwacja neurobiologów, że medytacja zmienia fizycznie lewostronny płat czołowy mózgu, byłaby zgodna z tą tezą.

Widzimy więc, że pytanie o związek ducha z materią towarzyszy człowiekowi od dawna i odpowiedź na nie oscyluje między skrajnościami. Ostatnie dziesięciolecie XX w. nazwano dekadą mózgu. Rozwinęła się kognitywistyka, neurobiologia i techniki obrazowania pracy mózgu (fMRI). W konsekwencji filozofowie otrzymują ciągle nowy materiał do przemyśleń. Czy to wszystko prowadzi do zmniejszenia amplitudy oscylacji w poglądach na związek ducha z materią? Czy dochodzimy do jakichś twardych wniosków? Te pytania skierowaliśmy do prelegentów i uczestników sesji.

Wyrażam gorące podziękowanie Prelegentom, którzy wygłosili niezmiernie interesujące referaty, a następnie przetworzyli je do postaci artykułów zamieszczonych w tej książce. Pragnę także

podziękować ks. prof. Pawłowi Bortkiewiczowi z Wydziału Teologicznego Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu za współpracę przy organizacji sesji i za poprowadzenie dyskusji.

*Prof. dr hab. Roman Słowiński*  
*Prezes Oddziału Polskiej Akademii Nauk w Poznaniu*

# WOLNA WOLA CZY WOLNE WETO: ROLA ŚWIADOMOŚCI W CZYNNOŚCIACH WOLICJONALNYCH<sup>1</sup>

EDWARD NĘCKA

Instytut Psychologii UJ

Wola jest jednym z najtrudniejszych problemów dla nauki, zwłaszcza dla nauk empirycznych, w tym – neuronauki poznawczej. Nauki empiryczne budują przyczynowo-skutkowe lub probabilistyczne modele badanych zjawisk, a w treści pojęcia „wola” znajdziemy wyraźne elementy indeterminizmu. Wola jest, jak się wydaje, nierozzerwalnie związana z wolnością, o czym świadczy zbitka pojęciowa „wolna wola”. Jeśli człowiek dysponuje wolną wolą, nauka ma duże trudności w zmierzeniu się z opisem i wyjaśnieniem tego fenomenu.

## NAUKA WOBEC WOLNEJ WOLI

Jakie możliwości ma przedstawiciel nauki w rozumieniu *science*, gdy pytają go, co sądzi – jako uczonego, a nie prywatnie – o naturze wolnej woli? Po pierwsze, może uchylić się od odpowiedzi, odsyłając osoby zainteresowane do kolegów pracujących w obszarach

<sup>1</sup> Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji numer DEC-2013/08/A/HS6/00045.

innych niż *science*, na przykład do filozofów lub teologów. Wolna wola jest wówczas traktowana jako coś, czego nie da się zbadać „szkiełkiem i okiem”, choć inne elementy metodologii nauk, takie jak analiza pojęciowa, logika formalna lub redukcja fenomenologiczna, mogą się tu przydać. Katalog zjawisk niemożliwych do zbadania metodami nauki empirycznej jest zresztą dość obszerny, nawet jeśli z oczywistych względów wyłączy się z niego matematykę, logikę i inne nauki hipotetyczno-dedukcyjne<sup>2</sup>. Do takich zjawisk można zaliczyć przede wszystkim problem istnienia Boga lub kwestię definicji życia<sup>3</sup>.

Druga opcja to badanie wolnej woli jak gdyby „na obrzeżach” tego zjawiska, bez sięgania do istoty rzeczy, a zwłaszcza bez prób wypowiedzania się na temat istnienia lub nieistnienia wolności jako niezbywalnego atrybutu woli. Na przykład psychologia bada empirycznie rozmaite „poczucia”, a więc poczucie sprawstwa, poczucie podmiotowości czy poczucie tożsamości. Badanie „poczuć” jest bezpieczne, bowiem bezsprzecznie ludzie czasem czują się wolni, a czasem odczuwają zniewolenie lub przymus. Niekiedy czujemy się podmiotem własnych myśli i działań, innym razem odnosząc wrażenie, jakby nam je narzucono. „Poczucia” są ze swej natury subiektywne, ale ich występowanie – zresztą dość rozpowszechnione – jest przecież obiektywnie stwierdzalnym faktem. Można zatem badać te fakty metodami obserwacji, wywiadu, ankiety, kwestionariusza czy nawet eksperymentu laboratoryjnego. Dzięki takim badaniom możemy się dowiedzieć, kiedy ludzie czują się wolni, od czego to zależy i jakie ma konsekwencje dla ich zachowania. Trudno zaprzeczyć, że takie badania są interesującym *przyczynkiem* do naszych prób zrozumienia psychiki i zachowania ludzi, jednak w kwestii zasadniczej, to jest w odniesieniu do pytania o istnienie lub nieistnienie wolnej woli, nie wnoszą niczego.

---

<sup>2</sup> Te bowiem mają wysoce rozwinięty aparat ściśle naukowy, choć nieempiryczny.

<sup>3</sup> Biologia bada różne przejawy życia i funkcje życiowe, ale wydaje się, że nie jest w stanie dać zadowalającej wszystkich definicji życia.

Trzecia opcja, dość popularna we współczesnej psychologii, to badania wskazujące na złudność ludzkich przekonań o byciu wolnym sprawcą własnych działań. Są to na przykład badania nad niejawnym wpływem społecznym, w których badaczom udaje się pokazać wręcz spektakularne przykłady złudzenia wolności. Człowiek niekiedy wykonuje mnóstwo działań – od kupowania pasty do zębów po chodzenie do kościoła – tylko dlatego, że inni też tak robią, albo dlatego, że zawsze tak robił. Jednak zapytany o przyczynę swego postępowania, podaje własne świadome intencje. Widocznie bardzo nie lubimy być automatami, skoro zaprzeczamy swoim automatyzmom, szczególnie wtedy, gdy wydaje nam się, że działaliśmy jako wolny i świadomy swych czynów podmiot. Oczywiście zdarza nam się też zaprzeczać w drugą stronę, jak w przypadku pijanego kierowcy, który tłumaczy się, że sam nie wie, jak to się stało, że się napił i że widocznie coś na niego wpłynęło poza jego świadomą wolą. Widzimy, że ludzkie poczucie sprawstwa i wolności może być złudne, może też być w ten czy inny sposób manipulowane. To wszystko bada współczesna eksperymentalna psychologia społeczna, ale z tego przecież nie wynika, że wolna wola jest złudzeniem. „Poczucia” mogą być złudne w 99 przypadkach na sto, ale czy zawsze? A nawet gdyby zawsze, to nauka empiryczna i tak nie może tego udowodnić, bo ten problem jest poza zasięgiem dostępnych jej metod badawczych. Niestety, sporo psychologów prowadzących tego typu badania ulega urokowi zgromadzonych przez siebie wyników, głosząc tezy niekiedy mocno deterministyczne. Trzeba jednak wyraźnie podkreślić, że w tym momencie wychodzą poza ramy dozwolone dostępną im metodą badawczą, stając się naiwnymi filozofami.

Czwarta opcja to próba zmierzenia się z problemem wolnej woli na gruncie nauk empirycznych, mimo wszystkich związanych z tym programem niebezpieczeństw. Badacze o tej orientacji argumentują, że skoro poczucie sprawstwa, wolności i podmiotowości jest tak silne i tak powszechne, można roboczo przyjąć, że raczej nie może być z gruntu fałszywe. Powszechność i siła określo-

nych przekonań nie może być, rzecz jasna, argumentem zdolnym rozstrzygać spory naukowe. Gdyby tak było, nadal byśmy tkwili w systemie przedkopernikańskim, bo przecież „każdy widzi”, że Słońce przesuwa się po nieboskłonie, a Ziemia pozostaje w bezruchu. Powszechnie przekonania i intuicje mogą być po prostu powszechnymi iluzjami, niczym więcej. Dziś, blisko 500 lat po dziele Kopernika, jesteśmy już oswojeni z możliwością, że nasze zmysły mogą nas po prostu łudzić, choć ich „perswazyjność” jest doprawdy zdumiewająca. Ponadto, odrzucamy naoczność i potoczną intuicję w przyrodoznawstwie, ale już w odniesieniu do rzeczywistości społecznej, a zwłaszcza duchowej (psychicznej), jesteśmy ciągle niewolnikami potocznych intuicji opartych na niesystematycznych, powierzchownych obserwacjach. Dotyczy to w szczególności dziedzin silnie nacechowanych oceną społeczną i uwikłanych w spory o wartości, np. badań nad moralnością. Niestety, nauki społeczne nader często bezrozumnie powtarzają potoczne intuicje, zamiast je weryfikować i ewentualnie odrzucać. Wydaje się, że w obszarze nauk społecznych czeka nas jeszcze wiele „małych przewrotów kopernikańskich”.

## EFEKT LIBETA

Czwarta opcja dopuszcza też refleksje i badania empiryczne nad fenomenem wolnej woli. Tutaj niezwykłą popularność zyskały sobie eksperymenty nad czasowym następstwem mózgowych korelatów ludzkich decyzji i działań. W badaniach Benjamina Libeta (1985) ochotnicy mieli wykonać banalną czynność, polegającą na zgięciu palca wskazującego lewej ręki. W odróżnieniu od schematu dominującego w większości eksperymentów psychofizjologicznych, mogli to zrobić nie w odpowiedzi na sygnał lub polecenie, ale kiedykolwiek. Sami więc podejmowali decyzję o tym, kiedy zgiąć palec, choć musieli to zrobić w dostępnym im, ok. trzysekundowym „okienku czasowym”. Jednocześnie mieli obserwować zegar z szybko poruszającą się wskazówką, z polece-

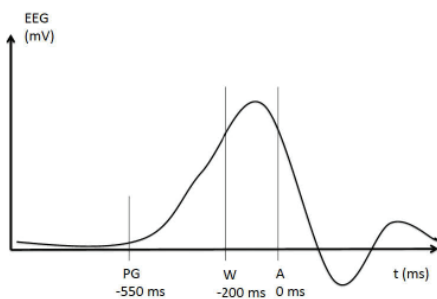
niem, aby zapamiętać położenie zegara w momencie, gdy pojawia się w ich umyśle decyzja o zgięciu palca. Rejestrowano aktywność elektryczną mózgu (EEG) w korze ruchowej, przedruchowej i w dodatkowym polu ruchowym, a więc tam, gdzie są przygotowywane i wydawane rozkazy o wykonaniu czynności dowolnych (tj. nie odruchowych). Rejestrowano też aktywność elektryczną mięśni (EMG) w zginanym palcu, aby mieć dokładne oszacowanie momentu, w którym rozkaz z mózgu dociera do mięśni. Najważniejszy wynik Libeta, do dziś powszechnie dyskutowany, ale też krytykowany, sprowadza się do obserwacji, że aktywność elektryczna mózgu zaczyna się o ułamek sekundy przed raportowanym przez osobę badaną momentem podjęcia świadomej decyzji. Inaczej mówiąc, mózg już „wie”, że za chwilę wystąpi czynność motoryczna, choć osoba, będąca przecież właścicielem swojego mózgu, jeszcze o tym nie wie. Okienko czasowe między początkiem zmiany potencjału elektrycznego w korze mózgowej a świadomie podjętą decyzją trwa ok. 350 ms. Narasta wtedy tzw. potencjał gotowości do działania, który – jak się wydaje – nie ma swego odpowiednika w świadomej, intencjonalnej aktywności psychicznej. Dopiero przez ostatnie 200 ms przed działaniem owemu potencjałowi mózgowemu towarzyszy już świadoma intencja (zob. ryc. 1).

Czy zatem mózg „wie” wcześniej o zamiarach, których jego właściciel nie jest jeszcze świadomy? Czy świadomość „wlecze się” za szybkimi procesami neuronalnymi, odzwierciedlając raczej stan faktyczny, tj. już podjętą decyzję, niż decydując o czymkolwiek? I w ogóle – jaka jest rola świadomości w czynnościach wolicjonalnych?

Wyniki badań Libeta, i im podobnych, uruchomiły lawinę interpretacji i sporów. Po jednej stronie znaleźli się determiniści, niekiedy skrajni, twierdzący, że w przyrodzie – włączając w tę kategorię ludzki mózg – wszystko jest zdeterminowane, a wolność to złudzenie (np. Wegner, 2002)<sup>4</sup>. Pojawiają się nawiązania

<sup>4</sup> Wolna wola jako złudzenie to pogląd w filozofii nienowy, jego głosicielem był chociażby Baruch Spinoza.

do koncepcji demona Laplace'a: gdyby istniała istota obdarzona wiedzą o wszystkich stanach każdego elementu Wszechświata i gdyby znała wszystkie prawa rządzące materią, mogłaby znać wszystkie stany przeszłe, jak też przewidzieć wszystkie stany przyszłe. Determinizm w odniesieniu do stanów mózgu często współwystępuje z negacjonizmem, czyli zaprzeczaniem istnieniu wolnej woli, oraz z inkompatybilizmem, czyli przekonaniem, że istnienia wolnej woli nie da się pogodzić z naukowym poglądem na świat. Można oczywiście uznać, że nie wszystko, co ważne, daje się naukowo opisać i uzasadnić. Ale ponieważ nauka zyskuje sobie coraz większe znaczenie i prestiż społeczny, oferując wyjaśnienie dla zjawisk, które dawniej nie znajdowały się w obszarze jej zainteresowania, inkompatybiliści zwykle odrzucają wszystko, co sprzeczne z naukową wizją świata, rzekomo jedynie słuszną. Nauka ma więc prowadzić do odrzucenia złudnych przekonań, jakoby człowiek był wolnym sprawcą własnych czynów. W ujęciu skrajnie deterministycznym człowiek jest maszyną, a jego poczucie sprawstwa – złudzeniem.



Objaśnienia:

PG - potencjał gotowości

W - wola, odczucie świadomej intencji

A - akcja, wykonanie czynności

EEG - zmiana potencjału elektrycznego kory mózgowej (w mV)

t - czas (w milisekundach)

Ryc. 1. Następnstwo czasowe zdarzeń w eksperymentach Libeta (1985). Krzywa wyidealizowana, odzwierciedlająca typowe zależności



Po drugiej stronie tego sporu znaleźli się zwolennicy tezy o kompatybilizmie, czyli o możliwości pogodzenia naukowej wizji świata z wolnością lub przynajmniej autonomią człowieka (np. Bremer, 2013). Przede wszystkim zwracano uwagę na metodologiczne niejasności eksperymentów Libeta, takie jak problem ograniczonej precyzji pomiaru momentu podjęcia świadomej decyzji. Wykazując, że narastanie „potencjału gotowości” w mózgu wyprzedza moment świadomej decyzji, opieramy się na dwóch pomiarach: mierzymy czas procesu mózgowego i czas świadomej decyzji. O ile ten pierwszy jest mierzalny dość precyzyjnie<sup>5</sup>, ten drugi jest co najwyżej zgrubnym oszacowaniem. Uczestnik eksperymentu informuje na przykład, że zdecydował się wykonać ruch palcem w momencie, gdy wskazówka zegara była w okolicy wartości 20. Nie wiemy, czy to zeznanie jest dokładne, nie wiemy też, czy jest prawdziwe. Wprawdzie ochotnik biorący udział w eksperymencie nie ma ważnych powodów, aby nas okłamywać, ale może z różnych względów opóźnić lub przyspieszać ten moment. Może też sam nie wiedzieć, kiedy zdecydował o wykonaniu ruchu, ale „przymuszony” sytuacją eksperymentalną i pytaniem badacza, coś w końcu tłumaczy. Tak czy inaczej, zestawianie precyzyjnego pomiaru aktywności elektrycznej mózgu z subiektywnym oszacowaniem momentu podjęcia świadomej decyzji wydaje się nader ryzykowne. Tego typu procedura bez wątpienia obniża rzetelność całego badania i stawia pod znakiem zapytania wysuwane na jego podstawie wnioski. Co więcej, pomiar EEG jest wprawdzie precyzyjny co do 1/1000 sekundy, ale procesy mózgowie nie zaczynają się i nie kończą na zasadzie zero-jedynkowej. Aktywność elektryczna żywego mózgu nieustannie fluktuuje, od czasu do czasu – spontanicznie lub w związku z wykonywanym zadaniem poznawczym – wyraźnie przekraczając wartość bazową. Zmiany rejestrowane w metodyce EEG są ciągłe, a obserwowany potencjał gotowości narasta stopniowo. Jest kwestią subiektywnej decyzji badacza, od kiedy zacznie interpretować proces narastania poten-

---

<sup>5</sup> Z dokładnością do 1 ms (jednej tysięcznej sekundy).

cjału jako dowód na to, że zmiana przekroczyła wartość bazową. Nie ma tu obiektywnych wskaźników, poza jakościową, w dużej mierze subiektywną, oceną badacza. Tak więc do subiektywnego odczucia osoby badanej na temat momentu podjęcia decyzji trzeba dodać subiektywne odczucie badacza co do momentu, gdy potencjał gotowości zaczyna istotnie przekraczać wartość wyjściową. Trudno oprzeć się wrażeniu, że bardzo niekiedy mocne tezy filozoficzne o determinizmie, negacjonizmie i inkompatybilizmie są wyciągane na podstawie nader nieprecyzyjnych oszacowań.

Inne argumenty autorów sceptycznie nastawionych do badań libetowskich dotyczą psychologicznych aspektów sytuacji eksperymentalnej. Uczestnik takiego badania wie, że wcześniej czy później będzie musiał zgąć ten palec, pytanie tylko kiedy. Nie ma tu możliwości „nic nierobienia”, a więc nie ma pełnej swobody podejmowania działań wolicjonalnych lub powstrzymania się od nich. Oczywiście w badaniach biorą udział ochotnicy, którzy przychodzą do laboratorium nieprzymuszeni, a niekiedy nawet zachęceni drobną rekompensatą finansową za czas poświęcony nauce. Jednak po podjęciu „strategicznej” decyzji o uczestnictwie w badaniu, zachowują się już dość bezwolnie, wykonując różne polecenia eksperymentatora z minimalnym udziałem własnej podmiotowości. Wiemy, że ludzie są w stanie wykonać bardzo absurdalne działania tylko dlatego, że są one częścią eksperymentu naukowego. Inaczej mówiąc, pierwotna zgoda na udział w badaniu, wymagająca – jak się tradycyjnie uważa – świadomej i wolnej decyzji, implikuje dalsze czynności osoby badanej, wykonywane automatycznie lub z minimalnym udziałem własnej autonomii. W eksperymentach Libeta, gdy ktoś raz już się zgodził przez pół godziny zginać palec, jest mu obojętne, kiedy to robi. Mając trzysekundowe okienko czasowe, aktywizuje pewne obszary kory motorycznej na długo przed świadomą decyzją, bo i tak będzie musiał zadaną czynność wykonać. Inaczej mówiąc, mózgowy potencjał gotowości może być raczej ogólnym przygotowaniem do działania niż specyficznym procesem decyzyjnym, wyzwalającym dany ruch palcem.

Nie można też przejść obojętnie wobec argumentu, że deklaracja o położeniu zegara w momencie podejmowania świadomej decyzji o wykonaniu ruchu palcem sama w sobie wymaga decyzji. Skoro tak, to ta decyzja też powinna być poprzedzona swoim potencjałem gotowości. Tak więc mielibyśmy wówczas dwa procesy narastania potencjału gotowości, jeden odnoszący się do decyzji o wykonaniu ruchu właściwego, a drugi – do decyzji, czy i kiedy powiedzieć o tej pierwszej decyzji. Te dwa procesy prawdopodobnie nakładają się na siebie w czasie, nie można więc wykluczyć, że okienko czasowe między narastaniem gotowości do działania a momentem podjęcia decyzji o tym działaniu skraca się znacznie, nawet do zera. Niestety nie można tego oszacować w dostępnej metodologii.

Z drugiej strony na uwagę zasługuje fakt, że potencjał gotowości obserwuje się w korze ruchowej, przedruchowej i w dodatkowym polu ruchowym płata czołowego, które to ogniska mózgowe wprawdzie przygotowują czynności motoryczne i egzekwują je, ale nie biorą udziału w podejmowaniu decyzji. Decyzja o wolicjonalnej czynności motorycznej angażuje jeszcze bardziej do przodu wysunięte obszary, zwane korą przedczołową. Tam zaś efekty libetowskie nie były obserwowane. Niewykluczone więc, że obserwowany potencjał gotowości jest w gruncie rzeczy odzwierciedleniem decyzji podjętej wcześniej, z udziałem innych ośrodków mózgowych. Jednak to by znaczyło, że przerwa czasowa między faktycznym podjęciem decyzji a uświadomieniem jej sobie przez osobę badaną jest jeszcze dłuższa niż 350 ms, oszacowane na podstawie dostępnych danych (por. ryc. 1). Tak właśnie twierdzą autorzy badania, w którym zamiast pomiaru EEG posłużono się metodyką funkcjonalnego rezonansu magnetycznego (Soon et al., 2008). Badacze ci postanowili sprawdzić, czy na podstawie aktywności kory mózgowej da się przewidzieć, którą ręką osoba badana wykona ruch wolicjonalny. Okazało się, że pewne zmiany w korze przedczołowej i ciemieniowej, obserwowane na ok. 10 s przed zarejestrowaniem świadomej intencji, przewidują ruch ręki z dokładnością do 75%, czyli znacznie powyżej poziomu przy-

padku wynoszącego 50%. Można rzeczywiście odnieść wrażenie, że świadoma intencja działania jest tutaj skutkiem pewnych procesów mózgowych, a nie ich przyczyną.

## WOLNE WETO W MÓZGU

Sam Benjamin Libet był dość powściągliwy w wyciąganiu wniosków filozoficznych na podstawie wyników własnych badań. Wydaje się, że nie był negacjonistą ani skrajnym deterministą, skoro twierdził, że okienko czasowe między zaistnieniem świadomej intencji a ostatecznym wykonaniem działania stwarza możliwość zahamowania czynności w ostatniej chwili. Zamiast wolnej woli mielibyśmy więc „wolne weto”: być może świadomy umysł nie jest potrzebny do wypracowania decyzji o działaniu, ale ma możliwość zawetowania go w ostatniej chwili przed uruchomieniem (Libet, 1999).

Libet nie zademonstrował w swoich badaniach efektu wolnego weta, choć spekulował o jego występowaniu. Próbę empirycznego zmierzenia się z problemem podjęli dopiero dwaj badacze z Gandawy, Marcel Brass i Patrick Haggard (2007, 2010). Wykorzystali oni metodykę funkcjonalnego rezonansu magnetycznego, pozwalającą uzyskać znacznie wyższą rozdzielczość przestrzenną pomiarów aktywności mózgu, przy zmniejszonej – w stosunku do EEG – rozdzielczości czasowej. W badaniach Brass i Haggarda uczestnicy mieli wykonywać prosty ruch ręką, od czasu do czasu intencjonalnie *powstrzymując się* od jego wykonania. W próbach kończących się reakcją mieli rejestrować czas pojawienia się w ich umyśle świadomego zamiaru, zgodnie z metodologią Libeta. Natomiast w próbach, gdy reakcja została ostatecznie zahamowana, nie musieli nic rejestrować. Badacze skupili się głównie na identyfikacji struktur mózgowych aktywizujących się w próbach negatywnych, to znaczy w przypadkach, gdy decyzja o wykonaniu czynności została ostatecznie unieważniona, a zamierzone działanie – zahamowane. Okazało się, że szczególnie aktywizuje

się wówczas przyśrodkowa kora przedczołowa, wspomagana wzmożoną aktywnością przedniej części kory wyspy. Te dwie struktury mają też inne funkcje, związane z myśleniem o sobie samym (przyśrodkowa kora przedczołowa) czy też z emocjami negatywnymi, takimi jak wstręt (kora wyspy). Trudno więc jednoznacznie twierdzić, że te dwie struktury są neuronalnym substratem wolnego weta, i niczego więcej. Być może intencjonalne powstrzymanie się od reakcji wymaga skoordynowanego współdziałania tych dwóch struktur lub nawet szerszej zdefiniowanych sieci mózgowych. W każdym razie można przypuszczać, że nasz mózg realizuje zarówno decyzje pozytywne, związane z realizacją czynności intencjonalnych, jak też decyzje negatywne, polegające na powstrzymaniu się od działania, nawet wtedy, gdy wcześniej podjęto decyzję pozytywną.

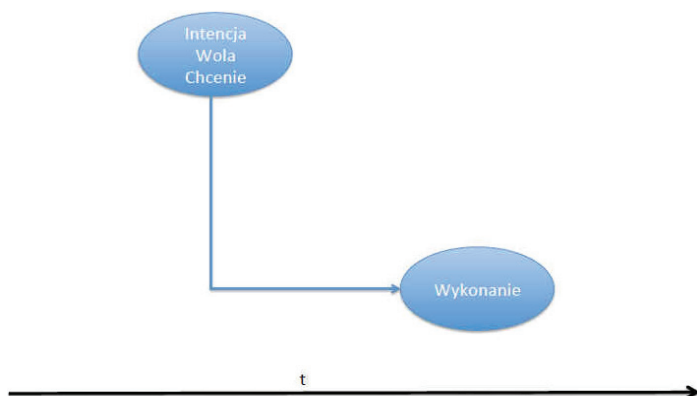
Nie powinno nas to zresztą dziwić, ponieważ hamowanie niepotrzebnych działań jest elementarnym przejawem samokontroli, ta zaś jednym z podstawowych warunków funkcjonowania społecznego. Człowiek pozbawiony samokontroli byłby rzeczywiście piórkiem na wietrze, miotany wewnętrznymi impulsami lub sterowany bodźcami zewnętrznymi. Samosterowność zapewnia nam autonomię w stosunku do przemożnych nacisków wewnętrznych (związanych np. z fizjologią ciała), jak też wobec oddziaływań zewnętrznych (np. poleceń, pokus, gróźb). Trudno byłoby oczywiście wskazać dorosłego, rozwiniętego przedstawiciela naszego gatunku, który byłby *całkowicie* pozbawiony samokontroli. Można natomiast obserwować przypadki samokontroli osłabionej, niepełnej, dysfunkcjonalnej. Wydaje się, że z czymś takim mamy do czynienia w przypadku uzależnień, niektórych zaburzeń zachowania, a także niektórych transgresji moralnych i prawnych – tych mianowicie, które wynikają ze słabości, a nie świadomie podjętej decyzji o działaniu godzącym w ustalone wartości czy normy postępowania.

Pierwotnym przejawem samokontroli jest powstrzymanie się od niepożądanego działania. Tego uczymy małe dzieci, tego wymagamy od dorosłych i za to nagradzamy lub karzemy. Inne aspekty

samokontroli mają charakter bardziej proaktywny, decydując na przykład o naszej wytrwałości w działaniu i sumienności. Jednak aspekty proaktywne wydają się mniej ważne ze społecznego punktu widzenia, decydując raczej o indywidualnym sukcesie lub jego braku. Tymczasem z punktu widzenia interesu społeczności indywidualna wytrwałość i sumienność nie jest tak bardzo ważna, jak zdolność do powstrzymania się od niekontrolowanego wybuchu agresji czy opanowanie chęci przywłaszczenia sobie cudzej rzeczy. Zwróćmy uwagę, że kodeksy etyczne, a zwłaszcza systemy prawne, operują przede wszystkim zakazami, a dopiero w drugiej kolejności nakazami. Wydaje się, że samokontrola negatywna – rozumiana jako intencjonalne, wolne weto – jest podstawą ładu społecznego, podczas gdy samokontrola proaktywna decyduje raczej o sukcesie indywidualnym, mniej zaś grupowym. Dlatego badania zmierzające do ustalenia mózgowych mechanizmów samokontroli negatywnej mają istotne implikacje społeczne, etyczne i prawne.

## **WOLNOŚĆ, INTENCJONALNOŚĆ, ŚWIADOMOŚĆ: RÓŻNE MODELE ZALEŻNOŚCI**

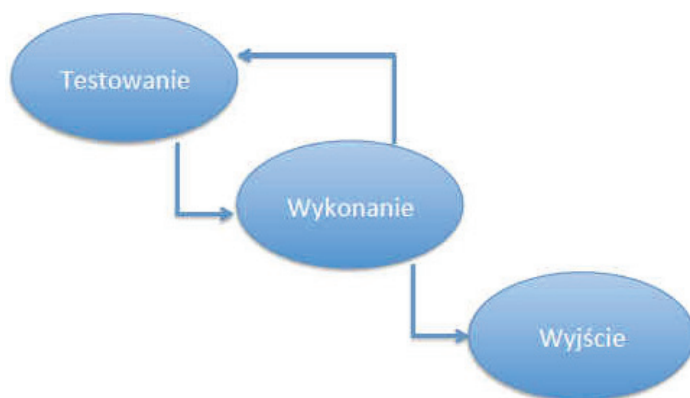
W ostatniej części artykułu skupimy się na omówieniu teoretycznego modelu ludzkiej intencjonalności i wolności, uwzględniającego badania i odkrycia nauki o działaniu mózgu. W ujęciu zdroworozsądkowym (ryc. 2) świadoma intencja lub wola jest czynnikiem sprawczym ludzkich działań, musi zatem pojawić się odpowiednio wcześniej, jako że żadna koncepcja przyczynowości nie dopuszcza, aby przyczyna mogła działać po skutku. Dlatego wyniki badań Libeta są tak kontrintuicyjne. Ich przyswojenie wymaga odwrócenia kierunku przyczynowości, czyli przyjęcia modelu, w którym świadoma intencja (wola, chęć działania) leży po stronie skutków, nie zaś przyczyn.



Ryc. 2. Zdroworozsądkowy model działań intencjonalnych

W ujęciu scjentystycznym wolna wola w ogóle nie występuje. Na przykład model Millera, Galanter i Pribrama (1960/1978) nie przewiduje żadnej istotnej roli dla świadomych procesów wolicjonalnych. One są tam nieobecne. Jedyne, co ten model zawiera, odnosi się do pętli sprzężenia zwrotnego między wynikiem aktywności organizmu a założonym standardem samoregulacji (ryc. 3). Sprawca wykonuje czynność, sprawdza efekty, porównuje te efekty ze standardem i albo powtarza czynność, jeśli porównanie ze standardem wskazuje na rozbieżność efektu w stosunku do standardu, albo kończy aktywność, jeśli standard został spełniony. Zgodnie z tym modelem organizm zachowuje się podobnie, jak termoregulator nastawiony na utrzymywanie określonej temperatury wody w kotle. Regulator włącza grzejnik, gdy temperatura spadnie poniżej zadanej wartości, a wyłącza, gdy dochodzi do przywrócenia lub przekroczenia zadanej wartości. Taki prosty system sterowania, oparty na zasadzie negatywnego sprzężenia zwrotnego, odpowiada też za sterowanie czynnościami motorycznymi człowieka. Nasze ruchy są płynne i dostosowane do otoczenia, ponieważ sterujący nimi mózg bezustannie odbiera informacje zwrotne na temat skutków naszych czynności, jak też na temat stanu mięśni szkieletowych. Z tego punktu widzenia model Mil-

lera i współpracowników wydaje się trafny. Pytanie tylko, czy zawiera on *całą* prawdę o sterowaniu ludzkimi czynnościami, czy tylko część prawdy. Wydaje się, że przed wykonaniem i testowaniem czynności trzeba ją jeszcze zaprogramować, i tu pojawia się pytanie o rolę świadomych procesów wolicjonalnych w programowaniu czynności.



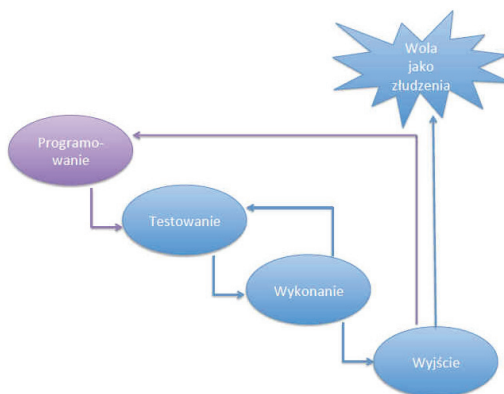
Ryc. 3. Wczesnokognitywistyczny model sterowania czynnościami (Miller, Galanter & Pribram, 1960/1978)

Model negacjonistyczny (ryc. 4) nie różni się istotnie od modelu scjentystycznego, z wyjątkiem tego, że procesom wolicjonalnym *explicite* nadaje się tutaj status epifenomenów. Epifenomenalny charakter świadomej intencji oznacza, że jest on skutkiem ubocznym realnych, materialnych procesów mózgowych, bez żadnej mocy sprawczej ze swej strony. W związku z tym świadoma intencja pojawia się na samym końcu procesu przyczynowo-skutkowego, choć w złudnym przeżyciu subiektywnym człowieka sprawia wrażenie pierwszej i jedynej przyczyny jego działania.

Wydaje się, że ani model zdroworozsądkowy (ryc. 1), ani różne odmiany modelu scjentystycznego (ryc. 3 i 4) nie dają właściwej odpowiedzi na pytanie o istnienie wolnej woli. Nie dają też odpowiedzi na pytanie o rolę świadomej intencji w procesie progra-



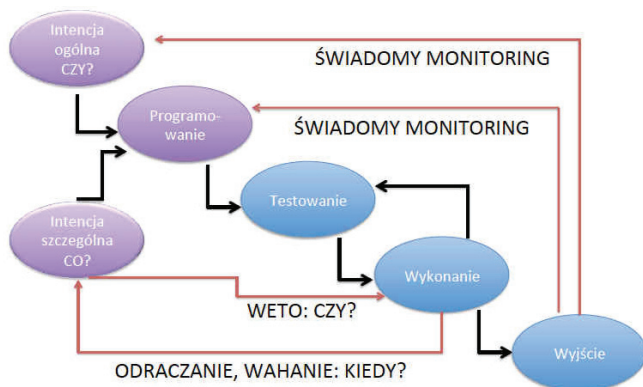
mowania i wykonywania czynności celowych. O ile to pierwsze nie zasługuje być może na krytykę, zgodnie ze stanowiskiem, że problem istnienia wolnej woli jest ze swej natury ontologiczny, zatem nie podlega jurysdykcji nauki, o tyle druga kwestia jest już istotnym wyzwaniem dla nauk behawioralnych, kognitywnych i neuronalnych. Z ewolucjonistycznego punktu widzenia każda funkcja umysłowa ma określone zadanie do wykonania, inaczej by się nie rozwinęła, a zwłaszcza nie udoskonaliła. A przecież zgodzimy się, że poczucie sprawstwa i świadomość własnych intencji to powszechnie występujące fenomeny ludzkiej psychiki. Dlatego problem roli świadomej intencji w organizacji czynności wymaga poważnej refleksji.



Ryc. 4. Model negacjonistyczny (np. Wegner, 2002)

Proponowany model własny (ryc. 5) przypisuje świadomości funkcję monitorowania skutków działania sprawcy. Czynności ludzkie mogą być w pełni automatyczne, bezwiedne i nieświadome, a mimo to „inteligentne”, to znaczy plastyczne, dostosowane do okoliczności i podlegające procesom uczenia się. „Inteligencja” naszych ruchów wynika ze sprawnej kontroli opartej na informacji zwrotnej, jak to opisuje model Millera, Galanter i Pribrama (1960/1978). Tak ujmowane sterowanie czynnościami

nie wymaga świadomości, w ten sposób zachowują się produkowane od dawna roboty i automaty. Jednak w odniesieniu do czynności ludzkich, a być może też do działania niektórych zwierząt, ujęcie mechanistyczne nie wydaje się kompletne. Proponowany model wnosi dodatkowe pętle sprzężenia zwrotnego, oparte na monitorującej roli świadomości. Być może świadomość jest zbyt wolna, aby nadążać za procesami sterowania działaniem. Nie tylko nie wyprzedza tych procesów, ale wręcz „wlecze się za nimi” w zupełnie innym rytmie czasowym. Jednak jest w stanie uchwycić, zarejestrować i przechować w pamięci niektóre skutki działania sprawcy, czyli monitorować jego aktywność. To za mało, aby brać udział w programowaniu i planowaniu bieżącej czynności, ale wystarczająco dużo, aby mieć wpływ na czynności przyszłe.



Ryc. 5. Model proponowany

Świadomy monitoring ułatwia naprawę lub usprawnienie programu czynności, gdy będzie miała być wykonana w przyszłości. Dostarcza też innej możliwości, znacznie ważniejszej z punktu widzenia ludzkiej podmiotowości, mianowicie ułatwia podjęcie decyzji, czy w ogóle taką czynność wykonać. O ile pierwszy typ informacji zwrotnej może się realizować bez udziału świadomości,

o tyle drugi wymaga jej z całą pewnością. Proponowany model sugeruje więc, że świadoma intencja może współuczestniczyć w wypracowaniu strategicznej decyzji o uruchomieniu lub zaniechaniu zaprogramowanej czynności. Decyzja CZY? To pierwszy krok w procesie sterowania czynnościami intencjonalnymi. Wydaje się, że bez udziału świadomości taka decyzja byłaby niemożliwa. Nie znaczy to, rzecz jasna, że wszelkie czynności wymagają takiej świadomej decyzji. Wiemy przecież, jak duży jest udział wszelkiego rodzaju automatyzmów w sterowaniu zachowaniem. Jednak jeśli „wychodzimy z trybu automatycznego”, musimy w pierwszej kolejności odpowiedzieć sobie na pytanie, czy w ogóle coś robimy.

Świadoma decyzja CZY? zapewne ma swój neuronalny substrat, przypuszczalnie związany z przyśrodkową korą przedczołową. Tak więc twierdzenie o udziale świadomości w sterowaniu niektórymi czynnościami nie oznacza akcesu do obozu indeterministów. Świadoma intencja nie jest prawdopodobnie „duchem w maszynie umysłu” (lub mózgu), lecz zjawiskiem naturalnym, możliwym do opisania w języku neuronauki. Jeśli tak twierdzimy, należymy do obozu kompatybilistów, zwolenników tezy o możliwości pogodzenia wolnej woli z metodą naukową i naturalistyczną koncepcją człowieka. Wymaga to uznania, że świadomość jest tym, co robi mózg, nadając niektórym swoim czynnościom wymiar świadomy. Ale też uznanie, że niektóre procesy mózgowe na zasadzie emergencji tworzą świadome doznanie, powoduje ważne skutki epistemologiczne i ontologiczne. Oznacza bowiem przyznanie świadomości, rozumianej jako szczególny stan mózgu, ważnych funkcji sprawczych. Jakich? Prawdopodobnie związanych ze szczególnym rodzajem wiedzy, jakiej dostarcza stan świadomy. Jeśli świadomość jest szczególnym rodzajem wiedzy, odnoszącym się nie do świata, lecz do siebie samego (wiem, że czegoś chcę, wiem, że się cieszę, boję itd.), nieświadomość oznacza brak tejże wiedzy. Niemożność uświadomienia sobie, czego chcę, nie pozbawia mnie zdolności do programowania czynności. Bez udziału świadomości mogą zachowywać się celowo, tak jak

produkowany przez Hondę robot ASIMO, ale nie mogę wiedzieć, czy czegoś chcę lub do czego dążę. A skoro tego nie wiem, nie mogę podjąć decyzji, czy taki program czynności w ogóle realizować. „Decyzje” tego rodzaju byłyby wówczas udziałem bodźców zewnętrznych, impulsów lub autonomicznej aktywności układu nerwowego. Wykonywane przeze mnie czynności byłyby wówczas celowe, dostosowane do okoliczności i być może inteligentne, ale nie byłyby moje. Moje poczucie sprawstwa może być czasem złudne, ale jeśli takie nie jest, wykorzystuję świadomość jako rodzaj wiedzy o własnych dążeniach. Dzięki świadomości jako wiedzy mogę ostatecznie podjąć decyzję o wykonaniu czynności lub zaniechaniu jej, czyli decyzję typu CZY?

Cały ten proces może się zresztą rozegrać w wyobraźni. Człowiek nie musi najpierw wykonać realnej czynności, aby w wyniku monitorującej funkcji świadomości zdecydować o jej ewentualnym powtórzeniu w przyszłości. Wystarczy, że przetestuje możliwe skutki jej wykonania na zastępczym modelu wyobrażeniowym, aby na tej podstawie podjąć decyzję CZY? Stany subiektywne, zwane „zastanawianiem się” lub „noszeniem się z jakąś decyzją”, odpowiadają temu właśnie zjawisku. Dzięki pożytkom wynikającym z wyobraźni, sprawca może testować skutki swych możliwych działań w bezpiecznej przestrzeni własnych myśli i wyobrażeń, bez bolesnych niekiedy konsekwencji związanych z działaniem „w realu”. Za to bezpieczeństwo płacimy jednak pewną cenę, związaną z ryzykiem, że wyobrażenia nie odzwierciedla adekwatnie rzeczywistości, a nawet może odzwierciedlać ją fałszywie. Niemniej możliwość kierowania się w podejmowaniu decyzji tym, co wynika z symulacji wyobrażeniowej, niepomrotnie zwiększa nasze możliwości samokontroli. Powiększa też obszar naszego realnego, a nie złudnego sprawstwa.

Rycina 5 zawiera też dwie dolne pętle sprzężenia zwrotnego. Tutaj świadomy monitoring odnoszący się do realnie wykonanej czy choćby wyobrażonej czynności pomaga w podjęciu decyzji, CO zrobić (lub nie zrobić). Omówiona wyżej decyzja CZY? odnosi się do intencji ogólnej i ma wymiar strategiczny, podczas gdy

decyzja CO? ma charakter bardziej taktyczny. Ten sam cel może być bowiem realizowany na kilka alternatywnych sposobów, na przykład pragnienie można zaspokoić wodą, sokiem lub piwem. Decyzja CO?, już podjęta, może być ponadto w ostatniej chwili zawetowana, jeśli analiza informacji zwrotnej to sugeruje, albo jeśli pojawi się jawna wskazówka nakazująca powstrzymanie się, w psychologii określana technicznym terminem „sygnał stopu”. W ten sposób dochodzimy do momentu, w którym sprawca podejmuje decyzję KIEDY wykonać daną czynność, co do której podjął już wcześniej decyzję strategiczną (CZY?) i taktyczną (CO?). W tej triadzie decyzji CZY?, CO? i KIEDY? mieści się istota ludzkiej sprawczości i podmiotowości, jak również ludzkiej samokontroli.

Można się zastanawiać, czy wyróżnione wyżej decyzje konieczne wymagają świadomości. Można sobie wyobrazić, że nadzwyczaj złożony, działający nieliniowo układ naszego mózgu sam autonomicznie generuje cele, sam podejmuje decyzje, czy i w jaki sposób je realizować, a nawet sam w ostatniej chwili je wetuje, gdy oceni, że jest to konieczne lub wskazane. Sam, to znaczy bez udziału świadomych reprezentacji poznawczych. Być może świadomość nie jest nam koniecznie potrzebna do realizacji czynności wolicjonalnych i do sprawowania samokontroli (por. Bonn, 2013). Czy przyjęcie takiej możliwości oznacza zgodę na mechanistyczną wizję człowieka jako automatu lub zombie? Wydaje się, że niekoniecznie. Być może mój mózg sam sobie wyznacza cele i je realizuje, ale dopóki jest to *mój* mózg, nie pozbawia mnie to realnego, neurojonego sprawstwa. Inna sprawa, że sprawstwo bez udziału świadomości jest innym rodzajem sprawstwa, niż to, które opiera się na reprezentacjach świadomych. Innymi słowy, być może świadomość nie jest konieczna do realizacji czynności wolicjonalnych, ale jej udział prawdopodobnie znacząco zmienia charakter działania sprawcy i podnosi na wyższy poziom jego realną zupełnie niezłudną podmiotowość. W takim razie poczucie sprawstwa nie zawsze jest złudzeniem, choć trudno wskazać praktyczne sposoby rozstrzygnięcia kwestii, kiedy jest, a kiedy nie jest.

## KONKLUZJE

Potrzebujemy wolnej woli jako jednostki ludzkie, choć niekiedy dysponujemy tylko złudnym poczuciem sprawstwa. Potrzebujemy wolnej woli jako społeczeństwo, choć zdajemy sobie sprawę z tego, jak trudno z wolności korzystać, a jak łatwo od niej uciec. Jednak bez wolnej woli groziłaby nam „trywializacja odpowiedzialności” (Küng, 2009): jeśli ktoś jest zdeterminowany, nie może odpowiadać za swoje czyny, nie może być oceniany ani sądzony. Próby naturalizacji wolnej woli, polegające na szukaniu jej mózgowych mechanizmów czy przynajmniej korelatów, nie mogą zatem oznaczać ani akceptacji, ani nawet usprawiedliwienia dla uczynków, które godzą w istotne wartości lub ważny interes społeczny. Próby takie mogą natomiast pomóc w zrozumieniu mechanizmów i uwarunkowań ludzkiego działania, co z kolei powinno skutkować stosowaniem odpowiednio zmodyfikowanych narzędzi społecznego karania i nagradzania.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Bonn, G.B. (2013). Re-conceptualizing free will for the 21st century: Acting independently with a limited role for consciousness. *Frontiers in Psychology*, 4, 1–9.
- [2] Brass, M. & Haggard, P. (2007). To do or not to do: The neural signature of self-control. *Journal of Neuroscience*, 22, 9141–9145.
- [3] Brass, M. & Haggard, P. (2010). The hidden side of intentional action: The role of the anterior insular cortex. *Brain Structure and Functions*, 214, 603–610.
- [4] Bremer, J. (2013). *Czy wolna wola jest wolna? Kompatybilizm na tle badań interdyscyplinarnych*. Kraków: Wydawnictwo WAM.
- [5] Küng, H. (2009). The controversy over the brain research. W: N. Murphy, G.R. Ellis, & T. O'Connor (red.), *Downward causation and the neurobiology of free will* (s. 261–270). Berlin – Heidelberg: Springer-Verlag.
- [6] Libet, B. (1985). Unconscious cerebral initiative and the role of conscious will in voluntary action. *Behavioral and Brain Sciences*, 8, 529–566.
- [7] Libet, B. (1999). Do we have free will? *Journal of Consciousness Studies*, 6, 47–57.
- [8] Miller, G.A., Galanter, E., & Pribram, K.A. (1960). *Plans and the structure of behavior*. New York: Holt, Rhinehart, & Winston. Edycja polska: *Plany i struktura zachowania*. Warszawa, 1978: PWN.

- [9] Soon, C.S., Brass, M., Heinze, H.-J., & Haynes, J.-D. (2008). Unconscious determinants of free decisions in the human brain. *Nature Neuroscience*, *11*, 543–545.
- [10] Wegner, D.M. (2002). *The illusion of conscious will*. Cambridge, MA: The MIT Press.





# U PODSTAW EMOCJI. W POSZUKIWANIU MECHANIZMÓW MÓZGOWYCH

EWELINA KNAPSKA

Instytut Biologii Doświadczalnej PAN im. M. Nenckiego

Co sprawia, że postępujemy tak, a nie inaczej? Ludzie zadawali sobie to pytanie od zarania dziejów, a wśród wielu odpowiedzi były i takie, które przeciwstawiły zimne, logiczne rozumowanie porywczym uniesieniom. Na przykład w rozmowach z Isaakiem Bashevisem Singerem znajdujemy taką opinię:

Zawsze uważałem, że Bóg był bardzo oszczędny, a nawet skąpy w obdzielaniu nas darami. Dał nam zbyt mały rozum, zbyt mało sił fizycznych, natomiast jeśli chodzi o uczucia, namiętności, okazał się niezwykle hojny. Dał nam tyle uczuć i tak silnych, że każda istota ludzka, nawet idiota, jest milionerem w dziedzinie uczuć. Czasami pytamy: Po co nam tyle uczuć, przez które cierpimy i gubimy się? Kiedy obserwuję zwierzęta, widzę, że ich uczucia są bardzo ograniczone. Emocje koni czy słoni odpowiadają mniej więcej ich zachowaniu. W odniesieniu do zwierząt nie mówimy o sprzeczności pomiędzy emocjami a postępowaniem. Zwierzę działa w idealnej zgodzie ze swymi emocjami, a człowiek nie mógłby istnieć, gdyby poddał się wszystkim swoim uczuciom. Nie tylko zламаłby dziesięcioro przykazań, ale też skręciłby sobie kark. Kiedy jedzie się motocyklem czy samochodem, człowiek ma czasem ochotę osiągnąć jak największą szybkość. Jednakże wie, że jeśli zbyttnio doda gazu, może zostać ukarany, może uszkodzić samochód, a nawet zabić kogoś. W miarę rozwoju człowiek musi coraz bardziej hamować swoje namiętności. Człó-

wiek może niekiedy nauczyć zwierzę panować nad emocjami, nagradzając je lub karząc za pomocą pożywienia. Zwierzę nauczy się, ale nie jest to przejaw wolnej woli.

Czy Singer ma rację? Tego raczej definitywnie rozstrzygnąć się nie da, postęp neurobiologii sprawia jednak, że zasygnalizowane przez Singera kwestie możemy badać metodami nauk przyrodniczych, a nie jedynie spekulować.

## EMOCJE I MOTYWACJA

**Emocje** definiowane są jako odpowiedź organizmu na sytuację o istotnym, osobistym znaczeniu. Na odpowiedź tę składają się zmiany fizjologiczne (między innymi zmiana rytmu serca i ciśnienia krwi, zmiana wielkości źrenic, przyspieszenie oddechu), reakcje behawioralne (takie jak ucieczka, walka czy zbliżanie się) oraz doznania subiektywne (czyli odczucia związane z daną sytuacją). Istotną cechą emocji jest również to, że mogą być modulowane przez uczenie. Definicja motywacji jest mniej jasna. Przez niektórych **motywacja** jest wręcz utożsamiana z emocjami. Jednak zwykle jest definiowana operacyjnie jako źródło energii do działania, „siła” ukierunkowująca wysiłek na cel, powodująca selektywność uwagi w stosunku do istotnych bodźców płynących ze środowiska, organizująca reakcje organizmu w zintegrowany wzorec i powodująca kontynuowanie czynności, dopóki warunki, które ją zapoczątkowały, nie ulegną zmianie. Motywacja może rodzić pobudzenie emocjonalne – uczucia dodatnie (w przypadku realizacji zamierzeń) lub ujemne (w przypadku niespełnienia).

Emocje i motywacja biorą swój początek w mózgu. Nie są też właściwością wyłącznie ludzką. Badania nad emocjami u zwierząt zapoczątkował Karol Darwin, który w swojej książce *O wyrazie uczuć u człowieka i zwierząt* (Darwin, 1872) postawił ważną tezę o ciągłości ewolucyjnej w zakresie emocji. Wyniki szeregu badań potwierdzają śmiałą hipotezę Darwina. Znalezione wiele podobieństw między ludźmi a innymi ssakami, zarówno w przypadku

wyrazu emocjonalnego, jak i mózgowego podłoża podstawowych emocji, takich jak strach czy przyjemność. Zebrana wiedza pozwala na **badanie mózgowych mechanizmów emocji w modelach zwierzęcych i odnoszenie wyników takich badań do ludzi**. Modele zwierzęce pozwalają na poznanie mechanizmów molekularnych i komórkowych stosunkowo złożonych zjawisk emocjonalnych. Badania takie nie są możliwe u ludzi ze względu na ograniczenia metodyczne i etyczne.

## METODY BADANIA MÓZGOWEGO PODŁOŻA EMOCJI

Obecnie dostępne metody obrazowania aktywności ludzkiego mózgu (przede wszystkim funkcjonalny rezonans magnetyczny) pozwalają na określenie aktywności poszczególnych struktur mózgu podczas stymulacji polegającej na pokazywaniu badanemu nacechowanych emocjonalnie obrazów lub filmów. Metoda ta przyniosła szereg interesujących informacji dotyczących funkcjonowania ludzkiego mózgu, ale ma ona również sporo ograniczeń. Przede wszystkim dotyczą one sztuczności sytuacji eksperymentalnej (badany przez cały czas leży zamknięty w skanerze), a także ograniczonej rozdzielczości tej metody neuroobrazowania. Inne metody stosowane u ludzi to przede wszystkim badanie aktywności elektrycznej mózgu (elektroencefalografia, EEG) za pomocą elektrod umieszczonych na powierzchni głowy, okołoperacyjne rejestracje aktywności elektrycznej wewnątrz mózgu oraz wnioskowanie o zaburzeniach funkcji na podstawie stwierdzonych uszkodzeń mózgu. Wszystkie te metody mają ograniczoną rozdzielczość. Tymczasem najnowsze badania prowadzone na zwierzętach pokazują, że w tej samej strukturze mózgu mogą istnieć obwody neuronalne (grupy neuronów) leżące bardzo blisko siebie, które pełnią przeciwstawne funkcje w kontroli zachowania, na przykład, odpowiadają za niski i wysoki poziom reakcji strachu. Odkrycia takie stały się możliwe za sprawą rozwoju technik neurobiologicznych. Dzięki białkom będącym znacznikami aktywacji

neuralnej możemy śledzić aktywność pojedynczych komórek wywołaną konkretnym pobudzeniem. W wyniku stworzenia odpowiednich zwierząt transgenicznych (zmienionych genetycznie) możliwe stało się również badanie połączeń komórek aktywowanych w jednej strukturze mózgu z komórkami aktywowanymi w innej strukturze. Potrafimy także pobudzać lub hamować aktywność poszczególnych grup komórek nerwowych (na przykład aktywowanych podczas określonego zachowania zwierzęcia), a także rejestrować aktywność elektryczną pojedynczych neuronów. Poniżej przedstawię kilka przykładów zastosowań takich technik do badania mózgowego podłoża emocji.

### **PROSTE EMOCJE, TAKIE JAK STRACH, MAJĄ PODOBNE PODŁOŻE U ZWIERZĄT I LUDZI**

Niebezpieczeństwo jest zwykle sygnalizowane wcześniej pewnymi informacjami, osobnik może więc przygotować się na nie, wybierając odpowiednie reakcje obronne: uniknięcie niebezpieczeństwa lub ucieczkę od niego, względnie walkę z przeciwnikiem, jeśli na ucieczkę jest już za późno. Emocją prowadzącą do wyboru jednej z tych reakcji jest wyuczony strach. Istotą uczenia się strachu jest wytworzenie asocjacji (związku „przyczynowego”) między określonymi bodźcami emocjogennymi. Jeżeli wyobrazimy sobie, że podczas spaceru po mało uczęszczanych zaułkach miasta ktoś nas napadł, okradł i pobił, to, najprawdopodobniej, wspomnienie tego zdarzenia długo jeszcze będzie wywoływać w nas strach. Właściwość tę mogą również uzyskać poszczególne elementy otoczenia, w którym doszło do napadu. Pierwsze eksperymenty, które miały na celu udowodnienie, że ludzie uczą się strachu, przeprowadzili John B. Watson wraz ze swoją asystentką Rosalie Rayner na uniwersytecie Johna Hopkinsa (Watson i Rayner, 1920). Dziesięciomiesięcznemu chłopcu, który przeszedł do historii jako Mały Albert, pozwalali bawić się z białym szczurem laboratoryjnym. Dziecko nie reagowało strachem, wyciągało

ręce do zwierzęcia. Jednak kiedy kilkakrotnie podczas zabawy Małego Alberta ze szczurem uderzono za plecami chłopca młotkiem w metalowy pręt (wywołując głośny, nieprzyjemny dźwięk), dziecko zaczęło reagować płaczem i strachem na widok zwierzęcia. Okazało się, że taka pamięć strachu jest bardzo trwała i łatwo przywoływana; kolejne badania, jak i codzienne doświadczenie wskazują także, że pamięć strachu trudno wyeliminować. Można to osiągnąć, wielokrotnie prezentując bodźce wywołujące strach w bezpiecznej sytuacji, a wtedy stopniowo strach przez nie wywoływany będzie coraz słabiej wyrażony. Procedura ta nazywana jest wygaszaniem reakcji strachu; w zastosowaniach klinicznych używa się jej u ludzi do leczenia np. fobii i nazywa terapią behawioralną.

W laboratorium badania nad mózgowym podłożem reakcji strachu prowadzi się głównie u szczurów i myszy. Uczenie się (warunkowanie) strachu polega na wytworzeniu skojarzenia pomiędzy bodźcem początkowo obojętnym, np. dźwiękiem (bodziec warunkowy) a awersyjnym bodźcem o istotnym znaczeniu biologicznym, takim jak drażnienie łap prądem elektrycznym, na który zwierzę w sposób naturalny reaguje strachem (bodziec bezwarunkowy). W wyniku takiego kojarzenia zwierzę zaczyna reagować strachem w odpowiedzi na bodziec warunkowy, któremu nie towarzyszy bodziec bezwarunkowy (Pawłow, 1927). Reakcja strachu powoduje wystąpienie szeregu objawów wegetatywnych, w praktyce najczęściej mierzy się jednak reakcję zamierania (widoczną jako całkowity bezruch zwierzęcia), która jest charakterystyczną reakcją obronną gryzoni, w naturze umożliwiającą im ukrycie się przed drapieżnikiem.

Badania nad mózgowymi mechanizmami kontrolującymi strach są prowadzone intensywnie od 30 lat. Ich wyniki pozwoliły dosyć dobrze poznać struktury zawiadujące warunkową reakcją strachu, a ostatnio również obwody neuronalne zaangażowane w kontrolę tej reakcji. Strukturą mózgu kluczową dla kontroli emocji, nie tylko strachu, jest ciało migdałowate. Usunięcie tej niewielkiej części mózgu znajdującej się pod płatem skroniowymi powoduje

wiele zaburzeń emocjonalnych – utratę lęku, żarłoczność i próby zjadania obiektów niejadalnych, niemożność rozpoznawania znajomych twarzy i przedmiotów oraz hiperseksualność (zespół Kluvera-Bucy’ego). Inne ważne dla kontroli strachu struktury to hipokamp i kora przedczołowa. W badaniach z użyciem funkcjonalnego rezonansu magnetycznego stwierdzono, że struktury te, zarówno u ludzi, jak i u gryzoni, ulegają aktywacji w odpowiedzi na bodźce wywołujące warunkowy strach (LaBar i wsp., 1998, Brydges i wsp., 2013).

Wszystkie kluczowe dla kontroli reakcji strachu struktury – ciało migdałowe, hipokamp i kora przedczołowa – są heterogenne: składają się z różnych części, a nawet grup neuronów, pełniących nieraz odrębne funkcje (Quirk i Mueller, 2008; Herry i wsp., 2008). Wyciągnięcie takiego wniosku było możliwe dzięki stosowaniu nowoczesnych metod neurobiologicznych – rejestracji aktywności pojedynczych neuronów u swobodnie poruszających się zwierząt, obrazowania z rozdzielczością pojedynczych neuronów, badania aktywnych połączeń między strukturami mózgu oraz metod optogenetycznych pozwalających na selektywne włączanie i wyłączanie aktywności genetycznie zmienionych neuronów za pomocą oświetlania światłem o określonej długości fali (Deisseroth, 2011).

Jedną z najczęściej stosowanych metod pozwalających na obrazowanie aktywacji mózgu z rozdzielczością pojedynczych neuronów jest badanie ekspresji białka c-Fos (Knapska i wsp., 2007). Białko c-Fos jest dogodnym znacznikiem aktywacji neuronów, ponieważ: lokuje się w jądrze komórkowym, co zapewnia doskonałą rozdzielczość (możemy policzyć pojedyncze komórki), wzrost poziomu ekspresji tego białka widoczny jest krótko po pobudzeniu, szybko wraca też ona do poziomu wyjściowego, po pobudzeniu fizjologicznym ekspresja c-Fos widoczna jest tylko w neuronach, a jej wzór jest specyficzny dla rodzaju stymulacji behawioralnej. Kodujący to białko gen c-fos jest obecnie używany również do tworzenia różnorodnych konstruktów genetycznych służących specyficznemu obrazowaniu lub wybiórczemu manipu-

lowaniu aktywnością neuronów. Jednym z przykładów takiego zastosowania jest opracowana przeze mnie i współpracowników metoda śledzenia aktywnych połączeń anatomicznych.

Metoda ta wykorzystuje szczury transgeniczne, u których ekspresja pewnego wygodnego białka znacznikowego o nazwie Venus kontrolowana jest przez promotor *c-fos*, a białko to zlokalizowane jest w ciele komórki i dendrytach. U szczurów tych możliwe jest zatem wyznakowanie aktywnych neuronów. Metoda uwidaczniania aktywnych połączeń neuronalnych opiera się na domózgowych (do określonych struktur mózgowych) iniekcjach znaczników transportu aksonalnego. Tak przygotowane zwierzęta (po czasie potrzebnym na rozprzestrzenienie się znaczników w mózgu) zostają poddane treningowi behawioralnemu, po zakończeniu którego analizowane są połączenia aktywowanych neuronów, w których dochodzi do ekspresji białka Venus (Knapska i wsp., 2012).

Badania przeprowadzone w ostatnich latach wskazują, że zmiany w zachowaniu zwierzęcia odpowiadające wysokiemu i niskiemu poziomowi strachu są związane ze zmianą pobudzenia w dwóch odrębnych populacjach neuronów w podstawnej części ciała migdałowatego. Populacje te charakteryzują się ponadto odmiennymi połączeniami z korą przedczołową i hipokampem (Herry i wsp., 2008). Nasze badania, wykorzystujące metodę obrazowania aktywności mózgu za pomocą ekspresji białka c-Fos, która pozwala na jednoczesne obrazowanie aktywności wielu struktur mózgu z rozdzielczością pojedynczych komórek, wykazały, że wysoki i niski strach angażuje w dużej części odmiennie obwody neuronalne w obrębie kory przedczołowej, ciała migdałowatego i hipokampa (Knapska i Maren, 2009). Ostatnio zbadaliśmy również względny udział projekcji z części grzbietowej i brzusznej kory przedczołowej oraz hipokampa na neuronach w obrębie ciała migdałowatego, aktywowanych w sytuacji wygaszania i odnawiania reakcji strachu. Otrzymane wyniki wskazują na istnienie w części bocznej ciała migdałowatego dwóch odrębnych populacji neuronów zaangażowanych podczas niskiego i wysokiego

poziomu reakcji strachu. Subpopulacje te można rozróżnić dzięki odmiennym połączeniom z częściami brzuszna i grzbietową kory przedczołowej oraz brzuszna częścią hipokampa (Knapska i wsp., 2012).

Podłoże mózgowe strachu, prostej emocji właściwej praktycznie wszystkim zwierzętom, zostało już stosunkowo dobrze scharakteryzowane. Powstaje zatem pytanie, czy modele zwierzęce mogą zostać wykorzystane do badania również bardziej złożonych stanów emocjonalnych. Jednym z tego typu zjawisk emocjonalnych jest empatia. W ostatnich latach powstało kilka modeli zwierzęcych pozwalających na badanie podłoża mózgowego tego zjawiska.

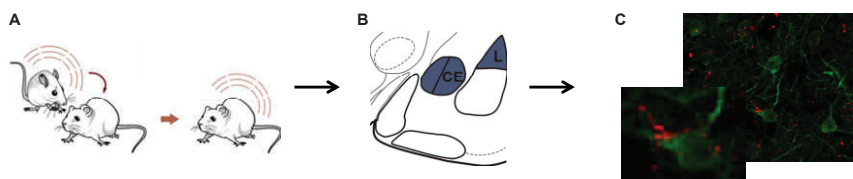
## **ELEMENTY ZACHOWAŃ EMPATYCZNYCH MOŻEMY ZAOBSERWOWAĆ RÓWNIEŻ U ZWIERZĄT**

Empatia jest definiowana jako zdolność odczuwania stanów psychicznych innych istot, umiejętność spojrzenia z ich perspektywy na rzeczywistość. Przez niektórych badaczy jest przypisywana wyłącznie ludziom, jednak wielu uważa, że formy empatii, nieco mniej złożone, niż te obserwowane u ludzi, można również znaleźć w świecie zwierząt. Na przykład de Waal (2008) wyróżnia trzy poziomy empatii: zdolność do przyjęcia perspektywy innego osobnika, zdolność do oceny stanu emocjonalnego innego osobnika (empatia kognitywna) i zdolność do zmiany zachowania pod wpływem stanu emocjonalnego innego osobnika (zarażanie afektywne). O ile wyższe poziomy empatii, takie jak zdolność do przyjęcia perspektywy innego, obserwuje się u ludzi i naczelnych, o tyle proste formy empatii, takie jak zarażanie emocjonalne, występują już u mniej zaawansowanych ewolucyjnie zwierząt, takich jak gryzonie.

Kilka lat temu opracowaliśmy model zarażania emocjonalnego u szczurów (Knapska i wsp., 2006). W modelu tym szczury są hodowane w parach. Następnie jeden ze szczurów, którego nazy-



wamy nadawcą, jest poddawany warunkowaniu reakcji strachu, a więc silnemu wzbudzeniu emocjonalnemu, po czym wraca do klatki domowej, gdzie może swobodnie kontaktować się z drugim szczurem, którego możemy nazwać odbiorcą. W grupie kontrolnej szczur-nadawca przebywa w klatce doświadczalnej, ale nie doświadcza w niej żadnej nieprzyjemnej stymulacji. Okazało się, że interakcja z pobudzonym emocjonalnie osobnikiem prowadzi do silnej aktywacji ciała migdałowatego odbiorcy, która w dużej mierze odzwierciedla aktywację obserwowaną u nadawcy, oraz prowadzi do silnego pobudzenia emocjonalnego szczura-odbiorcy. Pobudzenie to jest widoczne jako wzrost poziomu zachowań eksploracyjnych, takich jak ogólne wzbudzenie ruchowe, a także obwąchiwanie, wzajemne czyszczenie sierści, podążanie za partnerem czy stójki. Obwąchiwanie służy najprawdopodobniej zdobywaniu informacji zapachowych, węch jest bowiem jednym z najistotniejszych kanałów komunikacji u gryzoni. Podczas opisywanej interakcji pojawiają się również wokalizacje w paśmie ultradźwięków (jeszcze jeden sposób komunikacji szczurów). Dalsza charakterystyka tego modelu (Knapska i wsp., 2009) wykazała, że szczury poddane interakcji z pobudzonym emocjonalnie partnerem skuteczniej uczą się warunkowej reakcji strachu: taka interakcja tuż przez treningiem warunkowania reakcji strachu prowadzi do znacząco zwiększonego poziomu reakcji zamierania mierzonej następnego dnia. Wynik ten wskazuje na adaptacyjne znaczenie informacji odbieranej od pobudzonego partnera – prawdopodobnie zwiększa się uwaga i zdolność do uczenia się obserwatora, co pomaga mu przystosować się do trudnej, zagrażającej sytuacji. Można zatem powiedzieć, że zarażanie emocjonalne, czyli empatia w swojej najprostszej ewolucyjnie formie, to zdolność do odbierania informacji o charakterze emocjonalnym od innego osobnika i wykorzystywania ich w praktyce. Modele takie, jak wyżej opisany, są bardzo istotne, ponieważ pozwalają na badanie neuronalnego podłoża zjawisk o charakterze empatii z rozdzielczością pojedynczych neuronów. Dają zatem nadzieję na zrozumienie, jak mózg kontroluje zachowania empatyczne (por. ryc. 1).



Ryc. 1. A. Społeczne przekazywanie pobudzenia emocjonalnego. B. Przekazywaniu temu towarzyszy aktywacja tylko niektórych części ciała migdałowatego. C. Aktywowane przez zachowanie neurony i ich połączenia można obejrzeć pod mikroskopem

Poza bardzo prostymi zachowaniami empatycznymi, takimi jak zarażanie emocjonalne, obserwuje się u zwierząt również bardziej złożone przejawy empatii. Od dawna wiadomo, że zachowania takie można obserwować u małp. Klasyczne doświadczenia Mas-sermana i wsp. (1964) pokazały, że małpy unikają zadawania cierpienia swoim towarzyszom. W doświadczeniach tych rezusy były uczone pociągania za łańcuszek – reakcja taka była nagradzana atrakcyjnym pokarmem. Kiedy jednak wykonanie takiej reakcji wiązało się z podaniem szoku elektrycznego małpie znajdującej się w sąsiedniej klatce, małpy zaprzestawały jej wykonywania. Niedawne doświadczenia przeprowadzone przez Ben-Ami Bartal i wsp. (2011) wykazały, że również u szczurów można zaobserwować reakcje na dyskomfort innego osobnika. W doświadczeniu tym jeden ze szczurów zamykany był w przezroczystym pojemniku, z którego nie mógł się uwolnić bez pomocy drugiego szczura. I rzeczywiście, wolny szczur pomagał uwolnić się swemu uwięzionemu towarzyszowi. Robił to nawet wtedy, gdy obok klatki z uwięzionym zwierzęciem eksperymentatorzy umieścili kawałek czekolady: najpierw uwalniał towarzysza, a dopiero później zjadał przysmak. Obserwacje takie wskazują na ciągłość ewolucyjną zjawisk do niedawna uważanych za typowo ludzkie. Empatia jest jednym z filarów moralności. Czy zatem mózg może być źródłem naszych wyborów moralnych?

## CZY MÓZG JEST MORALNY?

Immanuel Kant postulował, że moralne jest to, co czynimy z obowiązku, to zaś, co się robi z własnej ochoty, jest albo obojętne moralnie, albo wręcz naganne. Co może na ten temat powiedzieć neurobiologia? Pouczające jest przyjrzenie się życiu społecznemu naszych najbliższych krewnych: szympanсів i bonobo. Oba gatunki żyją w grupach społecznych o złożonej strukturze. Zaobserwować można u nich podstawowe wyznaczniki moralności – empatię i poczucie sprawiedliwości. Ich przejawy, notowane przez prymatologów, to na przykład: opieka nad upośledzonymi, chorymi lub słabszymi członkami stada, powstrzymywanie się przed agresją, duża tolerancja dla wybryków młodocianych, kooperacja czy smutek wyrażany po śmierci członków stada. Poczucie sprawiedliwości dobrze ilustruje słynny eksperyment de Waala (2008), w którym badacze ustawili w sąsiadujących ze sobą, drucianych klatkach dwie mały kapucynki i dali im proste zadanie do wykonania: podawanie kamienia osobie przeprowadzającej eksperyment. Jako nagrodę zwierzęta otrzymywały plasterki ogórka. Mały chętnie wykonywały polecenie – do momentu, w którym mały znajdującej się w sąsiedniej klatce dano w nagrodę winogrono, stanowiące znacznie bardziej atrakcyjną nagrodę. Gdy tylko mały zauważyła niesprawiedliwość, zaczynała protestować, przestawała wykonywać zadanie, a nawet rzucała plasterkami ogórka w eksperymentatora! Fragmenty nagrań wideo tego i podobnych eksperymentów de Waal zaprezentował podczas swojego wykładu TED<sup>1</sup> (de Waal, 2008).

Szereg obserwacji życia społecznego małp sugeruje, że pewne zachowania uważane za moralne są głęboko wpisane w biologię naszego mózgu. Wydaje się, że wykształcone w toku ewolucji mechanizmy funkcjonowania społecznego predestynują nas raczej do zachowań prospołecznych niż do łamania reguł życia

---

<sup>1</sup> TED (Technology, Entertainment and Design) – konferencja naukowa, której celem jest popularyzacja ważnych idei naukowych.

społecznego. Może jednak, jak chciał Spinoza, działania etyczne są zgodne z naturą?

Czy zatem należy obawiać się antyutopii, w której u nieprzy-  
stających do społeczeństwa osobników modyfikuje się działa-  
nie odpowiednich grup neuronów? Na szeroką skalę – pewnie  
nie, ludzkość bowiem coraz bardziej docenia swą różnorodność.  
Można sobie jednak wyobrazić tego typu terapię szczególnie nie-  
bezpiecznych przestępców – tyle że, nawet biorąc pod uwagę  
spektakularny w ostatnich latach rozwój wiedzy o mózgu, droga  
do tego wydaje się daleka i kręta.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Ben-Ami Bartal I., Decety J., Mason P. (2011). *Empathy and pro-social behavior in rats*. *Science*;334(6061):1427–30.
- [2] Brydges N.M., Whalley H.C., Jansen M.A., Merrifield G.D., Wood ER, Lawrie S.M., Wynne S.M., Day M., Fleetwood-Walker S., Steele D., Marshall I., Hall J., Holmes M.C. (2013) *Imaging conditioned fear circuitry using awake rodent fMRI*. *PLoS One*;8(1):e54197.
- [3] Darwin K. (1872/1988). *O wyrazie uczuć u człowieka i zwierząt*. PWN.
- [4] Deisseroth K. (2011). *Optogenetics*. *Nat Methods*;8(1):26–9.
- [5] Herry C., Ciocchi S., Senn V., Demmou L., Müller C., Lüthi A. (2008). *Switching on and off fear by distinct neuronal circuits*. *Nature*; 454(7204):600–6.
- [6] Knapska E., Macias M., Mikosz M., Nowak A., Owczarek D., Wawrzyniak M., Pieprzyk M., Cymerman I.A., Werka T., Sheng M., Maren S., Jaworski J., Kaczmarek L. (2012). *Functional anatomy of neural circuits regulating fear and extinction*. *Proc Natl Acad Sci U S A*; 109:17093–17098.
- [7] Knapska E., Maren S. (2009). *Reciprocal patterns of c-Fos expression in the medial prefrontal cortex and amygdala after extinction and renewal of conditioned fear*. *Learn Mem.*; 16(8):486–93.
- [8] Knapska E., Mikosz M., Werka T., Maren S. (2009). *Social modulation of learning in rats*. *Learn Mem.*;17(1):35–42.
- [9] Knapska E., Nikolaev E., Boguszewski P., Walasek G., Blaszczyk J., Kaczmarek L., Werka T. (2006). *Between-subject transfer of emotional information evokes specific pattern of amygdala activation*. *Proc Natl Acad Sci U S A*; 103(10):3858–62.
- [10] Knapska E., Radwanska K., Werka T., Kaczmarek L. (2007). *Functional internal complexity of amygdala: focus on gene activity mapping after behavioral training and drugs of abuse*. *Physiol Rev.*;87(4):1113–73.

- [11] LaBar K.S., Gatenby J.C., Gore J.C., LeDoux J.E., Phelps E.A. (1998). *Human amygdala activation during conditioned fear acquisition and extinction: a mixed-trial fMRI study*. *Neuron*;20(5):937-45.
- [12] Masserman J.H., Wechkin S., Terris W. (1964). "Altruistic" behavior in rhesus monkeys. *Am J Psychiatry*;121:584-5.
- [13] Pavlov I.P. (1927/1960). *Conditional Reflexes*. New York: Dover Publications.
- [14] Quirk G.J., Mueller D. (2008). *Neural mechanisms of extinction learning and retrieval*. *Neuropsychopharmacology*;33(1):56-72.
- [15] de Waal F.B. (2008). *Putting the altruism back into altruism: the evolution of empathy*. *Annu Rev Psychol*;59:279-300.
- [16] Watson J.G., Rayner R. (1920). *Conditioned Emotional Reactions*. *Journal of Experimental Psychology*; 3(1):1-14.

**Warto przeczytać:**

- [1] Frans de Waal, *Bonobo i ateista*, Copernicus Center Press.
- [2] Patricia S. Churchland, *Moralność mózgu*, Copernicus Center Press.

**Warto obejrzeć:**

[http://www.ted.com/talks/frans\\_de\\_waal\\_do\\_animals\\_have\\_morals?language=pl](http://www.ted.com/talks/frans_de_waal_do_animals_have_morals?language=pl)



# NATURA WOLNOŚCI I KONSEKWENCJE JEJ POSIADANIA. TEOLOGIA KATOLICKA W KONFRONTACJI Z NEUROBIOLOGIĄ

DAMIAN WĄSEK

Wydział Teologiczny Uniwersytetu Papieskiego Jana Pawła II  
w Krakowie

W 2009 r. amerykański filozof Sam Harris, jeden z czterech głównych przedstawicieli najpopularniejszego współczesnego ruchu antyreligijnego określanego mianem Nowego Ateizmu, uzyskał na Uniwersytecie Kalifornijskim doktorat z neurobiologii na temat neuronalnych podstaw przekonań<sup>1</sup>. Potwierdził tym tytułem kompetencje do posługiwania się wynikami badań nad funkcjonowaniem mózgu w budowaniu argumentacji antyteistycznej i dał wyraźny sygnał, że na polu tej nauki może się rozegrać poważna walka o wartość czynnika nadprzyrodzonego w tłumaczeniu funkcjonowania świata. Nie jest on jedynym neurobiologiem w gronie kontestatorów sensowności postawy religijnej. Skoro jednym z zadań teologa jest konfrontacja z aktualnymi zarzutami i wątpliwościami dotyczącymi istoty wiary, osiągnięcia współczesnej neurobiologii muszą się znaleźć w kręgu jego zain-

---

<sup>1</sup> Por. P. Gutowski, *Czym jest „nowy ateizm”?*, [w:] *Nauki przyrodnicze a nowy ateizm*, M. Słomka (red.), Wydawnictwo KUL, Lublin 2012, s. 15.

teresowań. To pierwszy – apologetyczny powód stojący za moim tekstem.

Drugim powodem jest troska o wiarygodność chrześcijaństwa. Uważam, że nie ma sensu uprawianie teologii, która ignorowałaby lub pozostawiała w opozycji do osiągnięć innych nauk. Jeśli nauka ma służyć odkrywaniu prawdy o świecie, poszczególne jej dyscypliny powinny się uzupełniać. Jestem przekonany, że nie można tolerować sprzeczności między dobrze potwierdzonymi danymi empirycznymi a twierdzeniami teologicznymi. Jeśli wraz z rozwojem badań takowe się pojawiają, należy podejmować dialog w celu ich usunięcia. Wprawdzie teologia nie stawia sobie za cel wyjaśniania sposobu funkcjonowania świata, ale refleksję nad Objawieniem. Nie znaczy to jednak, że wyjaśnienia płynące z pola nauk empirycznych są dla niej nieistotne. Uprawiana przeze mnie dyscyplina nie posiada własnego, autonomicznego obrazu świata, ale w realizacji swych zadań posługuje się modelami zaczerpniętymi z filozofii. Jest więc skazana na ciągłą otwartość na nowe koncepcje, wypracowywane wraz ze zmieniającymi się danymi eksperymentalnymi. Teolog ma prawo do ich oceny, a w dalszej kolejności do asymilacji bądź odrzucenia. Jeśli jednak decyduje się na krytykę, może ona dotyczyć jedynie owych interpretacji, a nie samych danych<sup>2</sup>. Kwestionując dobrze uzasadnione fakty, teologia narażałaby się bowiem na redukcję do kategorii baśni czy mitologii. W tej perspektywie niektóre osiągnięcia współczesnej neurobiologii i ich interpretacje stanowią poważne wyzwanie do przemyślenia, a może nawet do reinterpretacji niektórych stanowisk teologicznych.

Celem moich rozważań jest prezentacja elementów teologicznej definicji wolności i ich interpretacja w duchu pozwalającym na dialog z wybranymi aspektami koncepcji opartych na osiągnięciach współczesnej neurobiologii. Poszukam odpowiedzi na pytanie: Jakiej teologii potrzeba, by w maksymalnym stopniu

---

<sup>2</sup> Por. D. Wąsek, *Teologia a inne dyscypliny naukowe*, [w:] *O naturze teologii*, B. Kochaniewicz (red.), Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Wydział Teologiczny, Poznań 2013, s. 112.



wyeliminować potencjalne konflikty pomiędzy wspomnianymi rzeczywistościami?

W poszczególnych odsłonach tekstu dotknę trzech teologicznych wymiarów wolności: jej podstaw ontologicznych – posłużę się koncepcją Gisberta Greshakego i Claude`a Tresmontanta, jej miejsca w akcie religijnym – nawiążę do myśli Mircei Eliadego i Karla Rahnera, oraz wolnej woli, jako warunku odpowiedzialności moralnej za grzech – gdzie wykorzystam teorię Piotra Abelarda.

Posłużę się metodą syntetyczną. W każdym przypadku postawię problem, jaki według mnie może się rodzić na gruncie teologii w konfrontacji z neurobiologią, oraz wskażę na teologiczną interpretację mogącą pomóc w jego rozwiązaniu.

## 1. ONTOLOGICZNE PODSTAWY WOLNOŚCI

W *Konstytucji duszpasterskiej o Kościele w świecie współczesnym*, Soboru Watykańskiego II czytamy o wysokiej randze ludzkiej wolności. W tym kontekście padają słowa:

Prawdziwa zaś wolność to wzniosły znak obrazu Boga w człowieku. Bóg bowiem chciał dać człowiekowi możliwość rozstrzygnięcia o własnym losie, tak aby z własnej woli szukał swojego Stworzyciela i trwając przy Nim w wolności, osiągał pełną i błogosławioną doskonałość<sup>3</sup>.

Z analizy powyższego tekstu wynika, że człowiek nosi w sobie znaki obrazu Boga, a jednym z nich jest właśnie wolność. Z innych źródeł wiemy, że pozostałe dwa to rozumność i zdolność kochania<sup>4</sup>. Wspomniana wolność rozumiana jest jako możliwość wybierania drogi życia, w tym także decydowania o przyłgnięciu do Stwórcy. Tym elementem definicji zajmę się później. Tutaj chciałbym pochylić się nad samą strukturą bytu ludzkiego. Wydaje się

---

<sup>3</sup> Sobór Watykański II, *Konstytucja duszpasterska o Kościele w świecie współczesnym*, nr 17, [w:] Sobór Watykański II, *Konstytucje. Dekrety. Deklaracje*, Pallottinum, Poznań 2002, s. 537.

<sup>4</sup> Por. W. Łydka, H. Juros, *Wolność*, [w:] *Słownik teologiczny*, A Zuberbier (red.), Księgarnia św. Jacka, Katowice 1998, s. 644.

bowiem, że tłem dla cytowanego poglądu soborowego jest przekonanie o dwóch składnikach osoby ludzkiej: naturalnym, materialnym tworzywie i nadprzyrodzonym, duchowym pierwiastku, gdzie należy umiejscawiać wolność. Ujmując rzecz w kategoriach religijnych trzeba by powiedzieć, że człowiek posiada śmiertelne ciało i nieśmiertelną duszę, z zaznaczeniem, że na poziomie tej drugiej dokonuje się dialog z Bogiem i decyduje zbawienie (wprawdzie wierzymy w „ciała zmartwychwstanie” na końcu czasów, jednak sposób tego zmartwychwstania pozostaje tajemnicą znaną wyłącznie Najwyższemu Sędziemu).

Patrząc z perspektywy kompetencji neurobiologii, mózg i jego funkcje byłyby połączone z pierwszą sferą i podatne na badania metodami empirycznymi, natomiast pierwiastek duchowy, owa „boska cząstka”, której funkcjami byłyby wolność, zdolność do miłości i umiejętność racjonalnego poznawania, należałoby zarezerwować dla teologii.

Tak zdefiniowany dualizm niesie z sobą wiele pytań i trudności metodologicznych dla dialogu, nad którym się pochylamy. Bez wchodzenia w szczegóły można bowiem pokusić się o tezę, że dane empiryczne, wynikające z badań nad zachowaniem mózgu, nie pozwalają na zupełne oderwanie momentu decyzji od procesu biologicznego, który ma miejsce w organizmie ludzkim. Jeśli tak jest, nie da się utrzymywać przekonania o człowieku jako zlepku dwóch autonomicznych sfer: duchowej i materialnej – teologia uprawiana w oparciu o taki model nie może być wiarygodna.

*Pojawia się więc następujący problem: Jak w świetle osiągnięć neurobiologii wierzyć, że w człowieku jest ciało zawierające mózg i dusza, gdzie umiejscowiona jest wolność i że są to dwie odrębne rzeczywistości?*

Teologia nie wymaga takiej wiary. Pomocne w przewyciężeniu trudności mogą być pojawiające się w teologii koncepcje monistyczne, a więc akcentujące jedność bytu ludzkiego. Jedna z nich pochodzi od Gisberta Greshakego i została sformułowana na marginesie teorii zmartwychwstania w śmierci. Niemiecki teolog dogmatyczny w opublikowanym w 2008 r. dziele *Życie silniejsze niż śmierć. O nadziei chrześcijańskiej* podsumował swe wcześniejsze

dywagacje na temat formuły: „ciała zmartwychwstanie”. Sprzeciwił się powszechnie akceptowanemu przekonaniu, że po śmierci człowieka jego dusza wraca do Boga, natomiast dopiero w czasach ostatecznych dokona się proces otwarcia grobów i wybudzenia spoczywających tam ciał. Podkreślił, że już w momencie śmierci mamy do czynienia ze zmartwychwstaniem ciała i tak scharakteryzował ten fakt:

Chrześcijanin ma nadzieję, że w śmierci dokonuje się zmartwychwstanie. Zmartwychwstanie nie w tym sensie, że ciało widzialne zostaje przemienione; umarłe ciało składa się przecież do ziemi. Ciała zmartwychwstanie nie oznacza zmartwychwstania ciała w sensie tkanki obrastającej szkielet człowieka albo ciała w sensie zwłok; zmartwychwstanie oznacza raczej, że w śmierci cały człowiek ze swym konkretnym światem i historią otrzymuje od Boga nową przyszłość<sup>5</sup>.

Jak wynika z analizy powyższego tekstu, teologiczne pojęcie ciała nie łączy się z tkankami, które składają się na ludzki organizm, tak jak pojęcia duszy nie należy utożsamiać z nadprzyrodzonym elementem, który w nas zamieszkuje. Nie ma w ogóle złożenia, które można opisywać w takim kluczu. Wykorzystywane w eschatologii teologiczne pojęcie cielesności to nie fizyczność, ale jeden ze sposobów bycia człowieka. Należy mówić, że człowiek jest ciałem, a nie, że ma ciało. W przypadku człowieka owo bycie ciałem sprowadza się do jego relacji do innych ludzi i świata, a nie jako – rozumiane w duchu ontologii – *coś*, z czego składa się osoba ludzka. Ujmując rzecz syntetycznie: ciało to suma wszystkich światowych relacji człowieka oraz rzeczownik określający jego wysiłki, by kształtować świat i dać się przez świat kształtować. Takie podejście do zagadnienia nie likwiduje pojęcia duszy. Analogicznie do powyższego, Greshake – interpretując myśl Tomasza z Akwinu – określił tym mianem kondycję człowieka otwartego na Boga, jego bezpośrednią relację ze Stwórcą i poszukiwanie spełnienia w tym kontakcie<sup>6</sup>.

---

<sup>5</sup> G. Greshake, *Życie silniejsze niż śmierć. O nadziei chrześcijańskiej*, W drodze, Poznań 2010, s. 85.

<sup>6</sup> Por. tamże, s. 88–90.

Taki sposób myślenia ma swe korzenie w semickiej koncepcji człowieka, obecnej na kartach Starego Testamentu. W analizie tego obszaru wiedzy cenne są wskazówki Claude'a Tresmontanta. Jak podkreśla autor, hebrajska antropologia charakteryzuje się brakiem dualizmu ciało-dusza, wskazując, że jego utrzymywanie niesie z sobą negatywne konsekwencje z metafizycznego, epistemologicznego, psychologicznego, a nawet biologicznego punktu widzenia. Posługując się filozofią Arystotelesa i teologią, wspomnianego już Tomasza z Akwinu, zaznaczył, że „ciało” nie jest substancją, ale punktem spojrzenia na konkretną rzeczywistość, jaką jest człowiek – to człowiek widzialny pod pewnym kątem. Nie jest to więc pojęcie fizyczne, ale metafizyczne<sup>7</sup>. Skupiając się na pojęciu „duszy” komentował:

Człowiek jest duszą żyjącą. [...] Hebrajski, nie znając dychotomii dusza – ciało, nie robi z duszy tej odcieleśnionej rzeczywistości, jaką jest ona dla nas właśnie dlatego, że przeciwstawiamy ją „ciału” (*corps*). W hebrajskim dusza to człowiek. Nie należy więc mówić, że człowiek ma duszę, ale że jest duszą. W podobny sposób z punktu widzenia biblijnego człowiek jest ciałem. [...] Równie prawdziwie można powiedzieć: jesteśmy ciałami, jak i: jesteśmy duszami. Tak więc hebrajski na określenie żywego człowieka posługuje się w sposób niezróżnicowany terminami: „dusza”, nefesz, albo „ciało” (*chair*), basar, które dotyczą jednej i tej samej rzeczywistości, człowieka żyjącego na tym świecie<sup>8</sup>.

Podsumowując, należałoby sformułować następujące założenie ontologiczne: jeśli wolność miałaby być tematem dla owocnego dialogu między neurobiologią a teologią, konieczne jest, by druga z tych dyscyplin posługiwała się monistycznym ujęciem osoby ludzkiej. Trudno bowiem łączyć wolność jedynie z pierwiastkiem nadprzyrodzonym i pozostać wiarygodnym partnerem takiego dialogu. Jak widzieliśmy, z teologicznego punktu widzenia nie jest to postulat nie do przyjęcia, ponieważ koncepcje zawierające takie ujęcie są już obecne na gruncie refleksji religijnej.

---

<sup>7</sup> Por. C. Tresmontant, *Esej o myśli hebrajskiej*, Wydawnictwo Znak, Kraków 1996, s. 107-110.

<sup>8</sup> Tamże, s. 116n.

## 2. WOLNOŚĆ WARUNKIEM AKTU RELIGIJNEGO

Druga odsłona dotyka relacji między wolnością a aktem religijnym i może być określona mianem metodologicznej. Mam tu na myśli kwestie badane przez rozwijającą się dynamicznie gałąź wiedzy zwaną neuroteologią. Wśród celów tej nauki dwa wydają się mieć szczególne znaczenie: wielowymiarowe i interdyscyplinarne podejście do zrozumienia fenomenu wiary oraz wyjaśnienie, zinterpretowanie i przewidywanie wpływów wiary na myślenie, odczuwanie, zachowania i doświadczenie. Z punktu widzenia stosowanych metod mamy do czynienia z próbami połączenia empirycznej natury nauk przyrodniczych z czysto teoretycznym dyskursem teologicznym. Analizuje się więc zachowania religijne w powiązaniu ze zmianami występującymi w ludzkim mózgu<sup>9</sup>. Sam fakt istnienia takich powiązań – zarówno na poziomie oddziaływania aktów wiary na funkcjonowanie organizmu, jak i na poziomie biologicznych podstaw zaistnienia zachowań religijnych – zdaje się być potwierdzony przez współczesnych neurobiologów. Jeśli tak jest, teolog ma kłopot z utrzymywaniem, że akt wiary jest niezależny i powstaje w wyniku absolutnie wolnej – w znaczeniu: zupełnie nieuwarunkowanej naturalnie – decyzji.

*Pojawia się więc następujący problem: Jak w świetle osiągnięć neurobiologii wierzyć, że akty religijne są efektem niezależnej od biologii decyzji człowieka, który chce współpracować z Bogiem?*

Teologia nie wymaga takiej wiary. Jeśli przyjmujemy – co starałem się pokazać w poprzednim punkcie – że na poziomie ontologicznym nie trzeba mówić o absolutnym rozdzieleniu w człowieku tego, co naturalne, i tego, co nadprzyrodzone, nie ma teologicznego problemu, by zgodzić się na biologiczne podstawy zachowań religijnych. O „wrodzonej” religijności człowieka mówili między innymi fenomenologowie religii z początków XX w., wskazując nie tylko na obecne we wszystkich przebadanych kulturach ele-

---

<sup>9</sup> Por. B.C. Alston, *What is Neurotheology?*, BookSurge Publishing, Charleston 2007, s. 13–18.

menty zachowań sakralnych, ale – jak podkreślał Mircea Eliade – o sakralności wpisanej w naturę ludzką. W jego książce *Sacrum i profanum* czytamy:

[...] doskonale świecka egzystencja nie istnieje. Niezależnie od tego, do jakiego stopnia człowiek zdesakralizował świat, niezależnie od tego, jak stanowcza była jego decyzja zmierzająca do prowadzenia życia świeckiego, i tak nigdy się mu nie uda całkowicie odrzucić zachowania religijnego<sup>10</sup>.

Prawdą jest, że Eliade nie pisał o konkretnych aktach wiary, a jedynie o konieczności uznania, że każdy człowiek jest religijny, ponieważ dla nikogo nie istnieje przestrzeń homogeniczna. Zauważył, że niezależnie od intencji, chęci czy nakierowania światopoglądowego, ludzie zawsze wyróżniają pewne miejsca, które stanowią dla nich punkty odniesienia – punkty *sacrum*. Osoby w procesie przeżywania życia dostrzegają i uznają elementy jakościowo różne, wśród których niektóre stanowią „punkty stałe”, stanowiące podstawę dla ich orientacji w świecie. Eliade stwierdził, że z tego punktu widzenia różnica między osobami zdeklarowanymi religijnie a uważającymi się za ateistów jest czysto formalna – jedni przyznają się, że ich zachowanie jest religijne, a postawę drugich można nazwać „kryptoreligijnym zachowaniem człowieka świeckiego”<sup>11</sup>.

Te, opisane filozoficznie, naturalne predyspozycje religijne zostały wykorzystane w koncepcjach teologicznych, a głównie w konstrukcji antropologicznych argumentów za istnieniem Boga. Wielu twórców widziało w człowieku tęsknoty, których zaspokojenie na tym świecie nie wydaje się być możliwe. Takie wątki są obecne chociażby u Pascala czy Blondela<sup>12</sup>.

Innym przykładem wykorzystania naturalnego potencjału człowieka w opisie aktów wiary jest metoda antropologiczno-transcenden-

---

<sup>10</sup> M. Eliade, *Sacrum i profanum. O istocie religijności*, Wydawnictwo KR, Warszawa 1999, s. 17.

<sup>11</sup> Por. tamże, s. 15-18.

<sup>12</sup> Por. T. Dzidek, *Granice rozumu w teologicznym poznaniu Boga*, Wydawnictwo „M”, Kraków 2001, s. 37-48.

dentalna Karla Rahnera. W traktacie *Słuchacz Słowa* skrytykował on klasyczne ujęcia teologiczne, w których zawierano sugestię, że Objawienie to skierowana do ludzi wiadomość Boga o czymś, o czym człowiek dotąd nie wiedział, tak że w człowieku ta nowa wiedza zdawała się dołączać do dotychczasowej i że można rozdzielać wiedzę zastaną i tę płynącą z Objawienia. Niemiecki teolog nie zgadzał się z twierdzeniem, że za przyjęciem prawd wiary stoi wyłącznie realizacja posłuszeństwa wobec Boga<sup>13</sup>. Postawił następującą hipotezę:

[...] należy pokazać, że wsłuchiwanie się w możliwe polecenie Boga, które wykracza poza treści polecenia, które Bóg już poprzez stworzenie promulgował w *lex naturalis*, należy od początku do istoty człowieka. Albowiem tylko wówczas, gdy takie słuchanie polecenia Boga należy do konstytucji człowieka, posłuszeństwo wobec faktycznego polecenia stanowi dla człowieka konkretną możliwość i obowiązek. Tylko wówczas dla rzeczywiście ogłoszonego Bożego polecenia wiary zostanie stworzony warunek jego skuteczności<sup>14</sup>.

Rahner uważał więc, że kontakt człowieka z Bogiem nie tylko może, ale musi być połączony z dyspozycją natury ludzkiej. Zaznaczył przy tym, że pisząc o naturze, nie ma na myśli wyłącznie wpisanego w świat od początku procesu stwarzania prawa naturalnego, ale jakąś formę „receptorów” pozwalających człowiekowi na słuchanie kompleksowo ujmowanego orędzia Boga. W konsekwencji zaproponował nowy sposób uprawiania teologii oparty na trzech momentach: opisie fenomenologicznym, redukcji transcendentalnej i dedukcji transcendentalnej<sup>15</sup>.

Zalecał rozpoczynanie refleksji teologicznej od opisu fenomenologicznego, a więc charakterystyki ludzkiego doświadczenia, warunków, w jakich człowiek żyje, i problemów, z jakimi się zmagają. Po nim następowała redukcja transcendentalna, czyli odkrycie i nazwanie subiektywnych i apriorycznych warunków

---

<sup>13</sup> Por. K. Rahner, *Słuchacz Słowa*, Wydawnictwo Marek Derewiecki, Kęty 2008, s. 30n.

<sup>14</sup> Tamże, s. 31.

<sup>15</sup> Charakterystyka metody i przykład jej zastosowania został zawarty w K. Rahner, *Podstawowy wykład wiary*, Instytut Wydawniczy PAX, Warszawa 1987, s. 222-242.

naszego doświadczenia. Z punktu widzenia poruszanego przeze mnie zagadnienia to najistotniejszy moment w rahnerowskiej konstrukcji. Tutaj bowiem człowiek ma szansę odkrycia, że w jego naturze znajduje się wiele tęsknot i pragnień, które wydają się wręcz niemożliwe do zaspokojenia. W tekście *Doświadczenie katolickiego teologa* czytamy:

Można w ramach teologii katolickiej spekulować, czy też „czysta natura” nie mogłaby pod daleką zwierzchnią władzą Boga być sama w sobie szczęśliwa i doskonała. Ale naprawdę jest tak, właśnie przez nieodpartość łaski, że albo się dusimy w naszej skończoności, albo trafiamy tam, gdzie jest Bóg sam, jaki jest<sup>16</sup>.

Dopiero wtedy, gdy człowiek uświadomi sobie owe tęsknoty, możemy mówić o trzecim momencie metody – dedukcji transcendentnej. Odkrywamy szansę uzyskania odpowiedzi na nasze najgłębsze pytania, zwracając się w stronę Boga.

Zdaję sobie sprawę, że powyższe rozważania nie dotyczą bezpośrednio danych empirycznych. Myślę jednak, że są one wyrazem teologii, która nie stawia kategorycznej zapory naturalnym tłumaczeniom aktu wiary, umożliwiając dialog z neurobiologami zajmującymi się takimi wyjaśnieniami. Wydaje się bowiem oczywiste, że teologia odzeganąca się od jakichkolwiek relacji między funkcjonowaniem mózgu a doświadczeniami religijnymi jest w tym dialogu niewiarygodna.

### 3. WOLNOŚĆ ELEMENTEM SKŁADOWYM DEFINICJI GRZECHU

Ostatnia z odsłon dotyka zagadnienia związanego z teologią moralną – odpowiedzialności moralnej za grzechy. Poruszane przeze mnie w tym miejscu kwestie należą do powszechnie akceptowanych teorii teologicznych i – w przeciwieństwie do poprzednich – są obecne w oficjalnym nauczaniu Kościoła od

---

<sup>16</sup> K. Rahner, *Doświadczenie katolickiego teologa*, „Znak” 1992, nr 441, s. 76.



wielu wieków. Warto je zasygnalizować jako dopełnienie podjętych już refleksji, ponieważ z punktu widzenia wolności stanowią dziś prawdopodobnie główną płaszczyznę debaty teologii z neurobiologią.

*Istota problemu zawiera się w pytaniu: Jak w teologii mówić o odpowiedzialności moralnej za popełniane uczynki, by uwzględnić stanowiska neurobiologów podkreślających ograniczoną wolność w procesie podejmowania decyzji?*

Jeśli rację ma duża liczba współczesnych neurobiologów, mózg jest w znacznej mierze (według niektórych w pełni) strukturą deterministyczną. Znaczy to, że akty ludzkie są uwarunkowane czynnikami naturalnymi, co poważnie wpływa na określanie stopnia winy ich sprawcy.

W koncepcjach teologicznych istnieje kategoria, która pozwala na uzależnianie odpowiedzialności osobistej od warunków podejmowania decyzji i – co za tym idzie – jej indywidualne ocenianie. Pisał o niej już w XII w. Piotr Abelard, komentując w dziele *Etyka czyli Poznaj samego siebie* słowa Atanazego:

Czy sąd musi się odbyć tylko ze względu na te uczynki, które zostały dokonane, tak aby większą nagrodę otrzymał ten, kto ma więcej uczynków? Albo aby był wolny od potępienia ten, kto zamierzonych uczynków nie doprowadził do skutku, podobnie jak sam szatan, który nie dopiął tego, czego pragnął zuchwale? Bynajmniej. Mówi zatem o własnych uczynkach jako o wyrażaniu zgody na czyny, które postanowili oni wykonać, to znaczy o grzechach, które u Boga są uważane za fakt dokonany, ponieważ tak karze za nie, jak my za dokonane uczynki<sup>17</sup>.

Z punktu widzenia problemu mojego tekstu, najistotniejsze w powyższym fragmencie wydaje się być zwrócenie uwagi, że kara za grzech nie jest uzależniona głównie od materii (to, co się wydarzyło), ale od dyspozycji człowieka. We współczesnej teologii moralnej mówi się o świadomości i dobrowolności podmiotu działającego, których brak może ograniczać bądź nawet zupełnie znosić odpowiedzialność nawet wtedy, gdy sam czyn

---

<sup>17</sup> P. Abelard, *Etyka czyli Poznaj samego siebie*, [w:] P. Abelard, *Rozprawy*, De Agostini Polska Sp. z o.o., Warszawa 2001, s. 208.

zagrożony jest kategorią grzechu ciężkiego – grzech musi być połączony z osobistym wyborem zła, a więc w ustalaniu jego wagi należy uwzględniać wszystkie czynniki limitujące wolność takiego wyboru<sup>18</sup>.

Z punktu widzenia dialogu teologii z neurobiologią bardzo ważne jest akcentowanie przez teologów konieczności uwzględniania indywidualnych uwarunkowań podejmowanych decyzji w ustalaniu stopnia odpowiedzialności moralnej człowieka. Można zakładać, że wraz z rozwojem badań nad mózgiem teologiczna charakterystyka grzechu będzie ewoluowała w kierunku definiowania pól realnej możliwości wolnego wyboru. Kolejne odkrycia w tej materii przyczynią się zapewne do zmian na polu teologii.

Wydaje się, że już dziś powinny nastąpić pewne zmiany w sformułowaniach. Przykładowo, opis grzechu ciężkiego w *Katechizmie Kościoła Katolickiego* zawiera warunki „pełnej świadomości” i „całkowitej zgody”<sup>19</sup>, które w świetle dzisiejszych odkryć neurobiologii są bardzo trudne do utrzymania i – według mnie – wymagają jak najszybszej reinterpretacji.

\*\*\*

Na początku mojego tekstu postawiłem sobie następujące pytanie problemowe: Jakiej teologii potrzeba, by poruszając się na różnych płaszczyznach wolności, w maksymalnym stopniu wyeliminować potencjalne konflikty w dialogu teologa z neurobiologiem?

Pierwszy postulat dotyczy łączenia wolności z duchowym darem od Boga i umiejscawianie jej poza mózgiem. Wydaje się, że teolog powinien akcentować jedność osoby ludzkiej. Upieranie się przy koncepcji człowieka składającego się z dwóch autonomicznych rzeczywistości: ciała i duszy, utrudnia dyskusję o wzajemnych oddziaływaniach procesów biologicznych i świadomych aktów woli.

---

<sup>18</sup> Por. KKK 1859n.

<sup>19</sup> Por. KKK 1857.

Drugi warunek dotyczy wolności aktów religijnych, a więc ich oderwania od naturalnych uwarunkowań. Troska o wiarygodność wymaga od teologa przyznania, że człowiek z natury posiada dyspozycje pozwalające na bycie religijnym.

Także w dialogu na temat wolności decyzji ludzkich teologia powinna akcentować zależność między winą za grzechy a biologicznymi ograniczeniami osoby popełniającej uczynek. Prawdopodobnie ten punkt wymaga najbardziej intensywnej refleksji.

Patrząc z teologicznego punktu widzenia, powyższe wnioski niosą z sobą zagrożenie odarcia człowieczeństwa z boskości i zredukowania go do procesów biologicznych. By uniknąć takiego kierunku refleksji, należy dokonać wyraźnego rozróżnienia pomiędzy naturalizmem ontologicznym a metodologicznym. Ten pierwszy jest zanegowaniem istnienia jakichkolwiek bytów ponadnaturalnych. Drugi z nich odnosi się do metody naukowej wyjaśniania świata. Naturalizm metodologiczny nie rozsądza, czy Bóg jest, a jedynie zakłada, że w wyjaśnianiu funkcjonowania mózgu i przyrody możemy się odwoływać wyłącznie do natury. To akceptowalne powszechnie założenie metody naukowej, które w teologii chroni przed traktowaniem Boga jako „wypełniacza luk” w ludzkiej wiedzy. Można więc być naturalistą metodologicznym i teistą jednocześnie<sup>20</sup>. Uznanie istnienia Boga pojawia się bowiem nie na poziomie opisu natury, ale jej pierwotnej przyczyny i ukrytego w niej sensu.

Ludzie wierzący widzą w odkrywanych przez naukę naturalnych skłonnościach bogactwo wynikające z faktu stworzenia na Boży obraz i podobieństwo, sprawiające, że człowiek jest kimś więcej niż tylko wynikiem ewolucji, że posiada w sobie pierwiastek Boży<sup>21</sup>, który ujawnia się w zachowaniu i pragnieniach reli-

---

<sup>20</sup> Por. M. Hohol, Ł. Kwiatek, *Między konfliktem a integracją*, [w:] D. Dennett, A. Plantinga, *Nauka i religia. Czy można je pogodzić*, Copernicus Center Press, Kraków 2014, s. 24n.

<sup>21</sup> Tematu „przebóstwienia” człowieka w kontekście sporu z myślą L. Feuerbacha dotyka: G. Lohfink, *Jakie argumenty ma nowy ateizm? Krytyczna dyskusja*, Wydawnictwo TUM, Wrocław 2009, s. 38–54.

gijnych. Ateista dostrzega w religijności natury ludzkiej element powstały w wyniku doboru naturalnego, często pewną deformację, oszustwo czy wirus, z którym na tym etapie cywilizacji trzeba sobie już poradzić, zwalczyć go i odrzucić. Zarówno uzasadnienie teisty, jak i ateisty jest kwestią decyzji światopoglądowej, interpretacji danych, a nie rozumowania dedukcyjnego. Wzajemne przekonywanie się w tym względzie nie jest więc elementem debaty na poziomie nauk empirycznych, a gustów i preferencji pozamerytorycznych<sup>22</sup>.

---

<sup>22</sup> Szerzej uzasadniam ten wniosek i prowadzę pogłębioną analizę metody prowadzenia sporu między ateistami i teistami w dwóch tekstach: *Aspekty językowe sporu o istnienie Boga*, „Logos i Ethos”, 2011, 2 (31), s. 61–73; *Dziedzictwo mistrzów podejrzeń w Nowym Ateizmie*, [w:] *Mistrzowie podejrzeń – negacja, afirmacja czy przewyciężenie?*, J. Guja (red.), Wydawnictwo Libron, Kraków 2015.

# MÓZG JAKO STRUKTURA DYSSYPATYWNA

WOJCIECH P. GRYGIEL

Wydział Filozoficzny Uniwersytetu Papieskiego Jana Pawła II  
w Krakowie

## WPROWADZENIE

Wolna wola jest intuicyjnym pojęciem, powszechnie stosowanym w opisie i analizie wielu aspektów ludzkiej aktywności i działań. Pojęcie to na tyle głęboko zakorzenione jest w kulturowej matrycy cywilizacji zachodniej, że trudno sobie wyobrazić funkcjonowanie szeregu systemów teologicznych, prawnych czy też etycznych bez założenia, że człowiek wolną wolę posiada. Łatwo jest więc powiedzieć, że ma się wolną wolę, znacznie trudniej jest jednak ją precyzyjnie zdefiniować. Sytuacja ta przypomina więc znaną odpowiedź św. Augustyna na pytanie o definicję równie intuicyjnego pojęcia, jakim jest czas, w którym stwierdza: „Czymże więc jest czas? Jeśli mnie nikt o to nie pyta, wiem. Jeśli pytającemu usiłuję wytłumaczyć, nie wiem”<sup>1</sup>. Pomimo tych wątpliwości, tak definicji czasu, jak i wolnej woli podejmowano się już w starożytnej Grecji. Podstawowym elementem proponowanych

---

<sup>1</sup> Św. Augustyn, *Wyznania*, Ks. XI, Rozdz. 14.

definicji było wskazanie, że określenie danego czynu jako wolny zakłada, iż ten, kto się tego czynu podejmuje, jest sam w sobie całkowitym początkiem tego działania. Oznacza to, że sprawca czynu staje przed wyborem i mógłby równie dobrze wybrać opcję konkurencyjną w stosunku do tej, którą zrealizował. Już w *Etyce nikomachejskiej* Arystoteles stwierdza wyraźnie: „[...] kiedy początek działania jest w nim, zależy to od niego, czy się tego działania podejmie, czy też nie”<sup>2</sup>.

Pomijając obecnie całą obszerną spuściznę dysput na temat wolnej woli, na potrzeby niniejszego opracowania należy zwrócić uwagę, iż w debatach tych jako przeciwny biegun wolnej woli pojawia się szeroko rozumiany *determinizm*. W zastosowaniu do specyfiki ludzkiego działania oznacza on, że istnieją *uprzednie* do podjętego działania uwarunkowania, które określają, że działający podmiot dokonał takich, a nie innych wyborów. Nie wolno także zapominać, że pojęcie przyczynowości (na tym etapie rozumiane synonimicznie z determinizmem) stanowi również w antycznej Grecji fundamentalne narzędzie opisu rzeczywistości, ponieważ, jak głosił Arystoteles, wyjaśnienie rzeczy następuje w świetle podania ich przyczyn. Napięcie pomiędzy deterministycznie funkcjonującą przyrodą a wolnymi wyborami żyjącego w niej człowieka uwidocznilo się już w filozofii stoickiej. Wobec nieuchronności przebiegu zdarzeń doktryna ta nakazywała przyjęcie postawy wyrachowanej akceptacji i zmierzenia się z doświadczanymi przeciwnościami.

Napięcie pomiędzy wolną wolą a determinizmem prowadzi do wielu rozstrzygnięć, w których rozważa się możliwość ich wzajemnego uniesprzecznienia. W tym kontekście pojawiają się cztery możliwe stanowiska jako kombinacje fizycznego (in)determinizmu z istnieniem bądź nieistnieniem wolnej woli. *Silny determinizm* będzie miał miejsce wówczas, gdy przyjmie się determinizm fizyczny oraz wykluczy się możliwość wolnej woli. *Silny inkompatybilizm* natomiast pojawi się wówczas, gdy założy się, że brak

---

<sup>2</sup> Arystoteles, *Etyka nikomachejska*, Ks. III.

determinizmu fizycznego jest sprzeczny z istnieniem wolnej woli. Jeżeli jednak przyjmie się, że determinizm fizyczny nie przekreśla wolnej woli, to takie stanowisko nosi nazwę *kompatybilizmu*. Jako ostatnia opcja może również zdarzyć się tak, że przyjęcie fałszywości fizycznego determinizmu staje się podstawą uzasadnienia wolnej woli, prowadząc do stanowiska określanego jako *metafizyczny libertarianizm*.

Rozumienie wolnej woli i jej odniesienia do deterministycznych ontologii przyrody musiało zmierzyć się z nowym wyzwaniem wraz z silnym rozwojem neurobiologii, jaki miał miejsce w ubiegłym stuleciu i trwa do dnia dzisiejszego. W tym kontekście pojawia się fundamentalny problem języka, ponieważ rezultaty nauk przyrodniczych formułowane są przy użyciu pojęć, mających bezpośrednio przełożenie na pomiar (pojęcia operacyjne) i nadających się do włączenia do równań matematycznych jako podstawy opisu realizowanego przez nowoczesną metodę naukową. W świetle tego typu badań ujawniła się również tendencja pokazująca, że tradycyjnie rozumiane procesy decyzyjne będące domeną duchowej sfery człowieka związanej z jego umysłem posiadają swoje znaczące podłoże w materialnym mózgu. Tendencja ta znajduje swój pełny wyraz w powszechnym dziś *funkcjonalizmie*, stanowiącym, że wszelkie zjawiska dotychczas uważane za umysłowe należy traktować jako funkcje mózgu. Istnienie wolnej woli podane zostało na gruncie neurobiologii w istotną wątpliwość jako rezultat słynnego eksperymentu Benjamina Libeta, przeprowadzonego w 1985 r.<sup>3</sup> Dziś wielu specjalistów uważa, że akt woli w człowieka następuje jako wypadkowa równoległego działania wielu struktur mózgowych i wbrew postulatом klasycznych podejść filozoficznych nie stanowi odrębnej czynności umysłowej<sup>4</sup>.

Wyjaśniając zjawiska mentalne, współczesna neurobiologia koncentruje się na wskazaniu odpowiadających za te zjawiska

---

<sup>3</sup> B. Libet, *Unconscious cerebral initiative and the role of conscious will in voluntary action*, *The Behavioral and Brain Sciences* 8 (1985), s. 529–566.

<sup>4</sup> Zob. np. S.A. Spence, *The Actor's Brain: Exploring the Cognitive Neuroscience of Free Will*, Oxford University Press, Oxford 2009.

struktur neuronalnych i zachodzących w nich zmian. Tego typu zmiany śledzone są najczęściej przy użyciu technik neuroobrazowania, takich jak przykładowo PET lub fMRI. Z racji wysokiego stopnia złożoności tych struktur, stany mentalne przez nie generowane posiadają niewątpliwie charakter *emergentny* w stosunku do bardziej fundamentalnego poziomu atomów i pojedynczych cząsteczek. Znaczenie tego poziomu może stanowić szczególnie obszar zainteresowania dla fizyka teoretyka, poszukującego nie teorii fenomenologicznej (efektywnej), ale fundamentalnej teorii mózgu. W tym podejściu spodziewać się można interesujących rezultatów odnośnie pojęcia wolnej woli, zwłaszcza iż fizyka klasyczna jest teorią ściśle deterministyczną. Wydaje się więc, że skoro za zjawiska mentalne odpowiedzialne są struktury o rozmiarach znacząco przewyższających skalę atomową, efekty kwantowe pozostaną tutaj bez znaczenia.

Okazuje się jednak, że mechanika kwantowa oferuje dość kuszącą – i dlatego często proponowaną – drogę ścisłego wprowadzenia indeterminizmu kwantowego jako podstawy uzasadnienia wolnej woli w oparciu o kwantowe modele mózgu<sup>5</sup>. Rzadziej natomiast zaprzęga się do tego celu czysto klasyczne – i dlatego preferowane – modele mózgu, w których traktuje się mózg jako *strukturę dyssypatywną*. W niniejszym opracowaniu przeanalizowane zostaną dotychczasowe badania mózgu przy użyciu teorii chaosu ze szczególnym wskazaniem na ich filozoficzne implikacje dla pojęcia wolnej woli. Podstawowa korzyść, jaka płynie z tego typu podejścia, wynika z możliwości bronienia na jego gruncie stanowiska *kompatybilistycznego*, uniesprzeczniającego wolną wolę z całkowicie deterministycznym fizycznym podłożem mózgu. W ten sposób pojawia się szansa na zharmonizowanie klasycznej struktury pojęciowej etyki z osiągnięciami współczesnej nauki.

---

<sup>5</sup> Zob. np. W.P. Grygiel, *Quantum Mechanics and Its Role in Cognitive Sciences: A Critical Survey* [w:] J. Stelmach, B. Brozek, Ł. Kurek (red.), *Philosophy in Neuroscience*, Copernicus Center Press, Kraków 2013, s. 149–171.



## CHAOS DETERMINISTYCZNY

Podobnie jak wymieniane już powyżej filozoficznie brzemienne pojęcia czasu oraz wolnej woli, pojęcie chaosu również znane było starożytnym Grekom. Jako chaos rozumiano wówczas sytuację całkowitego niezdeterminowania i bezkształtności. Przykładowo, w platońskim micie o stworzeniu świata Demiurg zobrazowany jest jako architekt, który wpatrując się w odwieczne idee, formuje według nich Wszechświat z bezkształtnej, chaotycznej masy<sup>6</sup>. Innymi słowy, chaos równoznaczny jest z brakiem jakiegokolwiek racjonalności. W perspektywie współczesnych nauk natomiast chaos postrzegany jest przeciwnie, jako przejaw szczególnego rodzaju racjonalności, dzięki której przyroda może przejawiać zachowania kreatywne. W takim też sensie chaos posłuży jako uzasadnienie bronionego w niniejszym opracowaniu stanowiska kompatybilistycznego.

Ścisły determinizm, rozumiany jako jednoznaczność określenia stanów przyszłych badanego układu w oparciu o warunki brzegowe i prawo ewolucji, uzyskał swoją ostateczną postać w mechanice klasycznej jako rozwiązanie równań różniczkowych ruchu. W ten sposób wykształcił się również wzorzec przewidywalności, którego ukoronowaniem jest słynny *demon Laplace'a*. Szybko jednak okazało się, że układy klasyczne (niepodlegające kwantowej zasadzie nieoznaczoności Heisenberga) ze swojej natury stawiają istotne bariery tak rozumianej przewidywalności. Nawet tak prosty system jak bilardowe kule przejawia *zachowania chaotyczne*. Oznacza to bowiem, że nieprzewidywalność układu nie zależy od ilości zebranej o nim informacji. Mówiąc krótko, nawet wielka ilość eksperymentów przeprowadzonych na kulach bilardowych nie pozwoliłaby ustalić żadnych widocznych zależności, pomimo że do układu nie zostały wprowadzone z zewnątrz żadne elementy przypadkowości.

---

<sup>6</sup> Platon, *Timajos*, 29A.

Aby ściślej scharakteryzować fizyczne podstawy zachowań chaotycznych, należy wprowadzić pojęcie *przestrzeni fazowej*, która stanowi *przestrzeń stanów* właściwą mechanice klasycznej. Każdy stan układu w takiej przestrzeni zadany jest przez podanie dla pojedynczego punktu sześciu współrzędnych: trzech współrzędnych położenia oraz trzech współrzędnych pędu. Historia dynamiki układu reprezentowana jest w przestrzeni fazowej jako pewna trajektoria i posiada w ten sposób przejrzystą reprezentację geometryczną. Jedną z fundamentalnych cech układów chaotycznych jest bardzo silna (eksponencjalna) zależność przebiegu ich trajektorii od warunków początkowych, w efekcie czego nawet bardzo niewielkie fluktuacje tych warunków mogą prowadzić do drastycznie odmiennych zachowań i utraty przewidywalności. Układy spełniające takie warunki noszą miano *układów niestabilnych*. Trajektorie *układów stabilnych* natomiast pozostają blisko siebie, nawet jeżeli podda się je znacznym fluktuacjom w początkowej fazie ich ewolucji.

Niestabilność układów nie jest jednak jedyną cechą układów chaotycznych, istotne różnice pojawiają się w strukturze samej przestrzeni fazowej. Choć zagadnienie to posiada swoje precyzyjne topologiczne uzasadnienie<sup>7</sup>, to dla pogładowego charakteru prezentacji wystarczy odwołać się do sugestywnej analogii mieszenia ciasta. Mieszenie ciasta posiada dwie składowe: (1) rozwałkowanie oraz następnie (2) zawijanie rozwałkowanego placka na siebie. Przestrzeń fazowa układu chaotycznego zachowuje się tak, jak gdyby poddana została identycznym operacjom. Ważnym ich rezultatem jest praktyczne wyeliminowanie informacji o warunkach początkowych i wygenerowanie w jej miejsce informacji nowej, jako swoistego kreatywnego efektu chaosu. „Rozwałkowanie” przestrzeni fazowej powoduje bowiem znaczne wzmocnienie lokalnych fluktuacji wartości wielkości fizycznych, natomiast zaginanie zbliża daleko od siebie położone trajektorie, w efekcie

---

<sup>7</sup> W.J. Wildman, R.J. Russell, *Chaos: A Mathematical Introduction with Philosophical Reflections*, [w:] R.J. Russell, N. Murphy, A.R. Peacocke, *Chaos and Complexity: Scientific Perspectives on Divine Action*, Vatican Observatory Publications, Vatican City State, 1995, s. 49–90.

czego ginie globalna informacja zawarta w systemie. Ostatecznie więc tylko na samym początku układ jest przewidywalny, w momencie jednak, gdy lokalne fluktuacje opanują cały system, nie można dalej przewidywać jego zachowań. Mówiąc krótko, zerwany zostaje związek przyczynowy pomiędzy przeszłością i przyszłością. Za jedną z miar chaotyczności służy pojęcie entropii, wyrażające średnią szybkość „rozwałkowywania” i „zaginania” przestrzeni fazowej, na skutek czego produkowana jest informacja.

Tak zarysowany mechanizm nosi miano *chaosu deterministycznego*, ponieważ w swojej naturze poszczególne trajektorie układu w przestrzeni opisane są równaniami ściśle deterministycznymi. Zachowania chaotyczne wynikają natomiast z własności odpowiednich przestrzeni fazowych. Do układu nie jest dostarczana żadna informacja z zewnątrz, nie jest on również poddawany żadnym zewnętrznym chaotycznym wpływom, takim jak przykładowo kąpiele termiczne. Czy istnieją zatem jakiegokolwiek przesłanki, aby oczekiwać, iż zachowania chaotyczne przejawiałby również ludzki mózg?

## MÓZG NIEZRÓWNOWAŻONY

Mechanika klasyczna, będąca ucieleśnieniem newtonowskiego ideału teorii deterministycznej i odwracalnej, stanowi wysokiego stopnia idealizację, ponieważ wraz z podjętą w XIX w. analizą przemian cieplnych dostrzeżono ich zdecydowaną jednokierunkowość. Takie układy są układami *dalekimi od stanu równowagi*, gdyż zachodzące w nich przemiany wywoływane są poprzez gradienty odpowiednich potencjałów, skutkujące działaniem sił. Pionierem analizy procesów termodynamicznych dla tego typu układów był, rosyjskiego pochodzenia, belgijski fizykochemik, Ilya Prigogine (1917–2004)<sup>8</sup>. Ujmując rzecz w największym skrócie, układy termodynamiczne w stanie dalekim od równowagi podlegają opi-

---

<sup>8</sup> Popularnonaukowe wprowadzenie do tematu z obszernym komentarzem filozoficznym można znaleźć [w:] I. Prigogine, I. Stengers, *Z chaosu ku porządkowi*, Państwowy Instytut Wydawniczy, Warszawa 1990.

sowi przy pomocy nieliniowych równań różniczkowych, których rozwiązania prowadzą do zachowań chaotycznych, o których mowa była powyżej<sup>9</sup>. Z uwagi na fakt, że układy w stanie dalekim od równowagi pobierają bardzo dużą ilość energii i dużą ilość energii rozpraszają, zwane są *układami dyssypatywnymi*. Najprostszym przykładem stabilnej struktury powstającej w takich warunkach jest wir w rzece. Natomiast do standardowych przykładów podręcznikowych z dziedziny chemii należą tak zwane *reakcje Bietusowa-Żabotyńskiego*, pozwalające gołym okiem obserwować wyłaniające się bogactwo struktur, a także podatność ich przemian na lokalne fluktuacje stężenia czy temperatury. O układach dyssypatywnych mówi się też często w biologii, wskazując przykładowo, że powstanie i rozwój organizmów żywych podporządkowane są prawom termodynamiki nierównowagowej<sup>10</sup>. Co więcej, wysuwa się również hipotezy, iż powstanie życia na Ziemi, jego globalny rozwój i aktualne istnienie warunkowane są prawami dla układów dalekich od stanu równowagi. Mówi się wręcz krótko, że życie jest strukturą dyssypatywną<sup>11</sup>. Przytoczone przykłady wyraźnie pokazują więc, że porządek może wyłaniać się z chaosu na szeregu poziomów złożoności w przyrodzie i układy dyssypatywne dysponują własnym potencjałem samoorganizacyjnym.

Nawiązując obecnie do tematyki niniejszego opracowania, należy postawić pytanie, czy za nierównowagową strukturę dyssypatywną można uznać mózg. Odpowiedź na to pytanie wydaje się na pierwszy rzut oka oczywista, ponieważ skoro życie w globalnym ujęciu kwalifikuje się jako strukturę dyssypatywną, to na pewno prawom tym podlegał będzie również i mózg. Co więcej, istnieje szereg dodatkowych czynników, które na taki stan rzeczy wskazują. Niektóre z tych czynników mają charakter poglądowy

---

<sup>9</sup> Zob. np. K. Gumiński, *Termodynamika procesów nieodwracalnych*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1996, s. 162-172.

<sup>10</sup> Zob. np. ibidem, s. 173-180.

<sup>11</sup> M. Heller, J. Życiński, *Dylematy ewolucji*, Polskie Towarzystwo Teologiczne, Kraków 1990, s. 104-110; M. Heller, *Filozofia przypadku*, Copernicus Center Press, Kraków 2012, s. 273-292.

i łatwo je zidentyfikować nawet w potocznej refleksji. Inne natomiast potwierdzone są specjalistycznymi badaniami neurobiologicznymi.

W obszarze potocznej refleksji zauważyć wprawdzie należy, że dziś mózg powszechnie uważa się za strukturę o najwyższej złożoności, jaka powstała w wyniku działania mechanizmów ewolucyjnych. Musiała zatem istnieć w przyrodzie siła, która uwarunkowała osiągnięcie tak wysokiego stopnia samoorganizacji. Konsekwencją takiej złożoności jest przede wszystkim obawa, czy sformułowanie uogólnionej teorii mózgu jest w ogóle możliwe. Nie dyskwalifikuje to jednak uzasadnionego przypuszczenia, iż równania takiej teorii opisujące dynamikę mózgu posiadają silnie nieliniowy charakter, w efekcie czego spodziewać się należy, że może on przejawiać zachowania chaotyczne.

W kolejności nasuwa się typowo fenomenologiczna obserwacja zużycowania energii na prowadzenie działalności intelektualnej. Nikogo nie trzeba przekonywać, że wysiłek intelektualny wymaga znacznego nakładu energetycznego i nieuchronnie prowadzi do zmęczenia całego organizmu. Pochłaniając więc i rozpraszając energię, mózg działa jako struktura dyssypatywna. Ostatecznie też do listy omawianych czynników zaliczyć należy fundamentalną cechę umysłu, jaką jest jego kreatywność. Jeśli przyjmie się stanowisko fizykalistyczne w kwestii relacji umysł – ciało, to słusznie oczekiwać należy, że kreatywność intelektualna wiązać się musi z kreatywnością na poziomie biologicznym, czemu zadość uczynić mogą zachodzące w mózgu procesy nierównowagowe. Jako szczególnie rodzaj kreatywnego działania mózgu z pewnością potraktować należy czynności wolitywne, ponieważ, zgodnie z uwagami podanymi wcześniej, przejawiający je podmiot musi być ich początkiem.

## NEUROCHAOS

Historia badań zjawisk chaotycznych w układach nerwowych datuje się na początek lat 80. ubiegłego stulecia. Badaniom poddano wówczas króliki, podając im środki zapachowe, co w wyni-

kach EEG ujawniło oscylacje w wysokim przedziale częstotliwości 20–80 Hz. Wyniki te pozwoliły stwierdzić, że aktywność opuszki węchowej jest chaotyczna i może w każdej chwili znaleźć się w dowolnym stanie węchowej percepcji<sup>12</sup>. Nie wchodząc obecnie w szczegóły techniczne, wypada na potrzeby niniejszego opracowania jedynie nadmienić, że istnieją precyzyjne kryteria oceny, czy w otrzymanych wynikach pomiarów mają udział efekty chaotyczne<sup>13</sup>. Zaliczają się do nich między innymi *wyznaczniki Lapunowa*, *entropia* oraz *funkcje korelacji*. Ważnym wnioskiem z przeprowadzonych dotychczas prac jest stwierdzenie, że chaos zauważany jest praktycznie na wszystkich poziomach struktur neuronalnych, począwszy od pojedynczych neuronów, poprzez różnego rozmiaru sieci neuronalne, a na czynnościach całego mózgu skończywszy<sup>14</sup>. Warto więc obecnie bliżej zapoznać się z poszczególnymi osiągnięciami w tej materii, aby dostrzec, że hipoteza mózgu jako struktury dyssypatywnej zyskuje swoje potwierdzenie empiryczne.

Poczynając od struktur neuronalnych o najmniejszym stopniu złożoności, należy wpięrw zwrócić uwagę na zachowanie pojedynczych komórek neuronalnych, a także ich elementów składowych. Okazuje się bowiem, że już na takim poziomie obserwuje się zachowania chaotyczne w prostych wewnątrzkomórkowych pomiarach elektrofizjologicznych, przeprowadzonych dla potencjałów czynnościowych pojedynczych neuronów. Badania takie przeprowadzono dla aksonów neuronów izolowanych z nerwowych tkanek kałamarnicy olbrzymiej<sup>15</sup>. Na podstawie tego podejrzewa

---

<sup>12</sup> S.L. Bessler, W.J. Freeman, *Frequency analysis of olfactory system EEG in cat, rabbit and rat*, EEG Clin. Neurophysiol 50 (1980), s. 9–24.

<sup>13</sup> Zob. np. P. Faure, H. Corn, *Is there chaos in the brain? I. Concepts of nonlinear dynamics and methods of investigation*, C. R. Acad. Sci. Paris. Ser. III 324 (2001), s. 773–793.

<sup>14</sup> Zob. np. H. Corn, P. Faure, *Is there chaos in the brain? II. Experimental evidence and related models*, C. R. Biologies 326 (2003), s. 787–840.

<sup>15</sup> K. Aihara, G. Matsumoto, *Temporally coherent organization and instabilities in squid giant axons*, J. Theor. Biol. 95 (1982), s. 697–720; K. Aihara, G. Matsumoto, *Chaotic oscillations and bifurcations in squid giant axons*, [w:] A.V. Holden (red.), *Chaos*, Princeton University Press, Princeton 1986, s. 257–269.

się, że nieliniowe oscylatory neuronalne połączone elektrycznymi bądź chemicznymi synapsami mogą generować makroskopowe fluktuacje wyładowań neuronalnych mózgu. Zachowania chaotyczne prezentują również całe neurony, jak np. stwierdzono to w przypadku ślimaka morskiego<sup>16</sup>. W takiej sytuacji istnieje podstawa, aby twierdzić, że wyładowania neuronalne mogą być nośnikami informacji w systemach nerwowych<sup>17</sup>.

Przechodząc na wyższy stopień złożoności, prowadzone analizy dotyczą par neuronów oraz małych sieci neuronalnych. Korn i Faure wyraźnie stwierdzają, że neurobiolodzy zgodni są w obserwacji, że zespoły komórek generują zsynchronizowane potencjały czynnościowe. Co więcej, przy odpowiednich geometriach połączeń oraz dobranych własnościach połączeń synaptycznych da się stwierdzić obecność nisko wymiarowego chaosu. Przykładowo, jednych z najbardziej przekonujących dowodów w tej materii dostarczyły prace Makarenki i Llinasa, w których badali oni neurony pochodzące z dolnej części oliwki u świnki gwinejskiej<sup>18</sup>. Na podstawie otrzymanych danych wyznaczyli oni wymiar chaosu jako w przybliżeniu równy 2.85 i stwierdzili synchronizację chaotycznej fazy pomiędzy sąsiadującymi komórkami. Podejmując się szerszego oglądu zagadnienia, Rabinovich wraz ze współpracownikami postawili pytanie o to, na ile tego typu chaotyczne efekty w strukturach neuronalnych służyć mogą realizacji określonych celów w przyrodzie<sup>19</sup>. Ich zdaniem niestabilność wywołana tymi efektami pomaga systemowi nerwowemu przystosować się do szybkich zmian w otoczeniu.

---

<sup>16</sup> G.J. Mpistos, R.M. Burton, H.C. Creech, O.S. Seppo, *Evidence for chaos in spike trains of neurons that generate rhythmic motor patterns*, Brain Res. Bull. 21 (1988), s. 529-538.

<sup>17</sup> D. Perkel, *Spike trains as carriers of information*, [w:] F. Schmidt, The Neurosciences Second Study Program, The Rockefeller University Press, 1970, pp. 587-596; L. Andrey, *Analytical proof of chaos in single neurons and consequences*, [w:] K. Lehnerz, J. Arnold, P. Grassberger, C. Elger (red.), *Chaos in brain?*, World Scientific 1999, s. 247-250.

<sup>18</sup> V. Makarenko, R.R. Llinas, *Experimentally determined chaotic phase synchronization in a neuronal system*, Proc. Natl. Acad. Sci. USA 95 (1998), s. 15747-15752.

<sup>19</sup> M.I. Rabinovich, H.D.I. Abarbanel, *The role of chaos in neural systems*, Neuroscience 87 (1998), s. 5-14.

Kolejnym obszarem badawczym, w którym identyfikuje się znaczącą rolę efektów chaotycznych, jest *szum synaptyczny*. Przejawia się on w postaci wahań potencjału błonowego komórki nerwowej, jako wynik stałego bombardowania sygnałami z komórek presynaptycznych, połączonego z niedokładnością przewodzenia synaptycznego. Zjawiska te przykładowo wykryto w przypadku komórek Mauthnera ryb doskonałokostnych, które stanowią neurony bezpośrednio odpowiedzialne za odruch ucieczki tych ryb<sup>20</sup>. Istnieją również pewne przypuszczenia, że chaos obecny w centralnym systemie nerwowym może stanowić składową tak zwanego *kodu neuronowego*, czyli sposobu, w jaki wewnątrz układu nerwowego przenoszona jest informacja. Okazuje się bowiem, że fluktuacje pojawiające się w synapsach sprzyjają przenoszeniu aktywności neuronalnej do obszaru postsynaptycznego<sup>21</sup>.

Posuwając się dalej w analizie zjawisk chaotycznych w strukturach neuronalnych o wyższym stopniu złożoności, zatrzymać się obecnie wypada nad poszukiwaniami tego typu zjawisk w aktywności kory mózgowej. Jak podkreślają Korn i Faure, pomimo podjęcia licznych wysiłków badawczych, nie odnotowano w tej materii przełomowych osiągnięć. Zgodnie z uwagą poczynioną na początku do pionierskich badań zaliczyć należy testowanie sygnałów EEG u królików podczas rozpoznawania zapachów i uczenia się. Do tego jednak dochodzą dalsze rezultaty, otrzymane w wyniku badań ludzkiego EEG podczas snu, rokujące nadzieję na możliwość określenia dynamiki mózgu, co nie jest możliwe przy pomocy klasycznych metod spektralnych<sup>22</sup>. W bardziej współczesnych podejściach znaczącą rolę odgrywa natomiast analiza sygnałów mózgowych pod kątem chaosu przy pomocy metody niestabilnych orbit periodycznych. Przykładowo, w ten

---

<sup>20</sup> P. Faure, H. Korn, *A nonrandom dynamic component in the synaptic noise of a central neuron*, Proc. Natl. Acad. Sci. USA 94 (1997), s. 6506–6511.

<sup>21</sup> P. Faure, D. Kaplan, H. Korn, *Probabilistic release and the transmission of complex firing patterns between neurons*, J. Neurophysiol., 84 (2000), s. 3010–3025.

<sup>22</sup> A. Babloyantz, J.M. Salazar, G. Nicolis, *Evidence of chaotic dynamics of brain activity during the sleep cycle*, Phys. Lett. A 111 (1985), s. 152–156.



sposób chaos zidentyfikowano w wyładowaniach receptora ogonowego u raków<sup>23</sup>. Pewne korzyści osiąga się również w metodach badania i przewidywania padaczki<sup>24</sup>.

Pomimo podkreślonej niejednokrotnie niepewności wyników dotyczących istnienia efektów chaotycznych w strukturach neuronalnych, wysuwane są hipotezy co do ich istotnej roli w wyższych funkcjach mózgowych, takich jak przetwarzanie informacji, postrzeganie, funkcje ruchowe, pamięć oraz władze poznawcze<sup>25</sup>. Na tym tle zarysowuje się wyraźna polemika dotycząca struktury pamięci z bardziej typowymi ujęciami, opartymi na reprezentacjach i głoszonymi przez zwolenników koncepcji *koneksjonistycznych*<sup>26</sup>. Warto w tym miejscu przypomnieć, iż koncepcje takie opierają się na założeniu, że przetwarzanie informacji w umyśle to działalność dużej liczby małych jednostek funkcjonalnych tworzących wzajemnie połączone sieci na wzór komórek nerwowych połączonych w funkcjonalne sieci w tkance nerwowej. Przekonanie niemałej grupy badaczy co do istotności procesów chaotycznych dla wyjaśniania czynności mózgu na praktycznie wszystkich poziomach jego organizacji prowadzi do zasugerowania ogólniejszego pojęcia, jakim jest *neurochaos*<sup>27</sup>. Przyjęcie hipotezy o dynamicznym charakterze mózgu jako struktury dyssypatywnej pozwala również odnieść się polemicznie do koncepcji mózgu formułowanych w paradygmacie obliczeniowym, mającym swoje źródło w rozumieniu mózgu jako komputera o olbrzymiej mocy obliczeniowej. Mówiąc krótko, *neurochaos* pozwala wskazać istotną jakościową różnicę pomiędzy mózgiem a komputerem.

---

<sup>23</sup> X. Pei, F. Moss, *Characterization of low-dimensional dynamics in the Crayfish caudal photoreceptor*, *Nature* 379 (1996), s. 618–621.

<sup>24</sup> Zob. np. K. Lehnertz, C.E. Elger, *Can epileptic seizures be predicted? Evidence from non-linear time series analysis of brain electrical activity*, *Phys. Rev. Lett.* 80 (1998), s. 5019–5022.

<sup>25</sup> Zob. np. Y. Yao, W.J. Freeman, *Model of biological patterns recognition with spatially chaotic dynamics*, *Neural Networks* 3 (1990), s. 153–170.

<sup>26</sup> Zob. np. W. Bechtel, A. Abrahamsen, *Connectionism and the Mind: An Introduction to Parallel Processing in Networks*, Blackwell, Cambridge 1990.

<sup>27</sup> K. Kanenکو, I. Tsuda, *Complex Systems: Chaos and Beyond: A Constructive Approach with Applications in Life Sciences*, Springer 2001.

## UWAGI PODSUMOWUJĄCE

Przechodząc obecnie do podsumowania prezentacji i analiz badań nad zasadnością opisu funkcji mózgu przy pomocy efektów chaotycznych, wypada się obecnie skupić nad tym, jaką perspektywę wyniki te stwarzają dla lepszego zrozumienia pojęcia wolnej woli w kontekście współczesnych neuronauk. W pierwszym rzędzie należy zauważyć, iż neurochaos stanowi liczącą się alternatywę dla kwantowych modeli umysłu, gdzie istnienie wolnej woli próbowano tłumaczyć z gruntu indeterministycznego charakteru zjawisk kwantowych. W takich podejściach jednak milcząc pomija się fakt, że mechanika kwantowa wraz z centralnym dla niej opisem dynamiki przy pomocy równania Schrödingera jest teorią całkowicie deterministyczną. Indeterminizm pojawia się dopiero w momencie dokonania pomiaru na badanym układzie. Jeżeli więc stany mózgu, odpowiedzialne za jego wyższe funkcje, miałyby być reprezentowane przy pomocy stanów kwantowych, obejmujących większe jego obszary, to ich ewolucja zgodnie z prawami mechaniki kwantowej byłaby całkowicie deterministyczna. Dodatkowo także rozmiar struktur neuronalnych i stopień ich złożoności czyni stabilność takich stanów kwantowych niezwykle mało prawdopodobną ze względu na silne oddziaływania z otoczeniem i natychmiastowe wygaszanie interferencji kwantowych na skutek efektu *dekoherencji*. Neurochaos pozwala zatem na czysto klasyczne potraktowanie dynamiki mózgu, eliminując w ten sposób słusznie podnoszone zarzuty adekwatności opisu kwantowego.

Problematyka kwantowego opisu dynamiki mózgu prowadzi do kluczowego aspektu zagadnienia wolnej woli, jakim jest wskazanie na istnienie początku działania podmiotu, aby takie działanie można było uznać za uprzednio niezdeteminowane żadnymi czynnikami. W przeciwieństwie do mechaniki kwantowej, układy chaotyczne posiadają zdolność do „wyłaniania porządku z chaosu”, co ściślej rozumie się jako możliwość kreatywnego wyłaniania struktur w wyniku konstruktywnego global-

nego wzmocnienia fluktuacji. Jak jednak wskazywano w dyskusji formalnych aspektów układów chaotycznych, wiąże się to również z eliminacją pamięci układu o jego przeszłości, czyli – ściśle mówiąc – zerwaniem deterministycznego charakteru dynamiki. W takim kontekście istnieje realna możliwość osadzenia pojęcia wolnej woli w kontekście fundamentalnie deterministycznej teorii. Wolna wola, jak też i wiele innych funkcji mózgowych, może być wręcz postrzegana jako przejaw kreatywności, co dobrze wpisuje się w preferowany współcześnie pogląd o *emergentnym* charakterze własności układów złożonych. Nawet więc – jak sugerowałby to osławiony eksperyment Libeta – jeśli istnieje funkcja mózgu poprzedzająca świadomość danego działania, to nie jest wcale koniecznym, aby była ona przyczynowo zależna od nieświadomych procesów, które są w stosunku do niej uprzednie na skali czasowej. Neurochaos stwarza więc stosowną platformę do obrony stanowiska *kompatybilistycznego*, wedle którego istnienie wolnej woli można pogodzić z całkowicie deterministycznie funkcjonującym mózgiem na poziomie fizycznym.



## NOTY O AUTORACH



### EDWARD NĘCKA

Jest profesorem zwyczajnym na Uniwersytecie Jagiellońskim, członkiem Senatu tej uczelni. Współpracuje również ze Szkołą Wyższą Psychologii Społecznej w Warszawie. Członek rzeczywisty Polskiej Akademii Nauk, obecnie wiceprezes PAN. Członek kilku międzynarodowych towarzystw naukowych (*European Society for Cognitive Psychology, ESCoP, International Society for Intelligence Research, ISIR*). Zainteresowania badawcze Edwarda Nęcki koncentrują

się wokół problematyki poznawczych mechanizmów różnic indywidualnych, przede wszystkim twórczości i inteligencji. Obecnie realizuje projekt badawczy *Maestro*, poświęcony behawioralnym, poznawczym i neuronalnym mechanizmom samokontroli. Edward Nęcka jest autorem lub współautorem sześciu monografii i dwóch podręczników, a także 133 artykułów i rozdziałów w pracach zbiorowych, w znacznej części opublikowanych w obiegu międzynarodowym. Jego najważniejsze prace ukazały się w czołowych czasopismach psychologicznych (np. *Journal Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition, Personality and Individual Differences, Intelligence, Creativity Research Journal*) i w pracach zbiorowych wydawanych przez renomowane domy wydawnicze (np. Academic Press, Cambridge University Press, Springer, Erlbaum, American Psychological Association). Edward Nęcka wypromował 27 doktorów. Dziewięcioro jego uczniów uzyskało habilitację, z czego jedna – tytuł profesora.



**Dr hab. EWELINA KNAPSKA**

kieruje Pracownią Neurobiologii Emocji w Instytucie Biologii Doświadczalnej PAN im. M. Nenckiego w Warszawie. Zajmuje się badaniem neurobiologicznego podłoża emocji. W szczególności próbuje opisać mechanizmy komórkowe związane z przekazywaniem pobudzenia emocjonalnego, uczeniem się motywowanym nagrodą oraz wygaszaniem strachu u gryzoni, stosując zarówno zaawansowane techniki biologii molekularnej, jak i nowoczesne

techniki niezaburzonego obecnością eksperymentatora monitoringu zachowania zwierząt.



**Ks. dr hab. DAMIAN WĄSEK**

jest wykładowcą teologii fundamentalnej na Uniwersytecie Papieskim Jana Pawła II w Krakowie. W publikacjach poszukuje argumentów za wiarygodnością chrześcijaństwa zarówno dla wyznawców, jak i niewierzących. Jest autorem m.in. monografii: *Koncepcja teologii Piotra Abelarda* (2010) oraz *Nowa wizja zarządzania Kościołem* (2014).



**Ks. dr hab. WOJCIECH P. GRYGIEL**

Adiunkt w Katedrze Filozofii Przyrody Uniwersytetu Papieskiego Jana Pawła II w Krakowie, członek Centrum Kopernika Badań Interdyscyplinarnych w Krakowie. Doktor habilitowany nauk humanistycznych w dziedzinie filozofii (UPJPII), doktor chemii (Binghamton University, USA). Zainteresowania naukowe: filozofia fizyki, filozofia nauki, kwantowa grawitacja oraz nauki kognitywne.