




MAGDALENA KOZHEVNIKOVA

 <https://orcid.org/0000-0001-7484-9638>

Rosyjska Akademia Nauk

Moskwa, Rosja

Żywe – nie żywe: mózgowe organoidy i doświadczenia na zwierzętach

W 2008 roku naukowiec okrzyknięty „pierwszym cyborgiem na świecie”, profesor Kevin Warwick z University of Reading, stworzył robota z żywym mózgiem. Robot, który otrzymał imię Gordon, składał się z dwóch części: nieżywego korpusu i żywego mózgu, które współdziałały ze sobą za pomocą fal radiowych.

„Każde życie jest wcielone” – uważa Monika Bakke¹. „Ciałem” Gordona była prostokątna skrzynka na kółkach, wyposażona w czujniki, swoim kształtem przywodząca na myśl klasyczne wyobrażenia o robotach, jakie znamy z literatury i filmów *science fiction*. „Mózgi” Gordona, było ich bowiem kilka, zostały wyhodowane z neuronów wyizolowanych z embrionów szczurów. Formą nie przypominały ani biologicznego mózgu, ani skrywającej go głowy: szkiełko pokryte elektrodami, na którym w kształcie pierścienia rośnie tkanka mózgową, składająca się z 50–100 tysięcy neuronów szczura, umieszczonych na szkle – multielektrodowej matrycy (multi-electrode array, MEA)².

Szkiełko jest przezroczyste, dlatego mózg okazuje się nagi, bezbronny, wystawiony na pokaz, pozbawiony prywatności. W pewnym sensie przypomina stworzoną niedawno sztuczną macicę: jej egzemplarz doświadczalny, w którym rósł płód owcy, jest zupełnie przezroczysty. W obu przypadkach najbardziej

¹ M. БАККЕ: *Bio-transfiguracje. Sztuka i estetyka posthumanizmu*. Poznań 2012, s. 67.

² *Полуживой Гордон: Робот с мозгом крысы*, „Популярная механика” z 22 sierpnia 2008. Dostępne w Internecie: <https://www.popmech.ru/science/7965-poluzhivoy-gordon-robot-s-mozgom-krysy/> [data dostępu: 18.01.2018]; *Public and Commercial Engagement with brain-computer interfaces* – Impact case study (REF3b). Dostępne w Internecie: https://www.reading.ac.uk/web/files/reas/Public_and_Commercial_Engagement_with_brain-computer_interfaces.pdf [data dostępu: 18.01.2018].

intymne aspekty życia zostały wystawione na ogląd postronnych. Być może obnażony mózg szczurobota jest zapowiedzią władzy nad umysłami, a być może to po prostu wyszukana wiwisekcja obiektu laboratoryjnego. Cel eksperymentu kontrowersyjnego naukowca był jednak relewantny – miał zarówno odpowiedzieć na fundamentalne pytanie o mechanizmy uczenia się i zapamiętywania, jak i przybliżyć ludzkość do wynalezienia terapii chorób neurodegeneratywnych, takich jak choroba Parkinsona lub Alzheimerera.

„Mózgi”, które wyrosły w laboratorium Warwicka, a także mózgowo-organoidy (wychodowane z komórek macierzystych kultury różnego typu komórek mózgowych, współpracujące ze sobą poza organizmem), powstałe w innych laboratoriach, o czym mowa będzie w dalszej części tekstu, można określić mianem „liminalnych form życia”³. Tym terminem oznacza się – za Susan M. Squier – istoty półżywe i półmartwe, niedające się jednoznacznie przypisać do żadnego z tych stanów i przekraczające granice między nimi; istoty, które pojawiły się wraz z postępem biotechnologii – zamrożone embriony, eksperymentalne hybrydowe embriony, komórki macierzyste rozwijające się poza ciałem w dowolny organ, a nawet organy przeznaczone do przeszczepu. „Liminalne życia są powszechnie obecne w środowiskach laboratoriów, choć ich istnienie nie zawsze jest uświadamiane i zauważane przez osoby profesjonalnie z nimi niezwiązane. Jednak już teraz w znacznym stopniu wpływają one na nas samych i niewątpliwie kształtują naszą przyszłość” – zauważa Bakke⁴.

„Mózgi” Gordona są żywe i martwe jednocześnie. W tym miejscu należy zastanowić się nad definicją życia: żywy mózg w żywym ciele to bezsprzecznie żywa istota. Czy można to samo powiedzieć o martwym mózgu w żywym ciele lub żywej głowie pozbawionej ciała? Wystarczy wspomnieć powieść *science fiction* Aleksandra Bielajewa *Głowa profesora Dowella*, eksperymenty radzieckiego fizjologa Siergieja Briuchonienki, w których prezentował „żywą” odciętą głowę psa, czy plany włoskiego chirurga Sergia Canavera w zakresie transplantacji głowy człowieka na nowe ciało. Warto zastanowić się, w jakim stopniu „żywy” jest wyizolowany żywy mózg, tj. hipotetyczny mózg, w którym zachodzą wszelkie kognitywne i analityczne procesy, ale który nie jest schowany w cielesnej powłoce, co uniemożliwia jego komunikację z otoczeniem. Jaki procent mózgu powinien pozostawać żywym, aby mózg uznano za żywy? Jaki obszar mózgu można izolować, aby nadal uważać go za nośnik kognitywnych, analitycznych i innych funkcji? Współczesna biotechnologia stawia przed nami pytania, na które nie ma prostych odpowiedzi.

³ S.M. SQUIER: *Liminal Lives: Imagining the Human at the Frontiers of Biomedicine*. Durham 2004.

⁴ M. BAKKE: *Bio-transfiguracje...*, s. 75.

Stworzone przez Warwicka „mózgi na szkle” okazały się zdolne do kierowania robotem, zapamiętywania przeszkód, gromadzenia doświadczeń. Te prymitywne „mózgi”, protomózgi, wykazywały się indywidualnymi cechami. W rezultacie wiemy, że „mózgi na szkle”, czyli wymienne mózgi robota Gordona, mają zdolność zapamiętywania i uczenia się. Każdy z tych „mózgów” kieruje robotem na swój własny sposób. Czy indywidualne cechy protomózgów oznaczają, że było to coś więcej niż nagromadzenie neuronów, reagujących na bodźce? Czy wobec tego można przyjąć, że mamy tu do czynienia z żywą istotą i porównać ją do laboratoryjnych zwierząt?

Wydawać by się mogło, że nie sposób porównywać poszczególnych tkanek z żywym organizmem, dlatego taki eksperyment jest o wiele bardziej „humanitarny” niż eksperymenty na szczurach, których setki tysięcy przeprowadzane są co roku na świecie. Różnego rodzaju „organy na chipie” pełnią rolę metod doświadczalnych alternatywnych wobec testów na zwierzętach. Co więcej, zostały one uznane za spełniające wszelkie wymogi etyczne. Ludzkie organy na chipie, takie jak wątroba, skóra czy płuca, składają się z tych samych tkanek i komórek, co prawdziwe organy. Żyją na nich nawet te same mikroorganizmy, które zasiedlają nasze ciało. W kontekście etyki zwierząt laboratoryjnych wniosek o słuszności zamiany całego żywego organizmu na organ na chipie jest oczywisty. Pojawia się jednak kluczowe pytanie, czy można analogicznie porównać mózg z pozostałymi organami.

Ponieważ nasza wiedza o mózgu jest wciąż jeszcze niepełna, nie możemy być pewni, co dzieje się w protomózgu. Wątroba lub płuca nie mają świadomości oraz nie czują bólu, a właśnie te dwa aspekty są najważniejszymi argumentami w ramach etyki zwierząt. Zdolność do cierpienia (nie tylko fizycznego, ale i psychicznego) oraz świadomość (niekoniecznie samoświadomość) odgrywają decydującą rolę w sporach wokół dopuszczalności eksperymentowania na zwierzętach.

Świadomość jest pojęciem, co do którego nie ma zgody w środowisku naukowym, i które na przestrzeni wieków było domeną rozważań filozoficznych, a od stosunkowo niedługo czasu należy do obszaru zainteresowania nauk ścisłych. „To rozpowszechnienie naukowych badań świadomości skłania niektórych do twierdzenia, że filozofia miała swoją szansę, aby stworzyć teorię świadomości, niestety nie wykorzyststała jej i teraz powinna ustąpić nauce, która dysponuje już narzędziami pozwalającymi na zmierzenie się z tym problemem” – zauważa Andrzej Klawiter⁵. Wśród mnóstwa podejść i definicji, to właśnie dzięki neuronaukom rozwija się przekonanie, że świadomość nie jest stanem wyłącznie ludzkiego umysłu, że są inne stany świadomości, cechujące także nie-ludzkie

⁵ A. KLAWITER: *Świadomość. Wprowadzenie do współczesnych dyskusji*. W: *Przewodnik po filozofii umysłu*. Red. M. MIĘKOWSKI, R. PO CZOBUT. Kraków 2012, s. 353–394. Dostępne w Internecie: <http://www.staff.amu.edu.pl/~klawiter/klawiter-sw-wprow.pdf> [data dostępu: 18.01.2018].

zwierzęta, a nawet rośliny. „Kluczem do uchwycenia tego rodzaju świadomości jest przytomność, przez którą rozumiemy tutaj stan czuwania, stan gotowości organizmu, jego ośrodkowego układu nerwowego, do odbierania bodźców” – pisze Andrzej Dąbrowski⁶.

W przypadku, gdyby „mózg na szkle” był w jakimkolwiek stopniu świadomy, może być zdolny do cierpienia. Biorąc pod uwagę wiele luk w naszej wiedzy o funkcjonowaniu mózgu, a także zdolności, jakie wykazywały protomózgi stworzone przez Warwicka, nasuwa się wniosek, że – bez względu na pewne zewnętrzne podobieństwo mózgowych i niemózgowych organoid – nie powinno się tych pierwszych rozpatrywać jako alternatywy wobec eksperymentów na zwierzętach. Sam Warwick, planując swój eksperyment, nie kierował się chęcią poprawienia sytuacji zwierząt doświadczalnych: wybierając izolowane neurony embrionów szczurów, chciał mieć pewność, że protomózg powstanie z materiału nieposiadającego żadnych „wspomnień” i będzie prawdziwą *tabula rasa*.

Podobne eksperymenty przeprowadzano także przed Warwickiem, a jego doświadczenia z robotem Gordonem wpisują się w kierunek tworzenia *Neurally-Controlled Animat* (neurokontrolowanych animatów), odgrywający ważną rolę w neuronaukach oraz obszarze badań na sztuczną inteligencją. Na przykład Steve Potter w jednym ze swoich doświadczeń stworzył podobnego robota, kontrolowanego przez neurony pobrane z mózgów szczurów – robota Koala, z kolei w innym eksperymencie (z pogranicza nauki i bio-artu) neurony szczurów kierowały robotem-artystą malującym obrazki („MEART – The Semi Living Artist”)⁷. Warwick podkreślał, że „mózg” Gordona to najprostszy schemat połączeń neuronowych, bardzo „prymitywny”, jednak możliwe, że w przyszłości takie mózgi będą doskonalsze i bardziej skomplikowane.

Kilka lat później eksperymenty toczą się już nad ludzkimi (embrionalnymi) protomózgami. W 2015 roku Rene Anand i Susan McKay stworzyli protomózg z ludzkich komórek skóry. To rozpowszechniona praktyka otrzymywania ludzkich organoid mózgowych: komórki skóry są reprogramowane do stadium pluripotentnych komórek macierzystych, a potem rozwijają się jak komórki embrionalne – różnicują się w różne typy komórek organizmu. Następnie te zróżnicowane komórki są pozbawiane pożywki, czyli – mówiąc kolokwialnie – są „morzone głodem”, w rezultacie czego przeżywają tylko komórki mózgu. To uproszczony opis skomplikowanego biotechnologicznego procesu, który jest powtarzany i doskonalony w wielu laboratoriach na świecie. Protomózg stworzony przez Ananda i McKay, pod względem struktury i funkcjonalności, miał odpowiadać mózgowi 5-tygodniowego embrionu. Jak twierdzą twórcy

⁶ A. DĄBROWSKI: *Podstawowe rodzaje świadomości we współczesnej filozofii naturalistycznej*. „Diametros” 2013, nr 36, s. 30.

⁷ Zob. <http://potterlab.gatech.edu/labs/potter/animat/> [data dostępu: 18.01.2018].

mózgowego organoidu, „to, czego brakuje w tym modelu, to układ naczyniowy. Za to jest rdzeń kręgowy, wszystkie główne obszary mózgu, wiele typów komórek, obwody sygnalizacyjne, a nawet siatkówka”⁸. Naukowcy oświadczają, że bez względu na odbywający się w protomózgu przekaz sygnałów jest on pozbawiony świadomości.

Jürgen Knoblich, austriacki naukowiec, również stworzył mózgowy organoid z komórek skóry, tym razem pacjenta cierpiącego na mikrocefalię. Przeprogramowane komórki rozwijały się w komórki mózgu. W ten sposób naukowcy mają nadzieję na lepsze zbadanie zjawiska mikrocefalii. Badacze ocenili stopień rozwoju stworzonego przez nich „mózgu w próbówce” jako porównywalny z mózgiem 9-tygodniowego płodu⁹.

„Mózgi w próbówce” wyhodowała także Madeline Lancaster, uczennica Knoblich. Ona też wykorzystwała w tym celu komórki skóry. „I podobnie jak zwykle mózgi, każdy składa się z określonych regionów. Jest pomarszczona kora (uważana za siedzibę języka i świadomej myśli), hipokamp (ośrodek emocji i pamięci), pierwotny, koordynujący mięśnie mózdzek i wiele, wiele innych. W sumie są one odpowiednikiem mózgowi dziewięcioletniego dziecka”¹⁰. Lancaster podkreśla, że wyhodowane przez nią mózgi (kilkaset) nie są zdolne do myślenia. Dziennikarka opisująca te badania twierdzi, że „nawet z tymi samymi składnikami, co zwykle mózgi, bez ciała, które dostarczałoby informacji o otaczającym ich świecie, mózgi po prostu nie mogą się normalnie rozwijać”¹¹. A przecież robot Gordon to właśnie mózg podłączony do maszyny, która spełnia funkcję ciała w zakresie otrzymywania sygnałów i przekazywania ich do mózgu. Zatem, jeśli mózg Gordona otrzymuje informacje o otoczeniu i na ich podstawie uczy się oraz zapamiętuje swoje doświadczenia w świecie zewnętrznym, to trudno zrozumieć, skąd bierze się pewność naukowców, że nie zachodzą w nim żadne procesy myślowe i nie ma w nim żadnego rodzaju świadomości.

Z punktu widzenia techniki wszystko jest jasne i dopóki mówimy o biologicznym materiale – wątpliwości nie ma. Jednak eksperyment Warwicka wykazał, że nawet prosty schemat neuronów ma pewne cechy indywidual-

⁸ E. CALDWELL: *Scientist: Most complete human brain model to date is a „brain changer”*. Dostępne w Internecie: <https://news.osu.edu/news/2015/08/18/human-brain-model/> [data dostępu: 18.01.2018].

⁹ *Миниатюрные мозги из стволовых клеток*. Dostępne w Internecie: <http://euro.mednews.ru/2013/08/miniaturnye-mozgi-iz-stvolovykh-kletok/> [data dostępu: 18.01.2018]; S. YOUNG ROJAHN: *Scientists Grow 3-D Human Brain Tissues*. Dostępne w Internecie: <https://www.technologyreview.com/s/518716/scientists-grow-3-d-human-brain-tissues/> [data dostępu: 18.01.2018].

¹⁰ Z. GORVETT: *„We’re growing brains outside of the body”*. Dostępne w Internecie: <http://www.bbc.com/future/story/20161004-were-developing-brains-outside-of-the-body> [data dostępu: 11.01.2018].

¹¹ Ibidem.

ne. „Twórcy Gordona wyhodowali kilka różnych »mózgów« dla robota. Umieszczając je w Gordonie, mogą zmieniać jego »osobowość«. Według Warwicka, różnice między wariantami »mózgu« są wyraźnie zauważalne. Jeden zestaw neuronów łatwo się uczy i reaguje na czynniki otoczenia, inny można nazwać upartym” – podkreślają dziennikarze¹². W innym artykule czytamy: „To zabawne, jak duże są różnice między tymi mózgiami. Ten jest wesoły, ma dużo energii, a o tym wiemy, że nie robi tego, czego od niego chcemy – mówi prof. Warwick”¹³.

Nasuwa się pytanie o etyczną dopuszczalność tworzenia takich protomózgów, związane z problemem określenia granicy, za którą zaczynają się świadomość i podmiotowość. Na tle masowego wykorzystania w laboratoriach na całym świecie milionów żywych i bez wątpienia świadomych zwierząt, to pytanie może wydać się naiwne, lub nawet przesadzone, jednak należy wspomnieć, że postęp technologiczny odbywa się w zawrotnym tempie i często wyprzedza refleksję etyczną. Toteż, nawet jeśli w danym momencie problem ten ma marginalny i czysto hipotetyczny charakter, to nie oznacza, że takim pozostanie w przyszłości. Mózgowe organoidy są doskonałe, tak samo, jak technologie ich produkcji i przechowywania. Być może wkrótce będziemy mieć do czynienia nie tylko z małym fragmentem komórek mózgowych, ale z prawdziwymi mózgiami w miniaturze. I jeśli w stale doskonalonych organoidach mózgowych pojawi się jakaś forma świadomości, to jej cierpienia będą nie mniejsze niż cierpienia eksperymentalnych zwierząt. Ponadto, „gołe” mózgi nie dysponują żadnym sposobem wyrażenia sprzeciwu (ugryźć, uciec), nie mogą wejść w kontakt: są całkowicie ubezwłasnowolnione i analogicznie do osób zupełnie sparaliżowanych, pozostających jednak świadomymi, są „zamknięte” – nie w ciele, ale w swojej bezcielesności. Warto przypomnieć, że dopiero w drugiej połowie XX wieku większość specjalistów zgodziła się, że krzyk, pisk, skulenie i gwałtowne ruchy ciała oznaczają nie automatyczną reakcję zepsutego mechanizmu, ale są wyrazem bólu i cierpienia, co dziś, zaledwie nieco więcej niż pół wieku później, wydaje nam się oczywiste. Myśl o zdolności zwierząt do odczuwania psychicznego cierpienia wciąż nie jest powszechna. W tym kontekście staje się zrozumiałe, że „mózg w probówce” jeszcze na długo może pozostać niezauważonym cierpiącym podmiotem.

W związku z nasuwającymi się wątpliwościami dotyczącymi tworzenia protomózgów konieczne jest sięgnięcie do bioetycznego argumentu „równi pochyłej”, po której niezauważenie zsuwamy się od działań słusznych i dozwolonych do działań nieetycznych. Nawet jeśli we współczesnych mózgowych organoidach nie ma świadomości i uczuć, to całkiem możliwe, że pojawią się one wraz

¹² Ученые скрестили робота с крысой. „Lenta.ru” z 14 sierpnia 2008. Dostępne w Internecie: <https://lenta.ru/news/2008/08/14/biorobot/> [data dostępu: 19.01.2018].

¹³ Szczur w maszynie. Dostępne w Internecie: <http://www.robotyka.com/wiadomosc.php/wiadomosc.520/szczur-w-maszynie> [data dostępu: 19.01.2018].

z doskonaleniem technologii ich tworzenia i przechowywania. Jednak wówczas, przyzwyczajeni, że „mózgi w probówce” to tylko biologiczny materiał, możemy nie zauważyć, że tworzymy „uwięzione” podmioty. Podobna sytuacja została przedstawiona w odcinku *White Christmas* brytyjskiego serialu fantastyczno-naukowego *Czarne lustro*: ludzie kopią swoją świadomość, tworzą cyfrowe kopie samych siebie, aby zrzucić na nie codzienne obowiązki. Te wirtualne klony okazują się autonomicznymi, cierpiącymi istotami, podczas gdy ludzie widzą w nich tylko „inteligentne technologie”, czyli jeszcze jeden gadżet ułatwiający życie. Brak biologicznego ciała w przypadku robota Gordona i innych protomózgów wabi nas w pułapkę prostych analogii: nie ma ciała – nie ma cierpienia, nie ma twarzy – nie ma podmiotu.

Półżywy i półmartwy robot Gordon pozostaje dla nas zagadką. Nie wiemy, co działo się w jego „mózgu” po odłączeniu od maszyny przekazującej sygnały: czy „wyłączył się”, przechodził w stan hibernacji, jak nasze komputery, a może „zasypiał” i śniło mu się to, co działo się z nim w czasie, gdy kierował maszyną. Jaki status może otrzymać Gordon i jemu podobne obiekty badań naukowych, inne „liminalne formy życia”, „cyborgiczne morfy”, jak nazywa je Bakke – status rzeczy, zwierzęcia, rozumnej maszyny, nie-ludzkiego podmiotu? Czy „mózgi w probówkach” to potwory współczesnego doktora Frankenstein, czy zwykłe projekty biotechnologiczne, a może przejaw ludzkiego okrucieństwa i braku szacunku dla innych form życia?

Abstract

Live – not alive:
brain organoids and animal experiments

The article uses the example of Kevin Warwick's robot with the living brain (Robot Gordon) to review the phenomenon of brain organoids creation, one of the applications of which is to replace animals in neurological experiments. However, in this context the question whether it is possible to compare brain and non-cerebral organoids (organ-on-chip) arises. The author thinks that use of an isolated brain is dangerous from the ethical point of view. Along with the progress of technology, laboratory brain organoids are going to become more sophisticated, which can lead to the creation of a conscious subject which suffering will go unnoticed.

Keywords:

brain, consciousness, brain organoids, body, biotechnology, Robot Gordon

Абстракт

Живой – не живой:
мозговые органويدы и опыты на животных

В статье, на примере созданного ученым Кевином Уориком робота с живым мозгом (Робота Гордона), рассматривается феномен создания мозговых органоеидов, одно из применений которых – заменить животных в нейрологических опытах. Однако, появляется вопрос, можно ли сравнивать мозговые и не-мозговые органоеиды (органы-на-чипе). По мнению автора статьи, использование изолированного мозга опасно с этической точки

зрения. Вместе с прогрессом технологий будут усложняться лабораторные мозговые органоиды, что может привести к ситуации, в которой будет создан сознательный субъект, а его страдания останутся незамеченными.

Ключевые слова:

мозг, сознание, мозговые органоиды, тело, биотехнологии, Робот Гордон