
Prolog

Prawdziwi naukowcy nie badają umysłu

Lęk psychologa przed przyjęciami

Naukowcy, jak każda grupa społeczna, mają swoją hierarchię. Psychologowie znajdują się w niej stosunkowo nisko. Odkryłem to już na początku studiów na uniwersytecie. Ogłoszono wówczas, że w ramach pierwszego roku nauk przyrodniczych będzie można wybrać kurs psychologii. Pośpieszyłem więc do opiekuna roku, żeby zapytać, czy wie coś więcej na ten temat.

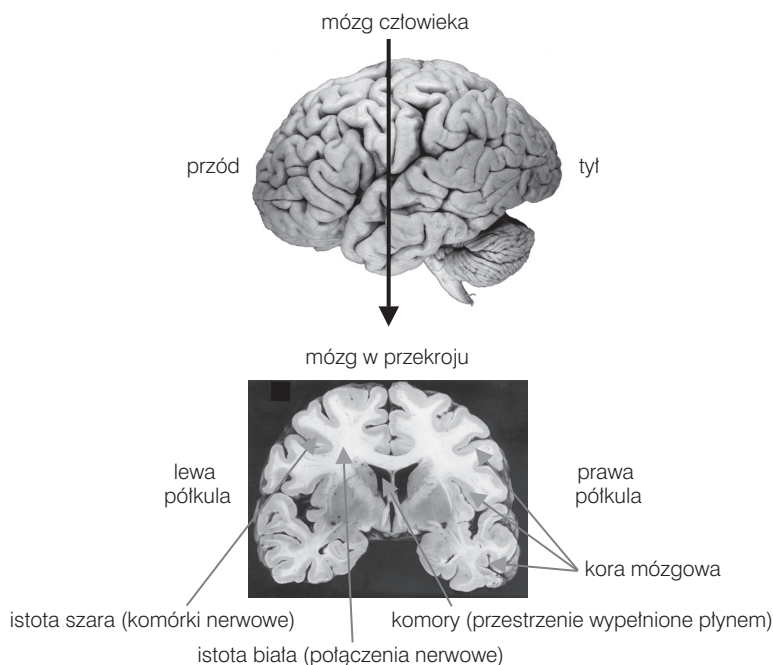
– Owszem – odpowiedział. – Ale nie sądziłem, że któremuś z moich studentów strzeli do głowy genialny pomysł studiowania psychologii. – Sam był fizykiem.

Chyba nie do końca zrozumiałem jego słowa, nie zraziłem się więc tą uwagą. Przeniósłem się z fizyki na psychologię, którą od tamtej pory nieprzerwanie się zajmuję, nigdy jednak nie zapominam o swoim miejscu w szeregu. Na przyjęciach uniwersyteckich zawsze w końcu pada pytanie: „To czym się pan zajmuje?”, a ja dwa razy się zastanawiam, czy odpowiedzieć: „Jestem psychologiem”.

Rzecz jasna, w ciągu ostatnich trzydziestu lat dużo się w psychologii zmieniło. Zapożyczyliśmy wiele pojęć i umiejętności od innych dyscyplin. Badamy nie tylko zachowanie, ale i mózg. Wykorzystujemy komputery do analizy danych i tworzenia metafor działania umysłu¹. Na identyfikatorze uczelnianym mam napisane nie „psycholog”, lecz „neurobiolog poznawczy” (ang. *cognitive neuroscientist*).

– To czym się pan zajmuje? – pyta ktoś, jak mi się zdaje, nowa kierowniczka instytutu fizyki. Niestety, odpowiedź, że jestem neurobiologiem poznawczym, tylko przedłuża sprawę. Próbuje dokładniej wyjaśnić, co właściwie robię, na co moja rozmówczyni stwierdza:

¹ Muszę przyznać, że jest paru twardogłowych, którzy wykluczają, by badania nad mózgiem lub komputerami mogły nam cokolwiek powiedzieć o funkcjonowaniu umysłu.



RYSUNEK P.1 Cały mózg oraz przekrój *post mortem*

Mózg człowieka widziany z boku (u góry). Strzałka wskazuje, w którym miejscu przebiega cięcie przedstawionego na dole przekroju. Zewnętrzna warstwa mózgu (kora) składa się z istoty szarej i jest silnie pofałdowana, co pozwala na zmieszczenie dużej powierzchni w małej objętości. Kora zwiera około 10 miliardów komórek nerwowych.

Źródło: University of Wisconsin-Madison Brain Collection 69-314, <http://www.brainmuseum.org>. Obrazy i preparaty pozyskane dzięki wsparciu finansowemu National Science Foundation oraz National Institutes of Health.

– Aha, to pan jest psychologiem! – I obrzuca mnie charakterystycznym spojrzeniem, które tłumaczę sobie jako: „A nie wolałby się pan zająć prawdziwą nauką?”

Do rozmowy włącza się profesor literatury angielskiej, która zaczyna opowiadać o psychoanalizie. Jedna z jej nowych studentek ma „trudności z zaakceptowaniem Freuda”. Wolę spokojnie wypić drinka, niż wdawać się w dyskusję i tłumaczyć, że Freud to gawędziarz, a jego spekulacje na temat ludzkiego umysłu na ogół nijak się mają do rzeczywistości.

Parę lat temu redaktor „British Journal of Psychiatry” zwrócił się do mnie, zapewne przez pomyłkę, z prośbą o recenzję artykułu z dziedziny freudyzmu. Od razu uderzyła mnie subtelna odmienność od tekstów, jakie zwykle oceniam. Było tam, jak w każdej pracy naukowej, mnóstwo odsyłaczy. Odsyłacze odsyłają

do wcześniej opublikowanych artykułów na ten sam temat. Zamieszczamy je po części po to, by oddać sprawiedliwość naszym poprzednikom, ale przede wszystkim po to, by poprzeć twierdzenia zawarte w naszych własnych pracach. „Nie musisz polegać wyłącznie na moich słowach. Wyczerpujące uzasadnienie moich metod znajdziesz w Box i Cox (1964)”². W artykule freudowskim nie było jednak śladu powoływania się na dowody. Odsyłacze ich nie dotyczyły. Odsyłały do idei. Za ich pomocą można było prześledzić rozwój owych idei wśród różnych zwolenników Freuda, począwszy od słów samego mistrza. Dowodu na słusność jego oryginalnych poglądów nie przedstawiono.

– Freud wywarł może duży wpływ na krytykę literacką – tłumaczą profesor literatury – ale nie był naukowcem. Nie interesowały go dowody. Ja studiuję psychologię w sposób naukowy.

– Czyli – ona na to – za pomocą kleszczy mechanistycznego rozumowania uśmierca pan nasze człowieczeństwo³.

Z obu stron kulturowego podziału otrzymuję tę samą odpowiedź: „Naukowcy nie mogą badać umysłu”. W czym zatem tkwi problem?

Nauka twarda i nauka miękka

Najwyższe szczeble hierarchii społecznej w nauce zajmują tak zwani naukowcy „twardzi”, natomiast dolne – „miękczy”. Twardość⁴ nie jest tu równoznaczna ze stopniem trudności, odnosi się raczej do przedmiotu nauki i rodzaju możliwych do wykonania pomiarów. Rzeczy twarde, takie jak diamenty, mają wyraźnie określone brzegi, które można dokładnie mierzyć. Rzeczy miękkie, jak choćby lody, charakteryzują się nieostrymi krawędziami, a wyniki ich pomiarów mogą zmieniać się w czasie. Nauki twarde, na przykład fizyka czy chemia, badają konkretne rzeczy, które da się mierzyć bardzo precyzyjnie. Na przykład prędkość światła (w próżni) wynosi dokładnie 299 792 458 metrów na sekundę. Atom fosforu jest 31 razy cięższy od atomu wodoru. Te liczby są bardzo ważne. Masy atomowe różnych pierwiastków z układu okresowego zawierają wskazówki na temat subatomowej budowy materii.

Biologia była niegdyś nauką „miększą” niż fizyka czy chemia, ale zmieniło się to radykalnie wraz z odkryciem, że geny składają się ze ściśle określonych

² Wiercie lub nie, ale jest to prawdziwy odsyłacz do ważnej metody statystycznej umieszczonej na końcu książki.

³ Moja rozmówczyni jest specjalistką od twórczości australijskiej pisarki Elizabeth Costello.

⁴ Angielskie słowo *hard* oznacza zarówno „twardy”, jak i „trudny” (przyp. tłum.).

sekwencji par zasad w cząsteczkach DNA. Na przykład gen białka prionowego owiec liczy 960 par zasad, poczynając od ctgcagactttaagtattcttacgtgggc i tak dalej.

W konfrontacji z taką dokładnością pomiaru muszę przyznać, że psychologia jest bardzo miękka. Najślynniejsza liczba w tej dziedzinie to siedem – tyle pozycji może przechowywać pamięć robocza⁵. Ale nawet ta wartość jest jedynie orientacyjna. Tytuł oryginalnego artykułu George’a Millera z 1956 roku brzmiał: *The Magical Number Seven, Plus or Minus Two* (Magiczna liczba siedem, plus minus dwa). Zatem zakres zmienności najlepszego pomiaru, jaki udało się uzyskać psychologom, wynosi prawie 30 procent. Pojemność pamięci roboczej może różnić się w zależności od momentu pomiaru oraz badanej osoby. Mniej liczb zapamiętam, kiedy jestem zmęczony lub zdenerwowany. Jako użytkownik języka angielskiego zapamiętam ich więcej niż osoba posługująca się językiem walijskim⁶.

– Dziwi to pana? – pyta profesor literatury. – Ludzkiego umysłu nie da się przyszpilić jak motyla w gablocie. Każdy z nas jest inny.

Nie w tym rzecz. Oczywiście, że każdy z nas jest inny. Ale pewne właściwości umysłu są wspólne dla wszystkich. Właśnie te podstawowe cechy próbują odkryć psychologowie. Identyczne problemy mieli chemicy z badanymi przez siebie próbkami skał, dopóki w XVIII wieku nie odkryto pierwiastków chemicznych. Każda skała była inna. W porównaniu z naukami twardymi, psychologia miała dotychczas niewiele czasu, by odkryć, co i jak ma mierzyć. Jako dyscyplina naukowa istnieje zaledwie od ponad stu lat. Jestem przekonany, że z czasem psychologowie znajdą odpowiedź na pytanie, co mierzyć, i stworzą narzędzia umożliwiające bardzo precyzyjne pomiary.

Nauka twarda – obiektywna, nauka miękka – subiektywna

Mój optymizm wynika z wiary w niepowstrzymany postęp nauki⁷. Jednak w przypadku psychologii może on być nieuzasadniony, gdyż tu przedmiot pomiarów jest zasadniczo inny.

⁵ Pamięć robocza stanowi formę aktywnej pamięci krótkotrwałej. Jest to ten rodzaj pamięci, którego używamy, gdy próbujemy zapamiętać numer telefonu bez zapisywania. Psychologowie i neurobiologowie intensywnie zajmują się pamięcią roboczą, ale jak dotąd brak między nimi zgody w sprawie definicji przedmiotu ich badań. (W języku polskim używa się również terminu „pamięć operacyjna” – przyp. tłum.).

⁶ To stwierdzenie nie jest wyrazem antywalijskich uprzedzeń, lecz jednym z wielu ważnych odkryć, jakich dokonali psychologowie, badając pamięć roboczą. Użytkownicy języka walijskiego zapamiętują mniej liczb, ponieważ ciągi liczb w tym języku wymawia się dłużej niż w angielskim.

⁷ Wiary tej nie podziela profesor literatury.

Pomiary w naukach twardych mają charakter obiektywny. Można je zweryfikować. „Nie wierzysz, że prędkość światła wynosi 299 792 458 metrów na sekundę? Proszę bardzo, tu masz sprzęt. Zmierz sam”. Do wykonywania pomiarów używamy przyrządów, dlatego każdy może odczytać liczby ze wskaźników, wydruków czy ekranu komputera. Ale w badaniach psychologicznych przyrządami pomiarowymi są sami psychologowie lub badani przez nich ochotnicy. Takie pomiary są subiektywne. Nie można ich zweryfikować.

Oto prosty eksperyment psychologiczny. Programuję komputer tak, żeby na ekranie widoczne było pole czarnych kropek, które stale przesuwa się z góry na dół. Wpatruję się w ekran przez minutę lub dwie. Następnie naciskam klawisz Esc i kropki zatrzymują się. Obiektywnie przestały się poruszać. Mogę przyłożyć koniec ołówka do jednej z nich i upewnić się, że jest nieruchoma. Mam jednak bardzo silne subiektywne wrażenie, że kropki nadal przesuwały się powoli w górę⁸. Gdybyś w tym momencie wszedł do pokoju, zobaczyłbyś na ekranie nieruchome punkty. Mogłbym ci powiedzieć, że zdają się one przemieszczać do góry, ale jak miałbyś to sprawdzić? Wrażenie ruchu istnieje wyłącznie w mojej głowie.

Oczywiście każdy może doświadczyć takiego złudzenia. Gdybyś przez minutę lub dwie obserwował przesuujące się kropki, to widziałbyś ruch również w znieruchomiałych kropkach. Ale tym razem odbywa się on w twojej głowie i ja nie mogę tego sprawdzić. Wieloma doświadczeniami nie możemy się dzielić. Mnie na przykład, gdy wybieram się na przyjęcie, zawsze przypomina się twarz pani profesor, z którą spierałem się na temat Freuda. Co to za doświadczenie? Czy rzeczywiście mam obraz jej twarzy? Czy pamiętam samo zdarzenie, czy tylko to, jak o nim pisałem? Takich doświadczeń nie da się zweryfikować. Jak zatem mogą być one podstawą badań naukowych?

Prawdziwy naukowiec chce sam, niezależnie, zweryfikować pomiary przedstawiane przez kogoś innego. *Nullius in verba* to motto Towarzystwa Królewskiego w Londynie: „Nie wierz w to, co mówią inni, choćby byli największymi autorytetami”⁹. Gdybym kierował się tą zasadą, musiałbym przyznać, że naukowe badanie twojego życia umysłowego jest niemożliwe, bo jestem zdany na twój opis twoich wewnętrznych przeżyć.

Przez krótki czas psychologowie pretendowali do miana prawdziwych naukowców i zajmowali się wyłącznie zachowaniem: dokonywali obiektywnych

⁸ Zjawisko to nazywane jest efektem wodospadu lub powidokiem ruchowym. Jeśli przez minutę czy dwie będziesz wpatrywać się w wodospad, a następnie popatrzyś na krzewy rosnące obok, to odniesiesz nieodparte wrażenie, że przesuwały się one do góry, choć jednocześnie nie masz wątpliwości, że pozostają w tym samym miejscu.

⁹ *Nullius addictus iurare in verba magistri*: „Nie muszę przysięgać na słowa mistrza”. Horacy, *Epistulae*.

pomiarów takich zjawisk, jak ruchy, naciskanie guzików i czasy reakcji¹⁰. Ale badanie zachowania to za mało, bo pomija wszystko, co najciekawsze w ludzkim doświadczeniu. Wszyscy wiemy, że nasze życie wewnętrzne jest tak samo realne jak życie w świecie fizycznym. Odrzucenie przez ukochaną osobę jest równie bolesne jak oparzenie się gorącym żelazkiem¹¹. Trening w wyobraźni może przynieść poprawę wyników, którą da się obiektywnie zmierzyć. Jeśli na przykład będziesz wyobrażała sobie, że ćwiczysz na pianinie konkretny utwór, to naprawdę zaczniesz go nieco lepiej grać. Dlaczego więc nie miałbym przyjąć twojej deklaracji, że wyobrażałaś sobie granie na pianinie? My, psychologowie, teraz znowu zajmujemy się doświadczeniami subiektywnymi: spostrzeżeniami, wspomnieniami, zamiarami. Problem jednak pozostaje ten sam: badane przez nas zjawiska umysłowe mają zupełnie inny status niż zjawiska fizyczne, którymi zajmują się inni naukowcy. O tym, co jest w twoim umyśle, mogę dowiedzieć się tylko od ciebie. Naciskasz przycisk, żeby powiedzieć mi, że widzisz czerwone światło. Mówisz mi, jaki dokładnie jest odcień tej czerwieni. Ale nie mogę dostać się do twojego umysłu i sprawdzić czerwoności twojego wrażenia.

Dla mojej przyjaciółki Rosalind cyfry mają określony układ w przestrzeni, a dni tygodnia – określone kolory (rys. IB1, ilustracje barwne). Ale czy nie są to zwykłe metafory? Sam nie mam takich doświadczeń. Dlaczego miałbym jej wierzyć, kiedy mówi, że są to bezpośrednie wrażenia zmysłowe i że nie ma na nie wpływu? Zdolność mojej przyjaciółki to przykład czegoś w świecie umysłowym, czego nigdy nie będę mógł zweryfikować.

Czy wielka nauka może uratować naukę miękką?

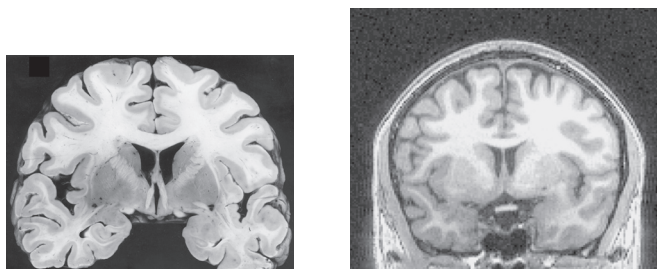
Nauka twarda staje się wielką nauką, kiedy zaczyna korzystać z bardzo drogich urządzeń pomiarowych. Nauki o mózgu stały się wielkie w ostatnim ćwierćwieczu XX wieku wraz z wprowadzeniem skanerów do badania mózgu. Takie urządzenie kosztuje zwykle ponad milion funtów. Szczęśliwym trafem – dzięki temu, że znalazłem się we właściwym miejscu we właściwym czasie – mogłem używać tych urządzeń, jak tylko stały się dostępne w połowie

¹⁰ Chodzi o behawiorystów, których najsłynniejszymi przedstawicielami byli John Watson i B. F. Skinner. Żarliwość, z jaką rozpowszechniali swoje podejście, świadczy raczej o jego niedostatkach. Jeden z moich wykładowców w college'u był zagorzałym behawiorystą, później jednak został psychoanalitykiem.

¹¹ Badania z użyciem technik obrazowania mózgu wskazują, że zarówno w przypadku bólu fizycznego, jak i bólu spowodowanego wykluczeniem społecznym, aktywne są te same regiony mózgu.

lat 80. XX wieku¹². Pierwsze maszyny działały na tej samej zasadzie co tradycyjne aparaty rentgenowskie. Dzięki nim można zobaczyć kości wewnątrz ciała, ponieważ mają one o wiele większą gęstość niż skóra i tkanki miękkie. Promieniowanie w niewielkim stopniu przenika przez kości, w dużo większym zaś przez tkanki miękkie. Podobne różnice gęstości występują w mózgu. Kości czaszki mają bardzo dużą gęstość, tkanka mózgowa zaś o wiele mniejszą, tak jak tkanki miękkie ciała. Wewnątrz mózgu znajdują się przestrzenie (komory) wypełnione płynem, których gęstość jest najmniejsza. Przełomowe znaczenie miało opracowanie techniki tomografii komputerowej (ang. *computerized axial tomography*, CAT) oraz skonstruowanie tomografu. To urządzenie wykorzystuje promieniowanie rentgenowskie do pomiaru gęstości tkanki, a następnie rozwiązuje ogromny zbiór równań matematycznych (co wymaga potężnego komputera), aby utworzyć trójwymiarowy obraz mózgu (lub innej części ciała), odzwierciedlający wykryte zróżnicowanie gęstości. Po raz pierwszy można było zobaczyć wewnętrzną strukturę mózgu żyjącego człowieka.

Kilka lat później powstała jeszcze lepsza technika, zwana obrazowaniem metodą magnetycznego rezonansu jądrowego (ang. *magnetic resonance imaging*, MRI). Nie wykorzystuje się w niej promieniowania rentgenowskiego, lecz fale radiowe i bardzo silne pole magnetyczne¹³. W przeciwieństwie do urządzeń



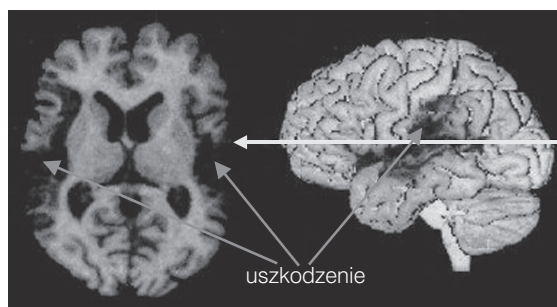
RYSUNEK P.2 Skan strukturalny (MRI) a zdjęcie przekroju *post mortem*

Zdjęcie z lewej przedstawia przekrój mózgu wyjętego po śmierci z czaszki. Zdjęcie z prawej pochodzi z badania żyjącego ochotnika, przeprowadzonego metodą rezonansu magnetycznego (ang. *magnetic resonance imaging*, MRI).

Źródło: Functional Imaging Laboratory; podziękowania dla Chloe Hutton.

¹² Decyzja Medical Research Council o zamknięciu Clinical Research Centre, w którym przez wiele lat pracowałem nad problemem schizofrenii, stała się dla mnie bodźcem, żeby zaryzykować poważną zmianę w swojej karierze psychologicznej. Później zarówno MRC, jak i Wellcome Trust wykazały się wielką dalekowzrocznością, stawiając na nowe techniki obrazowania mózgu.

¹³ Nie, tak naprawdę nie rozumiem, jak działa MRI, ale jest pewien fizyk, który się na tym zna. J. P. Hornak, „The Basics of MRI”, <http://www.cis.rit.edu/htbooks/mri/index.html>.



RYSUNEK P.3 Skan MRI ujawniający uszkodzenie (leżę) mózgu

Pacjent doznał dwóch następujących po sobie udarów, w wyniku których uszkodzone zostały lewa i prawa kora słuchowa. Uszkodzenie wyraźnie widać na skanie z rezonansu magnetycznego.

Źródło: Rysunek 2 w: Engelen, A., Huber, W., Silbersweig, D., Stern, E., Frith, C. D., Doring, W., Thron, A., Frackowiak, R. S. (2000). The neural correlates of “deaf-hearing” in man: Conscious sensory awareness enabled by attentional modulation. *Brain*, 123 (cz. 3), 532–545. Wykorzystano za zgodą.

rentgenowskich skaner MRI nie stanowi żadnego zagrożenia dla zdrowia. Jest też o wiele bardziej czuły na różnice gęstości niż skaner CAT, a na wytworzonych przez niego obrazach da się wyróżnić rozmaite rodzaje tkanki mózgowej. Uzyskiwane za pomocą MRI obrazy żywego mózgu mają taką samą jakość jak zdjęcia mózgu martwego, który wyjęto z czaszki, zakonserwowano za pomocą substancji chemicznych i pocięto na plastry.

Strukturalne obrazowanie mózgu miało ogromne znaczenie dla rozwoju medycyny. Uszkodzenia tego narządu – powstałe w wyniku wypadku samochodowego, udaru czy też rozwoju guza – mogą być przyczyną zmian w zachowaniu, na przykład poważnej utraty pamięci, a nawet radykalnej zmiany osobowości. Przed wynalezieniem skanerów jedynym sposobem zlokalizowania uszkodzenia mózgu było otwarcie czaszki i zajrzenie do środka. Robiono to najczęściej po śmierci, ale czasami również za życia, kiedy konieczna była operacja neurochirurgiczna. Dzisiaj skanery mózgu potrafią w piętnaście minut precyzyjnie zlokalizować uszkodzenie, a pacjent przez ten czas musi jedynie nieruchomo leżeć.

Strukturalne obrazowanie mózgu to twarda i wielka nauka w jednym. Oparte na nowych technikach pomiary anatomiczne są bardzo precyzyjne i obiektywne. Jak takie pomiary mają się do problemu psychologii?

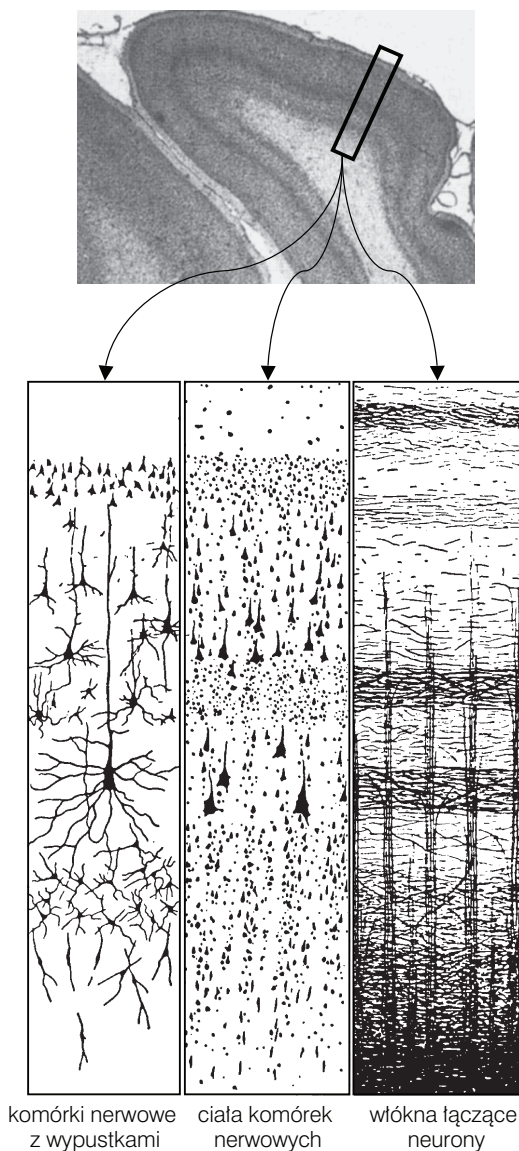
Pomiar aktywności umysłowej

Zbawienne dla problematycznego statusu psychologii okazało się wprowadzenie nie *strukturalnych* skanerów mózgu, lecz skanerów *czynnościowych* (*funkcjonalnych*), które wynaleziono kilka lat później. Skanery te wykrywają zużycie energii przez mózg. Bez względu na to, czy śpimy, czy czuwamy, 85 miliardów komórek nerwowych (neuronów) w naszym mózgu nieustannie przesyła sobie nawzajem informacje, a to wiąże się ze zużyciem energii. Mózg konsumuje około 20 procent energii naszego ciała, choć sam stanowi jedynie 2 procent jego masy. W nim znajduje się sieć naczyń krwionośnych, za pomocą których dystrybuowana jest energia w postaci tlenu transportowanego przez krew. Najwięcej energii trafia do tego regionu, który w danej chwili jest najbardziej aktywny. Kiedy słuchamy, najaktywniejszą częścią mózgu są dwa obszary po bokach, w których neurony odbierają informacje bezpośrednio z uszu (rys. IB2, ilustracje barwne). Wzrost aktywności neuronów w tym obszarze pociąga za sobą lokalny wzrost dopływu krwi. Związek między aktywnością mózgu a miejscowymi zmianami w przepływie krwi znany był fizjologom już ponad sto lat temu, ale przed wynalezieniem skanerów nie było możliwe wykrywanie takich zmian¹⁴. Skanowanie aktywności mózgu (emisyjna tomografia pozytonowa, ang. *positron emission tomography*, PET, oraz funkcjonalne obrazowanie metodą rezonansu magnetycznego, ang. *functional magnetic resonance imaging*, fMRI) wykrywa zmiany w przepływie krwi, wskazujące, który region mózgu jest w danej chwili najaktywniejszy.

Największą wadą skanerów mózgu jest dyskomfort badanych. Trzeba leżeć na wznak przez około godzinę, starając się ani razu nie poruszyć. W skanerze nie ma co robić, można co najwyżej myśleć, a i to w przypadku fMRI jest raczej trudne, bo w środku panuje taki hałas, jakby ktoś włączył ci przy głowie mały młot pneumatyczny. W jednym z pierwszych badań z użyciem prymitywnej wersji skanera PET poproszono ochotników, żeby wyobrazili sobie, że wychodzą z domu, a potem na każdym skrzyżowaniu skręcają w lewo¹⁵. Ta czysto umysłowa czynność wystarczyła, by zaktywizować wiele obszarów mózgu.

¹⁴ W 1928 roku u pewnego człowieka stwierdzono anomalię w ukrwieniu tylnej części mózgu. Kiedy otwierał on i zamykał oczy, można było usłyszeć zmiany w przepływie krwi w obszarze wzrokowym jego mózgu.

¹⁵ Te pionierskie badania przeprowadzono w Skandynawii. David Ingvar i Niels Lassen opracowali pierwszą metodę funkcjonalnego skanowania mózgu u ludzi. W pierwszym eksperymencie wstrzyknęli sobie nawzajem materiał radioaktywny w tętnice szyjne! Później Per Roland, za pomocą bardziej przyjaznej dla ochotników wersji tej techniki, obserwował aktywność mózgu, kiedy badani wyobrażali sobie, że wychodzą z domu.



RYSUNEK P.4 Kora mózgowa i komórki

Kora oglądana pod mikroskopem – prezentacja trzech różnych aspektów budowy komórek nerwowych.

Źródło: Rysunek 11.2 w: Zeki, S. (1993). *A vision of the brain*. Oxford: Blackwell; Rysunek E1-3 w: Popper, K. R., Eccles, J. C. (1977). *The self and its brain*. London: Routledge & Kegan Paul.