

Dariusz Wilk

Nowoczesne metody badania aktywności mózgu – możliwości i ograniczenia w badaniach reakcji psychofizjologicznych

Wstęp

Ślady pamięciowe oraz emocjonalne są pozostałościami uczestnictwa w zdarzeniu i mogą być podstawą do wykrycia lub identyfikacji jego sprawcy. W mózgu rejestrowane są szczegóły i spostrzeżenia związane ze zdarzeniem wraz z towarzyszącymi im emocjami. Gdy podczas zdarzenia doświadczane były intensywne emocje, usuwanie takich śladów z mózgu nie następuje szybko i łatwo¹. Badanie śladów pamięciowych i emocjonalnych polega na analizie zachodzących w organizmie człowieka zmian fizjologicznych, które towarzyszą stanom emocjonalnym będącym odpowiedzią na wyselekcjonowane bodźce związane ze zdarzeniem. Emocje bowiem wywołuje działający na osobę bodziec zewnętrzny, który ma dla niej istotne subiektywne znaczenie². Źródłem pobudzenia psychofizjologicznego rejestrowanego w trakcie badania są procesy poznawcze oraz emocjonalne człowieka. Od lat 70. w polskiej praktyce śledczej reakcje psychofizjologiczne badane są za pomocą wariografu (poligrafu).

Jednakże w światowej nauce znane są także inne metody badania reakcji psychofizjologicznych, które zostały opracowane i udoskonalone wraz z rozwojem nauk przyrodniczych oraz systemów informatycznych. W tabeli 1 zestawiono aktualnie znane instrumentalne metody wykorzystywane m.in. w badaniach nad śladami pamięciowymi i emocjonalnymi w ujęciu kryminalistycznym. Dla wszystkich wymienionych metod prowadzone są nadal prace nad poprawą ich skuteczności. Wśród nich najbardziej interesujące wydają się być diagnostyczne metody medyczne, za pomocą których badany jest centralny układ nerwowy. Dzięki nim możliwe jest analizowanie procesów bezpośrednio zachodzących w mózgu.

Niniejsza publikacja jest krótkim komentarzem do trzech metod badania aktywności mózgu, tj. elektroencefalografii (EEG), funkcjonalnego rezonansu magnetycznego (fMRI) i pozytonowej tomografii emisyjnej (PET). Oceniono je, w szczególności biorąc pod uwagę ich skuteczność, możliwości oraz ograniczenia w badaniu reakcji psychofizjologicznych. Za miernik ich skuteczności obrało poziomy prawidłowych wskazań oraz błędów, które są uzyskiwane dla danej metody w trakcie badań testowych (terenowych lub laboratoryjnych³). Na tej podstawie

można oszacować wartość diagnostyczną metody⁴. Jej znajomość jest jednym z koniecznych warunków dopuszczenia nowej metody naukowej i uznania jej za wiarygodny środek dowodowy przez judykaturę⁵.

Skuteczność wariografu (poligrafu) w wykrywaniu osób na podstawie śladów emocjonalnych i pamięciowych

Na początku warto krótko scharakteryzować wariograf, zwany także poligrafem, który jest najlepiej poznaną metodą badania śladów emocjonalnych i pamięciowych. Stanowić on będzie punkt odniesienia dla metod analizowanych w dalszej kolejności. Wariograf to urządzenie złożone z kilku czujników, przez które analizuje się zazwyczaj zmiany przebiegu trzech procesów fizjologicznych, a mianowicie: oddychania, krążenia, przewodnictwa skórnego. Istota badania wariograficznego polega na ujawnianiu i rejestrowaniu zmian w aktywności fizjologicznej i emocjonalnej wywołanych działaniem na osobę badaną bodźcami, które dla sprawcy powinny mieć istotne subiektywne znaczenie. Dobór bodźców oraz sposób przeprowadzenia badania jest determinowany wyborem metodyki badawczej. W zasadzie można wyróżnić dwa rodzaje metodyk prowadzenia badań wariograficznych: test pytań kontrolnych CQT (*Control Question Test*) oraz test wiedzy winnego GKT (*Guilty Knowledge Test*).

W trakcie testu przeprowadzanego według metodyki CQT zadaje się pytania krytyczne (związane ze zdarzeniem), obojętne (niezwiązane ze zdarzeniem) oraz kontrolne (dotyczące innego kłopotliwego zdarzenia, a dokładniej – zaprojektowane w taki sposób, aby u osoby niezwiązanej ze zdarzeniem wywołały większą reakcję niż na pytania krytyczne, zaś u osoby związanej ze zdarzeniem – mniejszą⁶). Metodyka jest krytykowana w literaturze m.in. ze względu na to, że jest nastawiona na „wykrywanie nieszczeroci”⁷ oraz z powodu luk w uzasadnieniu naukowym i braku jasnych podstaw teoretycznych powstawania reakcji psychofizjologicznych świadczących o związku ze zdarzeniem⁸. Testy prowadzone według metodyki CQT dosyć dobrze wykrywają sprawców. Jednakże przez swoją bezpośredniość i ofensywność mogą

Tabela 1.

**Podział metod instrumentalnych, które są stosowane lub mogą być zastosowane
w badaniu reakcji psychofizjologicznych.**

Instrumental methods which are or can be potentially used in physiological reaction investigations

Metoda instrumentalna	Nazwa w języku angielskim (ew. skrót)	Badane zmiany fizjologiczne
Wariografia (poligrafia)	Polygraph	zmiany w pracy układu oddechowego, układu krążenia, elektryczne zmiany przewodnictwa skórniego
Elektroencefalografia	Electroencephalography (EEG)	zmiany aktywności mózgu
Funkcjonalny rezonans magnetyczny	Functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI)	zmiany aktywności mózgu
Pozytonowa tomografia emisyjna	Positron emission tomography (PET)	zmiany aktywności mózgu
Termowizja	Thermal imaging	zmiany temperatury twarzy
Okulografia	Eye tracking	ruchy gałek ocznych
Analizatory głosu	Voice Stress Analysis (VSA)	barwa dźwięku, intonacja głosu
System kodowania ruchów twarzy	Facial Action Coding System (FACS)	mikroekspresje mimiczne twarzy

źródło (tab. 1, 3): opracowanie własne

wywoływać pobudzenie emocjonalne podczas odpowiedzi na pytanie krytyczne także u osoby niezwiązanej ze zdarzeniem i w efekcie doprowadzić do popełnienia błędu fałszywie pozytywnego, co potwierdzają wyniki wielu badań naukowych (tab. 2).

Testy prowadzone według metodyki GKT polegają na ujawnianiu reakcji psychofizjologicznych osoby badanej w trakcie prezentowanych bodźców związanych ze szczegółami zdarzenia. Podczas badania prezentowana jest seria testów, z których każda dotyczy innego elementu *modus operandi*. Przy spełnieniu odpowiednich warunków¹⁰, można założyć, że osoby niezwiązane ze zdarzeniem i tym samym nieposiadające wiedzy na temat szczegó-

łów jego przebiegu nie powinny reagować psychofizjologicznie na bodziec krytyczny, a więc szczególnie zdarzenia, który dla sprawcy powinien być subiektywnie istotny. Z kolei osoby związane ze sprawą powinny wykazywać zwiększoną aktywność psychofizjologiczną na bodziec krytyczny, zgodnie z tym co zapamiętały w trakcie zdarzenia. Najważniejszą cechą metodyki GKT jest znacznie niższy poziom błędów fałszywie pozytywnych w porównaniu z metodyką CQT. Świadczy to o tym, że chroni ona osoby niemające związku ze zdarzeniem i nieposiadające o nim wiedzy. Jednakże metodyka GKT gorzej wykrywa osoby w rzeczywistości związane ze sprawą. Potwierdza to wysoki poziom wskazań fałszywie negatywnych (tab. 2).

Tabela 2.

Uśrednione wyniki dla wariograficznych badań przeprowadzonych w warunkach laboratoryjnych oraz terenowych metodyką CQT i GKT

Averaged results from Polygraph tests (CQT and GKT) performed in laboratory and field conditions

Metodyka	Rodzaj badań	Wskazania [%]			
		Prawdziwie		fałszywie	
		pozytywne	negatywne	pozytywne	negatywne
CQT	laboratoryjne	77	73	12	8
	terenowe	86	62	26	11
GKT	laboratoryjne	82	94	6	18
	terenowe	59	96	3	41

źródło: opracowanie własne na podstawie danych z: A. Vrij: Detecting Lies and Deceit. Pitfalls and Opportunities, John Wiley & Sons Ltd, Chichester 2009, s. 317–328, 351–355.

Można zauważyć, że mimo prowadzonych przez wiele lat badań i rozwoju metodyk badań wariograficznych, nie są one niezawodne. Jednakże w literaturze przedmiotu podnosi się, że badania wariograficzne prowadzone we właściwych warunkach i przez kompetentnych ekspertów mają wartość diagnostyczną na poziomie innych akceptowanych metod identyfikacji stosowanych w kryminalistyce¹¹.

Zastosowanie elektroencefalografii (EEG) w badaniach reakcji psychofizjologicznych

Elektroencefalografia jest rutynowo stosowana w diagnostyce medycznej. Metoda EEG pozwala na śledzenie procesów bezpośrednio zachodzących w mózgu. W trakcie badania rejestrowane i analizowane są zmiany potencjału elektrycznego mózgu, które pojawiają się w trakcie czynności poznawczych człowieka. Wynikają one ze zmian aktywności neuronów kory mózgowej i po odpowiednim wzmocnieniu tworzą zapis fal mózgowych. Zgodnie z założeniem metody aktywność neuronów zwiększa się podczas percepcji bodźca istotnego dla osoby badanej¹².

Metoda EEG jest rozwijana od lat 80. XX wieku do badania reakcji psychofizjologicznych dla celów kryminalistycznych. Została ona opatentowana przez L. Farwella i znana jest pod komercyjną nazwą Brain Fingerprinting. Podczas badania analizowana jest tzw. wieloaspektowa odpowiedź EEG odnosząca się do pamięci i kodowania MERMER (*memory and encoding related multifaceted electroencephalographic response*). Ukazuje się ona podczas percepcji bodźca subiektywnie istotnego dla danej osoby. Odpowiedź ta składa się z fali P300, a więc dodatkowej fali mózgowej, pojawiającej się od 300 do 800 ms po percepcji bodźca oraz z dodatkowych sygnałów negatywnych, które następują później, tj. od 800 do 1500 ms.

Badania metodą EEG posługują się narzędziami badań wariograficznych, jakimi są testy GKT. W trakcie testu bada się reakcję psychofizjologiczną w postaci fali mózgowej osoby badanej podczas prezentacji różnych bodźców, w tym bodźców krytycznych, tj. szczegółów zdarzenia, które powinny być zachowane w pamięci sprawcy. Na tej

podstawie można ujawnić lub wykluczyć związek osoby badanej ze zdarzeniem.

Farwell w swoich badaniach laboratoryjnych przeprowadzonych dla sześciu osób wykazał, że poziom prawidłowych wskazań dla metody EEG analizującej odpowiedź MERMER wynosi 100%¹³. Po opublikowaniu badań założył on własną firmę Brain Fingerprinting Lab. Na stronie internetowej firmy zamieszczona została informacja o badaniach przeprowadzonych na 175 osobach¹⁴. Poziom prawidłowych wskazań wyniósł 100%, a tylko w sześciu przypadkach nie zdecydowano się na dokonanie jakiegokolwiek wskazania ze względu na niewystarczającą ilość informacji płynących z interpretacji odpowiedzi MERMER.

Do zalet metody EEG można zaliczyć niezbyt wysokie koszty aparatury (cena za dwuelektrodowy zestaw, wykorzystywany w terapii BioFeedBack, wynosi około 5000 zł, profesjonalne trzydziestodwuelektrodowe zestawy kosztują około 45 000 zł). Metoda EEG charakteryzuje się ponadto bardzo dobrą rozdzielczością czasową, wynoszącą około 1 ms, co pozwala na zarejestrowanie istotnych szczegółów odpowiedzi MERMER. Są one wymagane do jej właściwej interpretacji, ponieważ ważnych informacji dostarcza analiza kształtu oraz czasu trwania fal mózgowych.

Wymienione zalety oraz wysoka skuteczność metody przedstawiona w badaniach Farwella przekonują, że metoda EEG z analizą odpowiedzi MERMER mogłaby być powszechnie stosowana w ujawnianiu lub wykluczaniu związku badanej osoby ze zdarzeniem. Jednakże wyniki testów przeprowadzonych przez inne grupy badawcze nasuwają wątpliwości co do pełnej skuteczności metody (tab. 3).

Na podstawie wyników zaprezentowanych w tabeli 3 można zauważyć, że poziomy prawidłowych wskazań dla metody EEG są znacznie niższe od 100%. W przypadku badań Rosenfelda są one bardzo niskie. Mimo że tak słaby wynik mógł być spowodowany błędami w przeprowadzaniu eksperymentów, to sygnalizuje on problemy związane ze stosowaniem metody EEG. Aby obiektywnie i ogólnie porównać skuteczność metody EEG i wariografii obliczono wartości średnie poziomów prawidłowych wskazań

Tabela 3.

Przykładowe oraz uśrednione wyniki badań laboratoryjnych przy zastosowaniu testu GKT dla metody EEG analizującej falę P300

Exemplary and averaged results from EEG-P300 tests (GKT method) performed in laboratory condtions.

Źródło danych	Wskazania [%]			
	prawdziwie		fałszywie	
	pozytywne	negatywne	pozytywne	negatywne
Seymour, 2000 ¹⁵	78	98	2	22
Rosenfeld, 2007 ¹⁶	51	-	-	49
Średnia ¹⁷	82	87	9	16

z wielu wyników badań przeprowadzonych przez różne grupy badawcze (tab. 3). Na tej podstawie można stwierdzić, że generalnie metoda EEG odznacza się nieco niższym poziomem prawidłowych wskazań niż wariografia. Poziomy wskazań fałszywie pozytywnych i negatywnych kształtują się podobnie.

Do zbliżonych wniosków przemawiających na korzyść wariografu doszli także już w latach 70. XX wieku Koebcke i Kulicki w trakcie badań nad relatywną efektywnością badań objawów stresu dla wariografu, EEG oraz elektrokardiografii (EKG)¹⁸. Warto zaznaczyć, że według raportu *United States General Accounting Office* służby Federal Bureau of Investigation (FBI), Department of Defense (DOD), Central Intelligence Agency (CIA), Secret Service (SS) odmówiły zastosowania metody Brain Fingerprinting, m.in. ze względu na jej ograniczone wykorzystanie i wysokie koszty wdrożenia¹⁹. Ponadto judykatura nie wyraziła do tej pory zgody na dopuszczenie jej jako źródła dowodu ze względu na niespełnienie kryteriów Dauberta.

Jednakże oparta na podobnych zasadach działania metoda BEOS (*Brain Electrical Oscillation Signature Profiling*) została zaakceptowana przez hinduskie sądy wówczas, gdy wspierają ją inne dowody w sprawie. Dowód z badania BEOS traktowany jest w Indiach jako dowód uzupełniający²⁰. Metoda BEOS została opracowana przez C.R. Mukundana i bada obecność tzw. doświadczonej przez sprawcę wiedzy na temat zdarzenia²¹. Jest ona obecnie używana przez laboratoria kryminalistyczne w Mumbaiu, Gandhinagar i Chandigarh, a inne hinduskie laboratoria planują rozpocząć testy nad jej stosowaniem. Na potrzeby organów ścigania przebadanych zostało około 300 osób. Należy jednak zaznaczyć, że mimo wielu prezentacji konferencyjnych oraz publikacji w materiałach pokonferencyjnych (łącznie około 70) opis metody BEOS nie został opublikowany w żadnym prestiżowym międzynarodowym czasopiśmie. Jej akceptacja przez hinduskie sądy, nawet w postaci dowodu uzupełniającego, wydaje się być jednak zbyt szybka.

Mimo nieco niższej skuteczności metody EEG z analizą odpowiedzi MERMER w porównaniu z wariografem, wydaje się, że jej stosowanie może mieć sens, tym bardziej, że znajduje się ona nadal w fazie badawczej i podejmowane są próby jej udoskonalania. Ciekawym rozwiązaniem byłoby wykorzystanie EEG jako kolejnego czujnika do wariografu. Jednakże sprzężenie tych dwóch metod rodzi nieco problemów. Kilka komplikacji wynika z technicznych ograniczeń metody EEG. Konieczność nakładania specjalnego czepka oraz kilkunastu elektrod, które są w bezpośrednim kontakcie ze skórą głowy, obniża komfort osoby w trakcie badania. Najistotniejszą barierą jest brak możliwości mówienia w trakcie badania metodą EEG. Koliduje to ze sposobem przeprowadzania badań wariograficznych, w trakcie których osoba badana odpowiada głośno na zadawane pytania. Badania wariograficzne tzw. milczącej odpowiedzi SAT (*Silent Answer Test*) były pro-

wadzone²², ale wydaje się, że brak głośnego udzielania odpowiedzi utrudnia interpretację wyników oraz ogranicza nadzór eksperta nad osobą badaną i prawidłowym przebiegiem testu. Ponadto należy zaznaczyć, że nawet skuteczne połączenie metod nie wyeliminuje w pełni wskazań błędnych, ponieważ pomiary obarczone są zawsze chociaż w minimalnym zakresie niepewnością wynikającą z niedokładności i ograniczonej precyzji aparatury.

Wśród wad metody EEG można wymienić słabą rozdzielczość przestrzenną, wynoszącą około 1 cm³. Źródło pochodzenia sygnałów elektrycznych można więc zlokalizować wyłącznie w przybliżeniu. Rejestrowany sygnał aktywności mózgu jest uśredniony z powierzchni, do której przylega elektroda i pochodzi wyłącznie z zewnętrznych warstw kory mózgowej, co powoduje, że fale mózgowe w odpowiedzi MERMER to wypadkowa aktywność wielu milionów neuronów²³.

Zastosowanie funkcjonalnego rezonansu magnetycznego (fMRI) w badaniach reakcji psychofizjologicznych

Metoda obrazowania za pomocą funkcjonalnego rezonansu magnetycznego ma znacznie lepszą rozdzielczość przestrzenną, wynoszącą od 3 do 5 mm³. Możliwa jest więc rejestracja zachodzących zmian aktywności neuronów również w głębi mózgu. W trakcie testu metodą fMRI osobę badaną umieszcza się w skanerze, w którym wytworzone jest silne, stałe pole magnetyczne o natężeniu wynoszącym w zależności od modelu urządzenia – półtora, trzy lub cztery tesle. Pole magnetyczne powoduje zeemanowskie rozszczepienie poziomów energetycznych jąder wodoru, które występują w cząsteczkach wody w mózgu. W trakcie badania emitowane są ponadto impulsy promieniowania elektromagnetycznego o długości fal radiowych, które powodują przejścia energetyczne pomiędzy rozszczepionymi poziomami i w efekcie dochodzi do wzbudzenia jąder wodoru. Po zaprzestaniu działania impulsów atomy wodoru relaksują się, tzn. wracają do swoich podstawowych stanów energetycznych i emitują przy tym słabnące w czasie promieniowanie elektromagnetyczne. Szybkość zaniku tego promieniowania zależy od otoczenia jąder wodoru i na tej podstawie można dokonać wizualizacji struktury mózgu²⁴.

Badanie fMRI przeprowadza się w dwóch etapach. W pierwszym etapie wykonuje się tzw. skanowanie lokalizacyjne, w którym uzyskuje się szczegółowy obraz struktury mózgu. Na jego podstawie wybiera się płaszczyznę do badania w drugim etapie, tj. do skanowania funkcjonalnego. W trakcie drugiego etapu wykonuje się szybkie skanowanie wybranych obszarów mózgu trwające od 2 do 3 sekund. Umożliwiają one rejestrację zmian aktywności mózgu podczas wykonywania określonego zadania, bądź percepcji bodźców zewnętrznych przez osobę badaną²⁵.

Aplikacja bodźców oraz komunikacja z osobą badaną odbywa się za pomocą ekranu oraz zestawu przycisków.

Mechanizmem umożliwiającym rejestrację zmian aktywności neuronów jest miejscowa zmiana poziomu natlenienia krwi i nosi skrótową nazwę BOLD (*Blood Oxygen-Level Dependent*)²⁶. Do generowania oraz propagowania potencjałów czynnościowych neurony wymagają energii. Jest ona pobierana z cząsteczek adenosynotrifosforanu (ATP), które są wytwarzane z utlenienia glukozy. Do tego procesu konieczny jest więc dostęp tlenu, który jest dostarczany przez hemoglobinę w krwi. Hemoglobina ze związaną cząsteczką tlenu (oksyhemoglobina) przechodzi w formę nieutlenioną (deoksyhemoglobinę) po oddaniu komórkom tlenu. Formy hemoglobiny różnią się swą strukturą oraz właściwościami magnetycznymi i przez to w odmienny sposób wpływają na szybkość procesu relaksacji atomów wodoru. Oksyhemoglobina jest diamagnetyczna i nie wpływa na proces relaksacji, natomiast deoksyhemoglobina jest paramagnetyczna i skraca czas relaksacji, co jest obserwowane w postaci obniżonej intensywności sygnału podczas badania fMRI²⁷. Aktywne neurony wymagają większego dostępu energii i przez to w ich okolicach następuje nasilenie przepływu krwi z oksyhemoglobiną. Tym samym, w pobudzonych obszarach mózgu będzie obserwowany silniejszy sygnał fMRI niż w obszarach niepobudzonych.

Wbrew obiegowym opiniom w metodzie fMRI-BOLD nie obserwuje się bezpośrednio aktywności neuronów, a tylko skorelowane z nią zmiany metabolizmu glukozy we krwi w mózgu. Należy wspomnieć o istotnym fakcie, który determinuje sposób prowadzenia badań metodą fMRI. Sygnał BOLD wskazujący na wzrost aktywności neuronów jest nieco opóźniony w stosunku do momentu pojawienia się pobudzającego bodźca zewnętrznego. Wzrost sygnału BOLD rejestrowany jest dopiero po około 2 sekundach od pojawienia się bodźca, a jego maksymalny poziom – po upływie od 4 do 6 sekund²⁸. Konieczne jest więc poprawne zaprojektowanie i przeprowadzenie eksperymentu z uwzględnieniem odpowiednich odległości między aplikowanymi bodźcami.

Potencjał metody fMRI został bardzo szybko zauważony i rozpoczęto prace nad jej zastosowaniem do celów śledczych. Przeprowadzone do tej pory badania wykazały, że w trakcie kłamania następuje wzrost aktywności neuronów tylko w pewnych częściach mózgu, m.in. w płacie ciemieniowym oraz korze przedczołowej²⁹. Obszary te nie ulegają aktywacji w trakcie mówienia prawdy. Podczas badania fMRI rejestrowane są więc symptomy bezpośrednio skorelowane z procesem kłamania, co stanowi znaczną przewagę w stosunku do omówionych wcześniej metod. Tym samym, testy CQT nastawione na wykrywanie kłamstwa mogłyby być zastosowane efektywnie podczas badań metodą fMRI. Jednakże wydaje się, że zmienność międzysobowa w funkcjonowaniu mózgu i jego metabolizmie wynikająca m.in. z różnic w przepływie

krwi w mózgu oraz możliwych różnych ścieżek aktywacji neuronów może być duża. Jest więc prawdopodobne, że aktywowane w trakcie kłamania obszary w mózgu, które są obserwowane w trakcie badania metodą fMRI, nie są takie same dla różnych osób³⁰. Brak korelacji pomiędzy wynikami przeprowadzonych przez różne grupy naukowców badań aktywowanych obszarów mózgu w trakcie kłamania, potwierdza tę hipotezę. Problem jednoznaczności symptomów kłamania w postaci aktywowanych obszarów mózgu wzmacnia dodatkowo możliwość występowania zmienności wewnątrzsobowej. Nie ma bowiem pewności, czy w różnych sytuacjach doświadczanych przez jedną osobę obserwowane w fMRI aktywowane w trakcie kłamania obszary mózgu są zawsze takie same. Przeprowadzenie testów wstępnych, w których dokonana byłaby identyfikacja obszarów mózgu aktywowanych w trakcie kłamania u danej osoby, może nie zawsze okazać się skuteczne i dać jednoznaczne kryteria kłamania. Pod tym względem badanie metodą fMRI nie różni się od badań wariografem i wszelkie ograniczenia dotyczące wariografii będą również obowiązywały metodą fMRI.

Warto teraz spojrzeć dokładniej na przeprowadzone badania metodą fMRI. Zespół Langlebena przeprowadził w 2002 roku jedne z pierwszych testów laboratoryjnych³¹. Osiemnastu uczestników badań otrzymało koperty z określonymi kartami do gry oraz banknot dwudziestodolarowy. W trakcie badania fMRI-BOLD okazywano im sekwencyjnie kilkanaście kart, wśród których znajdowały się również karty z koperty. Zadaniem uczestników było ukrycie informacji na temat kart przekazanych w kopercie. Ponadto obiecano im, że skuteczne oszukanie prowadzącego badanie będzie nagradzane banknotem, który został umieszczony w kopercie. Taki zabieg miał zwiększyć ich motywację do kłamania. Przeprowadzone według metodyki GKT badania miały na celu identyfikację obszarów mózgu aktywowanych podczas kłamania. W 2005 roku grupa Langlebena rozszerzyła badania i przeprowadziła testy według dosyć podobnej metodyki dla 26 praworęcznych, zdrowych i młodych mężczyzn. Zidentyfikowanych zostało siedem obszarów mózgu, które były różnie aktywowane, w zależności od tego, czy uczestnicy badania kłamali czy mówili prawdę. Obszary te użyto jako wskaźniki kłamstwa i na ich podstawie przeprowadzono statystyczną analizę danych dla wszystkich uczestników. Przy zastosowaniu tzw. modelu regresji poziom prawidłowych wskazań w rozróżnianiu kłamstwa od prawdy wyniósł 78%³². Zastosowanie tzw. wysokowymiarowego nieliniowego modelu klasyfikacji podwyższyło poziom prawidłowych wskazań do około 90%³³.

Zespół kierowany przez Kozela przeprowadził i opublikował również kilka interesujących eksperymentów. W 2004 roku zostały zidentyfikowane obszary mózgu wykazujące różnice w aktywacji podczas kłamania i mówienia prawdy³⁴. W następnych badaniach próbowano nieco przybliżyć realia przestępstwa w kontrolowanych

warunkach laboratoryjnych. 31 uczestników wzięło udział w fikcyjnej kradzieży. Każdy uczestnik miał zabrać jedną z dwóch rzeczy z pokoju eksperymentalnego, tj. pierścionek albo zegarek. Następnie uczestnikom zadawano trzy rodzaje pytań podczas skanowania fMRI-BOLD. Obok pytań dotyczących przedmiotów z pokoju (pytania krytyczne) były zadawane również pytania niezwiązane ze zdarzeniem (pytania obojętne) oraz dotyczące innych kłopotliwych spraw (pytania kontrolne). Badania przeprowadzono więc zgodnie z zasadami przeprowadzania testów CQT. Zadaniem uczestników było zaprzeczenie kradzieży którejkolwiek z rzeczy. Uczestnikom obiecano premię za skuteczne oszukanie w wysokości 50 dolarów, co miało zwiększyć ich motywację do kłamania. Uzyskane dane poddano analizie statystycznej, biorąc pod uwagę wyniki dla wszystkich uczestników. Poziom prawidłowych wskazań wyniósł 83% lub 90% w zależności od wyboru aktywowanych obszarów mózgu³⁵.

Interesujące wyniki badań zespołu kierowanego przez Faro i Mohameda zostały opublikowane w 2006 roku³⁶. W badaniach starano się odzwierciedlić warunki panujące podczas udziału w przestępstwie. W eksperymencie, w którym zasymulowano użycie broni palnej w szpitalu, wzięło udział 11 osób. Sześciu uczestników wystrzeliło z broni w sali szpitalnej. Następnie poinformowano ich, że są podejrzanymi w sprawie i powinni kłamać w trakcie testów. Pozostałych pięciu uczestników, którzy nie wystrzelili z broni, również oskarżono o udział w zdarzeniu. Mieli oni jednakże potwierdzić rzeczywisty przebieg zdarzenia w testach. Dla wszystkich uczestników przeprowadzono oddzielnie testy aktywności obszarów w mózgu metodą fMRI oraz zmian fizjologicznych za pomocą wariografu. Metody stosowano w różnej kolejności dla poszczególnych uczestników. W trakcie przeprowadzania testów typu CQT zadawano pytania krytyczne, obojętne oraz kontrolne. Obrazowanie fMRI-BOLD pozwoliło na zidentyfikowanie 14 obszarów mózgu, które były aktywne w trakcie kłamania, oraz 7 obszarów pobudzanych w trakcie mówienia prawdy. Badania wariograficzne umożliwiły wykrycie wszystkich osób kłamiących (100% skuteczność) i tylko 80% osób prawdomównych. Tym samym potwierdzono większą skuteczność badań wariograficznych przeprowadzanych według metody CQT w wykrywaniu sprawców przestępstw. Badania te potwierdziły także współwystępowanie aktywacji pewnych obszarów mózgu ze zmianami fizjologicznymi w trakcie kłamania. Niestety nie wykonano statystycznej analizy rezultatów uzyskanych metodą fMRI, co uniemożliwiło oszacowanie jej skuteczności. Okazja do bezpośredniego porównania skuteczności metody fMRI i wariografii nie została więc wykorzystana.

Przedstawiony eksperyment Faro i Mohameda był punktem wyjścia do realizacji idei stosowania metody fMRI wspólnie z wariografem do wykrywania kłamstw oraz potwierdzania mówienia prawdy. Grupa Faro i Mohameda

przeprowadziła rozszerzone analizy danych własnych badań, które stały się podstawą do złożenia i uzyskania patentu. Według zaprezentowanych wyników badań wspólna interpretacja danych z obrazowania fMRI oraz wariografu podniosła skuteczność z 90% (uwzględniając wyłącznie wyniki z badań wariografem) do 100% (przy uwzględnieniu wyników z obu metod) wykrywania kłamstwa i prawdy oraz z 80% (wyniki tylko z wariografu) do 100% (wyniki z obu metod) wykrywania prawdy. Jednakże zastosowanie innej metodyki interpretacji danych z badań wariograficznych podniosło skuteczność wykrywania osób mówiących prawdę z 60% do tylko 80% (wyniki z obu metod)³⁷. Zauważalny jest pozytywny wpływ połączenia badań metodą fMRI oraz wariografem na poziom prawidłowych wskazań. Należy przy tym zauważyć, że niezmiennie istotny jest dobór sposobu interpretacji danych.

Powyższe rozważania wskazują, że metoda fMRI-BOLD jest bardzo obiecująca i jest bardzo skuteczna w badaniu reakcji psychofizjologicznych, które można skorelować z procesem kłamania. Po bardziej szczegółowej analizie opublikowanych badań można przedstawić do nich kilka uwag krytycznych. Po pierwsze, wszystkie eksperymenty były przeprowadzone wyłącznie w warunkach laboratoryjnych. Osoby badane uczestniczyły w specjalnie zaaranżowanych sytuacjach. Uczestnicy byli proszeni o odpowiadanie niezgodnie z prawdą, a czasami motywowani byli do tego finansowo. Jednakże nawet dobrze przeprowadzone testy laboratoryjne nigdy nie mogą w pełni odzwierciedlić warunków występujących w realnych sytuacjach oraz rzeczywistej motywacji i emocji doświadczanych przez sprawcę zdarzenia. Testy laboratoryjne nie uwzględniają także możliwości świadomego przeciwdziałania wykryciu powiązania osoby badanej ze zdarzeniem. Może ona tego dokonać w trakcie skanowania fMRI, np. przez poruszanie językiem, mięśniami lub aktywne myślenie podczas całego testu³⁸.

Po drugie, wszystkie eksperymenty zostały przeprowadzone na niewielkich grupach uczestników, przez co ekstrapolacja ich wyników na całą populację nie wydaje się jednoznaczna. W testach uczestniczyły wyłącznie osoby zdrowe, młode i zazwyczaj praworęczne. Tak jak to ma miejsce w większości uniwersyteckich badaniach psychologicznych – najczęściej uczestnikami badań byli studenci pierwszych lat studiów. Nie zweryfikowano skuteczności zastosowania metody dla innych grup ludzi³⁹. Tym samym, nie można w tej chwili określić skuteczności zastosowania metody fMRI u osób bardzo młodych lub w podeszłym wieku, ani tym bardziej u osób dotkniętych chorobami, np. opóźnieniem umysłowym⁴⁰.

Ponadto należy podkreślić, że do tej pory nie potwierdzono wyników chociażby jednego z eksperymentów przez inny, niezależny zespół badawczy z zastosowaniem identycznej konfiguracji aparatury i metodyki badawczej⁴¹. Nie można więc uznać metody fMRI do badania śladów emocjonalnych za sfałsyfikowaną.

Warto ponadto wspomnieć o kilku technicznych problemach związanych ze stosowaniem metody fMRI, które dosyć mocno ograniczają jej praktyczne zastosowanie. Przeprowadzenie prawidłowego testu wymaga nie tylko zgody, ale także ścisłej współpracy badanego z osobą przeprowadzającą test. Uczestnik badania musi zachować nieruchomą pozycję w trakcie pomiaru oraz skrupulatnie wykonywać polecenia. Osoba badana powinna ograniczyć swą aktywność intelektualną tylko do aplikowanych bodźców i wpasować się w reżim czasowy ich prezentowania. Jest to istotne ze względu na wspomniane już opóźnienie sygnału BOLD w stosunku do aplikacji bodźca. Ponadto warunki przeprowadzania badań nie są komfortowe dla uczestników. W aparacie fMRI podczas skanowania panuje duży hałas, a zastosowanie izolujących słuchawek nie jest w pełni skuteczne. Metoda obrazowania fMRI jest dosyć mocno ograniczona podmiotowo. Mimo że działające pole magnetyczne jest nieszkodliwe dla organizmu człowieka, to obrazowania fMRI nie można przeprowadzać u wszystkich osób. W badaniach nie mogą brać udziału osoby z wszczepionymi metalowymi implantami, protezami lub urządzeniami elektronicznymi. Metalowe elementy znajdujące się w ludzkim ciele, w których skład wchodzi ferromagnetyki, mogą ulegać przemieszczaniu w trakcie działania silnego pola magnetycznego i doprowadzać w efekcie do uszkodzeń organizmu. Zjawisko takie nie występuje w przypadku implantów wykonanych ze stopów platynowych. Silne pole magnetyczne zakłóca ponadto pracę m.in. aparatów, kardiostymulatorów. Również osoby, które cierpią na klaustrofobię nie powinny brać udziału w testach⁴².

Należy również wspomnieć o aspektach finansowych. Koszt zakupu urządzenia do fMRI jest bardzo wysoki i wynosi obecnie około 3 milionów dolarów. Dostęp do aparatury jest znacznie ograniczony, ponieważ tylko niewiele ośrodków na nią stać. Eksploatacja sprzętu oraz konieczność stworzenia zespołu specjalistów, wśród których musi się znaleźć m.in. lekarz, statystyk, generują wysokie koszty wynoszące od 2 do 5 tysięcy dolarów.

Stosowanie metody fMRI do celów sądowych budzi także dylematy etyczne. Trudno jednoznacznie wskazać, jak prowadzący badanie ma postąpić, gdy rozpozna on nieuleczalną chorobę lub guz u osoby badanej podczas przeprowadzania testów. Nie wydaje się, aby można było znaleźć prostą odpowiedź na pytanie: czy powinien on powiadomić o tym badaną osobę, czy też zachować tę informację w tajemnicy?

Pozytonowa tomografia emisyjna (PET) jako potencjalna metoda badania reakcji psychofizjologicznych

Do metod obrazowania aktywności mózgu można zaliczyć także pozytonową tomografię emisyjną⁴³. Mimo że aktualnie nie ma opublikowanych badań nad wykorzystaniem

tej metody do celów kryminalistycznych, to jej potencjał badawczy jest duży i warto go pokrótce przeanalizować.

Podstawą jej działania, podobnie jak metody fMRI, jest rejestrowanie procesów metabolizmu zachodzących w mózgu. W jego aktywnych obszarach występuje podwyższone zapotrzebowanie na energię, co implikuje zwiększony dopływ krwi z glukozą. O ile w metodzie fMRI wskaźnikiem jest poziom oksyhemoglobiny w krwi, która dostarcza tlenu do utlenienia glukozy, to w metodzie PET bada się właśnie ilość glukozy⁴⁴. Jej poziom wyznaczany jest za pomocą promieniotwórczego znacznika, którym najczęściej jest fluorodeoksyglukoza, czyli deoksyglukoza znakowana izotopem ¹⁸F. Ulega on szybkiemu rozpadowi, w wyniku którego powstają pozytony. Podlegają one anihilacji w organizmie z elektronami, w wyniku czego emitowane są dwa kwanty promieniowania gamma, które poruszają się pod kątem 180°. Przez pomiar kątów emisji kwantów możliwe jest określenie miejsca pochodzenia pozytonów, a tym samym znacznikowanej glukozy, odzwierciedlającej przebieg metabolizmu w mózgu⁴⁵.

Metoda PET umożliwiła po raz pierwszy lokalizację obszarów mózgu aktywowanych podczas wielu funkcji psychicznych. Jej zalety i możliwości są analogiczne do metody fMRI. Przewagą metody PET nad fMRI jest możliwość wyznaczenia absolutnych zmian ilości glukozy i obserwacja przebiegu jej metabolizmu w bezwzględnych wartościach. Metoda fMRI umożliwia bowiem wyłącznie wyznaczanie względnych zmian ilości oksyhemoglobiny, tj. w stosunku do sąsiadujących obszarów mózgu. Metoda PET jest znacznie bardziej specyficzna i selektywna, co umożliwia wykorzystanie jej w badaniach nad szczególnie wyjaśnianiem mechanizmów działania mózgu, wpływu leków i narkotyków na aktywność mózgu oraz identyfikację komórek nowotworowych.

Jednakże metoda PET ma kilka fundamentalnych wad i ograniczeń. Najważniejszą z nich jest konieczność korzystania z radioaktywnego znacznika podczas obrazowania aktywności mózgu. Wyprodukowanie takiego znacznika jest dosyć drogie, ponieważ wymagany jest dostęp do cyklotronu. Krótki czas rozpadu izotopu w znaczniku i w związku z tym konieczność jego szybkiego transportu powodują, że cena eksploatacji całego urządzenia rośnie. Używanie radioizotopów możliwe jest tylko w niewielkich ilościach, ponieważ w wyniku ich rozpadu emitowane jest promieniowanie, które jest szkodliwe dla organizmu człowieka. Badanie PET ze względu na krótki czas życia radioaktywnego znacznika oraz jego niewielką ilość w organizmie osoby badanej jest ograniczone czasowo. Tym samym możliwe jest śledzenie zmian zachodzących w mózgu wyłącznie podczas krótkich eksperymentów. Do wad metody PET można zaliczyć także nieco niższą rozdzielczość przestrzenną od metody fMRI. Wydaje się, że wymienione wady i ograniczenia z praktycznego punktu widzenia wykluczają zastosowanie metody PET do badania aktywności mózgu do celów kryminalistycznych.

Podsumowanie

Rozwój metod badania aktywności mózgu z pewnością wprowadził dużo świeżości do problematyki badań śladów emocjonalnych i pamięciowych oraz pobudził środowiska naukowe do działania. Każda z rozważanych metod obok swoich zalet ma szereg ograniczeń. Wydaje się, że metoda EEG analizująca odpowiedź MERMER, dzięki swej dosyć wysokiej skuteczności oraz łatwej dostępności do aparatury, może stanowić dobre uzupełnienie badań wariograficznych. Z kolei metoda PET, ze względu na zbyt duże ograniczenia techniczne oraz konieczność stosowania promieniotwórczego znacznika, raczej nie będzie mogła być wykorzystana w praktyce śledczej. Najbardziej obiecującą metodą spośród zaprezentowanych jest obrazowanie fMRI. Jednakże w obecnym stanie trzeba uznać, że metoda znajduje się *in statu nascendi*. Dopiero przeprowadzenie kolejnych badań naukowych może umożliwić wdrożenie jej do praktyki. W szczególności muszą zostać przeprowadzone badania terenowe. Bez nich nie będzie bowiem możliwa akceptacja metody przez judykaturę.

Aktualnie wariografia jest jedyną instrumentalną metodą badania reakcji psychofizjologicznych, która spełnia kryteria dopuszczalności dowodu naukowego w procesie sądowym. Pamiętając o jej ograniczeniach i wadach, można stwierdzić, że jest ona jedynym rozsądnym sposobem ujawniania śladów emocjonalnych skorelowanych ze śladami pamięciowymi, które mogą doprowadzić do identyfikacji sprawcy. Na zakończenie trzeba podkreślić, że w chwili obecnej nowoczesne metody badania aktywności mózgu nie są w stanie zastąpić badań wariograficznych. Jednakże w przyszłości może to nastąpić, gdy metody te zostaną dokładnie i wszechstronnie zbadane. Można się nawet pokusić o stwierdzenie, że realizacja tego procesu jest wielce prawdopodobna.

PRZYPISY

¹ A. Nowicka, A. Marchewka, K. Jednoróg, P. Tacikowski, A. Brechmann: Forgetting of Emotional Information Is Hard: An fMRI Study of Directed Forgetting „Cerebral Cortex” 2011, nr 21, s. 539–549.

² M. Kulicki, V. Kwiatkowska-Wójcikiewicz, L. Stęпка: Kryminalistyka. Wybrane zagadnienia teorii i praktyki śledczo-sądowej, Wyd. UMK, Toruń 2009, s. 641–696.

³ W badaniach terenowych (tzw. *field studies*) analizuje się przypadki spraw prawdziwych. Takie badania są obciążone brakiem pewności co do prawdziwego przebiegu zdarzenia oraz sytuacji podejrzanego. Badania laboratoryjne przeprowadzane są w eksperymentach zaaranżowanych przez badacza. W takich badaniach informacja na temat przebiegu zdarzenia jest znana i pewna. Natomiast nie są w nich oddane w pełni warunki stosowania metody w rzeczywistych sprawach, szerzej: P. Ekman: Kłamstwo

i jego wykrywanie w biznesie, polityce i małżeństwie, Wyd. PWN, Warszawa 2006, s. 188–193.

⁴ J. Widacki: Identyfikacja przez badanie śladów emocjonalnych, [w:] Kryminalistyka, J. Widacki [red.], Wyd. C.H. Beck, Warszawa 2002, s. 422–425.

⁵ W USA obowiązuje tzw. standard Daubert'a, według którego metoda powinna spełnić kryteria: powszechnej akceptacji, recenzji i publikacji, wartości diagnostycznej, standaryzacji, falsyfikacji, aby dowody uzyskane na jej podstawie mogły zostać uznane w sądzie, szerzej: J. Wójcikiewicz: Temida nad mikroskopem, Wyd. TNOiK, Toruń 2009, s. 153–174.

⁶ J. Konieczny: Badania poligraficzne. Podręcznik dla zawodowców, Wyd. Akademickie i Profesjonalne, Warszawa 2009, s. 96–105.

⁷ M. Kulicki, V. Kwiatkowska-Wójcikiewicz, L. Stęпка: Kryminalistyka..., op.cit., s. 641–696.

⁸ J. Konieczny: Badania poligraficzne..., op.cit., s. 87–105.

⁹ M. Kulicki, J. Wójcikiewicz: Ekspertyza wariograficzna, [w:] Ekspertyza sądowa. Zagadnienia wybrane, J. Wójcikiewicz [red.], Wolters Kluwer Polska, Warszawa 2001, s. 267–280.

¹⁰ E. Elaad: The Challenge of the Concealed Knowledge Polygraph Tests, „Expert Evidence” 1998, 6, s. 161–187; M. Kulicki, V. Kwiatkowska-Wójcikiewicz, L. Stęпка: Kryminalistyka..., op.cit., s. 641–696.

¹¹ J. Widacki: Identyfikacja przez..., op.cit., s. 406–421

¹² R.M. Chapman, H.R. Bragdon: Evoked response to numerical and non-numerical visual stimuli while problem solving, „Nature” 1964, nr 203, s. 1155–1157; S. Sutton, M. Braren, J. Zubin, E.R. John: Evoked-Potential Correlates of Stimulus Uncertainty, „Science” 1965, nr 150, s. 1187–1188.

¹³ L.A. Farwell, S.S. Smith: Using Brain MERMER Testing to detect concealed knowledge despite efforts to conceal, „Journal of Forensic Sciences” 2001, nr 46, s. 1–9.

¹⁴ Brain Fingerprinting Lab., <http://www.brainwavescience.com/criminal-justice.php>, dostęp na dzień: 2.12.2011.

¹⁵ T.L. Seymour, C.M. Seifert, M.G. Shafro, A.L. Moismann: Using response time measures to assess “guilty knowledge”, „Journal of Applied Psychology” 2000, nr 85, s. 30–37.

¹⁶ J.P. Rosenfeld, E. Shue, E. Singer: Single versus multiple blocks of P300-based concealed information tests for self-referring versus incidentally obtained information, „Biological Psychology” 2007, nr 74, s. 396–404.

¹⁷ Opracowanie własne na podstawie danych z: A. Vrij: Detecting..., op. cit., s. 357–362.

¹⁸ S. Koebcke, M. Kulicki: Wariograficzna rejestracja i interpretacja reakcji psychowegetatywnych przy testach eksperymentalnych, [w:] Materiały Pierwszego Ogólnopolskiego Sympozjum Kryminalistycznego na temat „Badania wariograficzne na użytek prawa”, Toruń 28–29 maja 1976, „Zeszyty Naukowe WSO MSW”, nr 7, s. 27–64.

- ¹⁹ United States General Accounting Office, Report to Hon. Charles E. Grassley, U.S. Senate. Investigative Techniques: Federal Agency Views on the Potential of „Brain Fingerprinting”, USGAO, GAO-02-2, 2001.
- ²⁰ D.A. Puranik, D.A. Joseph, B.B. Daundkar, M.V. Garad: Brain Signature Profiling in India: Its status as an aid in investigation and as corroborative evidence – as seen from judgements, [w:] Proceedings of XX All India Forensic Science Conference, Jaipur 2009, s. 812–822.
- ²¹ C.R. Mukundan: Brain Experience: Neuroexperiential Perspectives of Brain-Mind, Atlantic Publishers, New Delhi 2007.
- ²² F.S. Horvath, J.E. Reid: The polygraph silent answer test, „The Journal of Criminal Law, Criminology and Police Science” 1972, nr 63, s. 285–293.
- ²³ W. Froncisz: Jak wykryć kłamstwo czy prawdomówność podglądając mózg? „Wszechświat” 2007, nr 108, s. 18–23.
- ²⁴ Szerzej: ibidem, s. 21–23; M. Gut, A. Marchewka: Funkcjonalny rezonans magnetyczny – nieinwazyjna metoda obrazowania aktywności ludzkiego mózgu, [w:] „Nowe metody w neurobiologii – materiały z konferencji”, SoftArt, Warszawa 2004, s. 35–40.
- ²⁵ M. Gut, A. Marchewka: Funkcjonalny rezonans..., op.cit., s. 35–40.
- ²⁶ Pełny opis metody można znaleźć w: S. Ogawa, T.M. Lee, A.S. Nayak, P. Glynn: Oxygenation-sensitive contrast in magnetic resonance image of rodent brain at high magnetic fields, „Magnetic Resonance in Medicine” 1990, nr 14, s. 68–78; S.H. Faro, F.B. Mohamed: BOLD fMRI. A guide to Functional Imaging for Neuroscientists, Springer, New York 2010.
- ²⁷ Medical Imaging Physics, W.R. Hendee, E.R. Ritenour [red.], Wiley-Liss, New York 2002, s. 377.
- ²⁸ M. Gut, A. Marchewka: Funkcjonalny rezonans..., op.cit., s. 35–40.
- ²⁹ D.D. Langleben, L. Schroeder, J.A. Maldjian, R.C. Gur, S. McDonald, J.D. Ragland, C.P. O'Brien, A.R. Childress: Brain activity during simulated deception: An event-related functional magnetic resonance study, „NeuroImage” 2002, nr 15, s. 727–732; F.A. Kozel, L.J. Revell, J.P. Lorberbaum, A. Shastri, J.D. Elhai, M.D. Horner, A. Smtih, Z. Nahas, D.E. Bohning, M.S. George: A pilot study of functional magnetic resonance imaging brain correlates of deception in healthy young men, „Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neuroscience” 2004, nr 16, s. 295–305; F.A. Kozel, T.M. Padgett, M.S. George: A replication study of the neural correlates of deception, „Behavioral Neuroscience” 2004, nr 118, s. 852–856.
- ³⁰ H.T. Greely, J. Illes: Neuroscience-Based Lie Detection: The Urgent Need for Regulation, „American Journal of Law & Medicine” 2007, nr 33, s. 377–431.
- ³¹ D.D. Langleben, L. Schroeder, J.A. Maldjian, R.C. Gur, S. McDonald, J.D. Ragland, C.P. O'Brien, A.R. Childress: Brain activity during..., op.cit., s. 727–732.
- ³² D.D. Langleben, J.W. Loughhead, W.B. Bilker, K. Ruparel, A.R. Childress, S.I. Busch, R.C. Gur: Telling truth from lie in individual subjects with fast event-related fMRI, „Human Brain Mapping” 2005, nr 26, s. 262–272.
- ³³ C. Davatzikos, K. Ruparel, Y. Fan, D.G. Shen, M. Acharyya, J.W. Loughhead, R.C. Gur, D.D. Langleben: Classifying spatial patterns of brain activity with machine learning methods: Application to lie detection, „NeuroImage” 2005, nr 28, s. 663–668.
- ³⁴ F.A. Kozel, L.J. Revell, J.P. Lorberbaum, A. Shastri, J.D. Elhai, M.D. Horner, A. Smtih, Z. Nahas, D.E. Bohning, M.S. George: A pilot study of..., op.cit., s. 295–305; F.A. Kozel, T.M. Padgett, M.S. George: A replication study of..., op.cit., s. 852–856.
- ³⁵ F.A. Kozel, K.A. Johnson, Q. Mu, E.L. Grenesko, S.J. Laken, M.S. George: Detecting deception using functional magnetic resonance imaging „Biological Psychiatry” 2005, nr 58, s. 605–613.
- ³⁶ F.B. Mohamed, S.H. Faro, N.J. Gordon, S.M. Platek, H. Ahmad, J.M. Williams: Brain mapping of deception and truth telling about an ecologically valid situation: Functional MR imaging and polygraph investigation – initial experience, „Radiology” 2006, nr 238, s. 679–688.
- ³⁷ S.H. Faro, F.B. Mohamed, N.J. Gordon, S.M. Platek: Detection of deception and truth-telling using fMRI of the brain mapping, „United States Patent Application Publication” 2010, US 2010/0099975 A1.
- ³⁸ H.T. Greely, J. Illes: Neuroscience-Based..., op.cit., s. 377–431.
- ³⁹ J.R. Simpson: Functional MRI Lie Detection: Too Good to be True? „Journal of the American Academy of Psychiatry and the Law” 2008, nr 36, s. 491–498.
- ⁴⁰ B. Reese: Using fMRI as a lie detector – Are we lying to ourselves?, „Albany Law Journal of Science & Technology” 2009, nr 205, s. 205–230.
- ⁴¹ H.T. Greely, J. Illes: Neuroscience-Based..., op.cit., s. 377–431.
- ⁴² M. Gut, A. Marchewka: Funkcjonalny rezonans..., op.cit., s. 35–40.
- ⁴³ M. Wernick, J. Aarsvold: Emission Tomography. The Fundamentals of PET and SPECT, Elsevier Academic Press, San Diego 2006, s. 13–23.
- ⁴⁴ Ibidem, s. 89–99.
- ⁴⁵ Fizyczne metody diagnostyki medycznej i terapii, A.Z. Hryniewicz, E. Rokita [red.] PWN, Warszawa 1998, s. 102–111.

Streszczenie

Ślady pamięciowe i emocjonalne są pozostałościami uczestnictwa w zdarzeniu i ich zbadanie może być pomocne w identyfikacji sprawcy przestępstwa. Obecnie najczęściej wykorzystywaną w procesie karnym metodą badania śladów emocjonalnych skorelowanych ze śladami pamięciowymi jest wariograf (poligraf). W ostatnich latach prowadzone były badania nad wykorzystaniem medycznych metod diagnostycznych

do celów śledczych i sądowych. Zasady działania, zalety oraz możliwości zastosowania elektroencefalografii (EEG), funkcjonalnego rezonansu magnetycznego (fMRI) oraz pozytonowej tomografii emisyjnej (PET) przedstawiono w świetle najnowszych wyników badań naukowych. Przeprowadzono ich krytyczną analizę ze wskazaniem wad i ograniczeń oraz skuteczności we właściwej identyfikacji.

Słowa kluczowe: reakcje psychofizjologiczne, wariograf, EEG, fMRI, PET

Summary

Memorial and emotional traces are generated as result of participation in incident and investigation of these traces can be helpful in

identification of the offender. Presently, Polygraph tests constitute the most frequently used method in a criminal procedure to investigate emotional traces correlated with memory traces. Over the period of last years studies were performed using medical diagnostic methods for the penal investigations and judicial proceedings. Principles, advantages and possibilities of applying electroencephalography (EEG), functional magnetic resonance imaging (fMRI) and positron emission tomography (PET) were presented whilst taking into the account the latest scientific results. Critical analysis of these methods with indication of disadvantages, limitations and efficiency in proper identification was performed.

Keywords: physiological and neurological reactions, Polygraph, EEG, fMRI, PET