

Piotr Markiewicz

Umysł podczas snu z perspektywy funkcjonalnego neuroobrazowania = Mind during Sleep from Functional Neuroimaging Perspective

Humanistyka i Przyrodoznawstwo 16, 89-105

2010

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

Piotr Markiewicz

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
w Olsztynie

University of Warmia and Mazury
in Olsztyn

UMYSŁ PODCZAS SNU Z PERSPEKTYWY FUNKCJONALNEGO NEUROOBRAZOWANIA

Mind during Sleep from Functional Neuroimaging Perspective

Słowa kluczowe: umysł, sen, aktywność umysłowa podczas snu, funkcjonalne neuroobrazowanie.

Key words: mind, sleep, mental sleep activity, functional neuroimaging.

Streszczenie

Celem artykułu jest krytyczna analiza wybranych wyników neuroobrazowania procesów snu w kontekście specyfiki umysłu śniącego. Kombinacja danych hemodynamicznych i magnetycznych oraz danych fenomenologicznych i kognitywnych dopuszcza wyróżnienie czterech specyficznych typów umysłu podczas snu. Dzięki temu ogólna wizja mózgu/umysłu podczas snu, typowo sprowadzana do dystynkcji NREM/REM, jest bardziej adekwatna. Dodatkowo, kognitywna interpretacja danych neuroobrazowych pozwala na ustalenie możliwych funkcji adaptacyjnych umysłu podczas snu.

Abstract

The aim of this article is a critical analysis of selected neuroimaging data about sleep in the context of specificity of dreaming mind. The combination of hemodynamic, magnetic, phenomenological, and cognitive data allows the distinction of four specific types of mind during sleep. Thanks to this overall vision of the brain/mind in sleep, typically confined to the distinction NREM/REM sleep, is more adequate. In addition, cognitive interpretation of neuroimaging data allows to determine the possible adaptive functions of the sleeping mind.

1. Uwagi wprowadzające

W przybliżeniu trzecia część naszego życia upływa w stanie snu. Od lat zwykli ludzie, artyści i naukowcy próbują wyjaśnić lub przynajmniej zgłębić ten specyficzny fenomen. O tym, że nie jest to umysłowy stan bierny, przekonują obecne w czasie snu różne stany kognitywne, potocznie i zbiorczo zwane marzeniami

sennymi. Zgodnie ze współczesnymi regulacjami terminologicznymi, zamiast potocznych i niejednoznacznych terminów „sny”, „marzenia senne”, bardziej adekwatne jest stosowanie – zgodnie z tradycją arystotelesowską – terminu „aktywność umysłowa podczas snu” (*mental sleep activity, MSA, sleep mentation*)¹. Termin ten sugeruje istnienie zależności pomiędzy biologicznym stanem snu i jego kognitywnymi realizacjami. Dokładniej mówiąc, specyficzny typ umysłu występuje podczas snu i jest kognitywną wersją biologii snu. Ale biologia snu obejmuje także inne poziomy. Wśród nich, idąc od dołu w hierarchii naturalnej, jest poziom genetyczny, molekularny, neuronalny i behawioralny². Oczywiście komplikuje to próby jednoznacznego opisu neurobiologicznych mechanizmów snu i powiązanych z nimi stanów umysłowych. Dzięki temu jednak możemy poszukiwać wyjaśnień specyfiki umysłu podczas snu w niższych poziomach biologii snu.

Celem artykułu jest analiza wybranych wyników neuroobrazowania procesów snu w kontekście własności umysłu onirycznego. W tym wypadku chodzi głównie o emisyjną tomografię pozytronową (PET) oraz – w mniejszym stopniu jak dotąd – czynnościowy rezonans magnetyczny (fMRI). Technologia PET umożliwia wizualizację funkcjonowania mózgowia dzięki pomiarowi zużycia tlenu, przepływu krwi (rCBF) i metabolizmu glukozy. Z kolei fMRI pozwala na pomiar własności magnetycznych tkanki mózgu. Pomimo ograniczeń natury metodologicznej, dotyczącej zarówno technologii, jak i wyjaśnień wyników, wyniki neuroobrazowania dopuszczają interpretacje polegające na wyakcentowaniu funkcjonalnej roli obszarów szczególnie aktywnych i nieaktywnych podczas snu. Przy zastosowaniu wiedzy o funkcjach kognitywnych tych obszarów w normalnie działającym mózgowiu możliwe jest prognozowanie specyfiki stanów onirycznych i ogólnie umysłu podczas snu³.

Motywy napisania artykułu są dwa: (1) w języku polskim nie ma, wedle mojej wiedzy, żadnej większej pracy poświęconej danym neuroobrazowania zjawisk snu i skorelowanych z nimi danych o aktywności mentalnej podczas snu; (2) ogólna wizja mózgu/umysłu podczas snu jest typowo sprowadzana do dysfunkcji NREM/REM, tymczasem bardziej adekwatny obraz umysłu podczas snu – właśnie dostępny z poziomu neuroobrazowania – angażuje także fazy zasypiania i wybudzania się.

¹ I. Fagioli, *Mental Activity during Sleep*, “Sleep Medicine Reviews” 2002, nr 4, s. 307–320; J. F. Pagel, *The Limits of Dream. A Scientific Exploration of the Mind/Brain Interface*, Elsevier, Oxford 2008.

² E.F. Pace-Schott, J.A. Hobson, *The Neurobiology of Sleep: Genetics, Cellular Physiology and Subcortical Networks*, “Nature Reviews Neuroscience” 2002, nr 8, s. 591–605; J.A. Hobson, E.F. Pace-Schott, *The Cognitive Neuroscience of Sleep: Neuronal Systems, Consciousness and Learning*, “Nature Reviews Neuroscience” 2002, nr 9, s. 679–693.

³ S. Schwartz, P. Maquet, *Sleep Imaging and the Neuropsychological Assessment of Dreams*, “Trends in Cognitive Sciences” 2002, nr 1, s. 23–30.

Plan artykułu jest następujący. Po krótkiej charakterystyce faz snu przejdę do opisu kognitywnych własności umysłu podczas snu – od momentu zasypiania, przez fazy snu NREM i REM, do momentu wybudzania się – w powiązaniu z wynikami różnych studiów wykorzystujących funkcjonalne neuroobrazowanie.

2. Fazy snu

Proces snu nie jest jednolity, ale zawiera zróżnicowane stadia i fazy. Na podstawie pomiaru aktywności bioelektrycznej mózgowia wyróżnia się typowo cztery stadia fazy snu NREM oraz fazę snu REM.

W momencie zasypiania pojawia się faza snu NREM (*nonrapid eye movement*). Sen NREM charakteryzuje się dużą amplitudą i niską częstotliwością (tzw. zapis zsynchronizowany). Zmiany elektrofizjologiczne w fazie NREM umożliwiły wyróżnienie czterech różnych stadiów NREM, czyli NREM1–NREM4. Jako kryterium początku snu przyjmuje się jednak pierwsze specyficzne cechy stadium NREM2, gdyż niekiedy stadium NREM1 nie koreluje z subiektywnym poczuciem snu. Stadia NREM3 i NREM4 są uznawane za sen wolnofalowy (SWS – *slow wave sleep*) albo sen delta⁴.

W procesie snu poszczególne stadia NREM następują po sobie. Po około 90 minutach od wystąpienia pierwszego cyklu NREM1-NREM4 pojawia się drugi rodzaj snu – REM. Sen REM (*rapid eye movement*) jest bardzo szczególnym stanem. Zapis EEG uzyskiwany z tej fazy przypomina zapis uzyskiwany w trakcie czuwania (tzw. zapis zdesynchronizowany – duża częstotliwość, mała amplituda) i stąd bywa nazywany snem paradoksalnym. W REM zniesione jest napięcie mięśniowe, występują skurcze zewnętrznych mięśni ocznych i w konsekwencji tego pojawiają się szybkie ruchy gałek ocznych⁵.

Gdy pierwsza faza snu REM – nazwijmy ją 1REM – dobiega końca, pojawiają się kolejne cykle NREM, a potem występuje kolejna faza REM (2REM). Biorąc pod uwagę, że obiektywny stan snu wiąże się z fazą NREM2, możemy wyróżnić kilka zjawisk: stany okołosenne podczas zasypiania (P1) i wybudzania (P2), stany snu NREM w różnych stadiach i kolejnych cyklach oraz fazy snu REM w kolejnych cyklach. Taka typologia komplikuje nieco próby opisu umysłu podczas snu, gdyż uzyskujemy w efekcie ponad 20 różnych stanów fizjolo-

⁴ W. Szelenberger, *Neurobiologia snu*, (w:) A. Bilikiewicz, S. Pużyński, J. Rybakowski, J. Wciórka (red.), *Psychiatria*, t. 1: *Podstawy psychiatrii*, Wydawnictwo Medyczne Urban & Partner, Wrocław 2002, s. 213–223.

⁵ A. Longstaff, A., *Neurobiologia*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002, s. 421–422.

gicznych. Upraszczając na użytek artykułu, możemy powiedzieć, że ramę neurobiologiczną umysłu podczas snu stanowią dwa stany okołosenne (P1, P2) i dwa stany snu (NREM, REM)⁶.

3. Kognitywne aspekty dynamiki snu

Wyróżnione stany neurobiologii snu (P1, P2, NREM, REM) współwystępują z odmiennymi profilami funkcjonowania umysłu podczas snu. Można się o tym przekonać, analizując zachowania postwybudzeniowe.

W stanach okołosennych pojawiają się omamy hipnagogiczne (podczas zasypiania) i hipnopompiczne (przy wybudzaniu porannym), czyli krótkie, często statyczne, intensywne halucynacje sensoryczne, które nie podlegają krytycznej ocenie i są doświadczane jako realne. W stanach okołosennych pojawiają się też przerzutne myśli. Omamy okołosenne, a zwłaszcza stany hipnagogiczne są często bardziej rozbudowane treściowo i mogą przypominać typowe marzenia sennie z fazy REM⁷. Występowanie halucynacji okołosennych jest powszechne w populacji ludzi zdrowych⁸. Znacznie częściej omamy okołosenne występują w przypadkach różnych patologii snu (narkolepsja, insomnia – bezsenność, znacznie wydłużony okres czuwania) oraz zaburzeń psychiatrycznych leczonych środkami farmakologicznymi⁹.

Wybudzanie z faz NREM objawia się generalnie dezorientacją osób badanych, niską sprawnością wykonywania zadań kognitywnych (np. proste odejmowanie) oraz szybkim ponownym zaśnięciem. Zeznania z tej fazy sugerują obecność procesów myślowych (a właściwie perseweracji myślowych), a mniej wyobraźniowych. Z kolei wybudzanie w fazie REM zazwyczaj współwystępuje z informacjami o przeżywanych marzeniach sennych. Nie tylko poziom wy-

⁶ O tym, jak zmienne są stany umysłu w ciągu nocnego snu (NREM/REM) w odniesieniu do częstości myślenia i halucynacji, przekonują następujące badania: R. Fosse, R. Stickgold, J.A. Hobson, *Brain-Mind States: Reciprocal Variation in Thoughts and Hallucinations*, "Psychological Science" 2001, nr 1, s. 30–36; R. Fosse, R. Stickgold, J.A. Hobson, *Thinking and Hallucinating: Reciprocal Changes in Sleep*, "Psychophysiology" 2004, nr 2, s. 298–305.

⁷ T.A. Nielsen, *A Review of Mentation in REM and NREM Sleep: "Covert" REM Sleep as a Possible Reconciliation of Two Opposing Models*, "Behavioral and Brain Sciences" 2000, nr 6, s. 851–866.

⁸ P. Ballas, *First-known Hypnopompic Hallucination Occurring In-Hospital: Case Report*, "Jefferson Journal of Psychiatry" 2006, nr 1, s. 38–42.

⁹ M. M. Ohayon, *Prevalence of Hallucinations and their Pathological Associations in the General Population*, "Psychiatry Research" 2000, nr 2, s. 153–164; R.C. Teeple, J.P. Caplan, T. A. Stern, *Visual Hallucinations: Differential Diagnosis and Treatment*, "Journal of Clinical Psychiatry" 2009, nr 1, s. 26–32.

konania zadań kognitywnych jest wówczas wyższy, lecz także raporty z subiektywnych doświadczeń są znacznie dłuższe i bardziej detaliczne niż przeżycia opisywane po wybudzeniu z NREM. W odróżnieniu od bardziej myślowej (właściwie są to perseweracje myślowe) aktywności mentalnej w fazie NREM doświadczenia w REM kwalifikuje sześć czynników definicyjnych: halucynacyjne wyobrażenia, struktura narracyjna, dziwaczności kognitywne, hiperemocjonalność, deluzja i deficyty pamięci¹⁰.

4. Faza zasypiania

Zasypianie oznacza pośredni stan mózgu/umysłu pomiędzy czuwaniem i snem właściwym¹¹. Zmniejsza się wówczas nastawienie na informacje zewnętrzne i zwiększa się podatność na sen. Gdy umysł zasypia, traci automatycznie własności specyficzne dla stanu czuwania. Jednak ten proces przechodzenia ze stanu czuwania w stan snu nie jest jak dotąd dobrze poznany. Zasypianie zachodzi podczas pierwszego stadium fazy NREM (NREM1) i dlatego bywa nazywane lekkim snem NREM. NREM1 spełnia też charakterystykę EEG przyjętą dla faz snu NREM. Inaczej jest w sensie subiektywnym. Zasypianiu w NREM1 towarzyszą doznania złożonych i dziwacznych halucynacji sensorycznych (najczęściej wizualnych), co bardziej przypomina cechy marzeń sennych w fazie REM, a nie typowo myślowy charakter stanów umysłu w REM¹². Zgodnie z tym sformułowano hipotezę utajonego snu REM, zgodnie z którą charakterystyczne cechy doznań podczas fazy REM są już obecne na początku snu, co tłumaczy występowanie stanów hipnagogicznych¹³. W odróżnieniu jednak od typowych cech marzeń sennych w REM stany hipnagogiczne wiążą się z większym monitorowaniem przeżyć¹⁴. Niekiedy też skurcze nóg i ramion, charakte-

¹⁰ T.A. Nielsen, op. cit., s. 851–866; J.A. Hobson, E. Pace-Schott, R. Stickgold, *Dreaming and the Brain: Toward a Cognitive Neuroscience of Conscious States*, "Behavioral and Brain Sciences" 2000, nr 6, s. 793–842.

¹¹ R.D. Ogilvie, *The Process of Falling Asleep*, "Sleep Medicine Reviews" 2001, nr 3, s. 247–270.

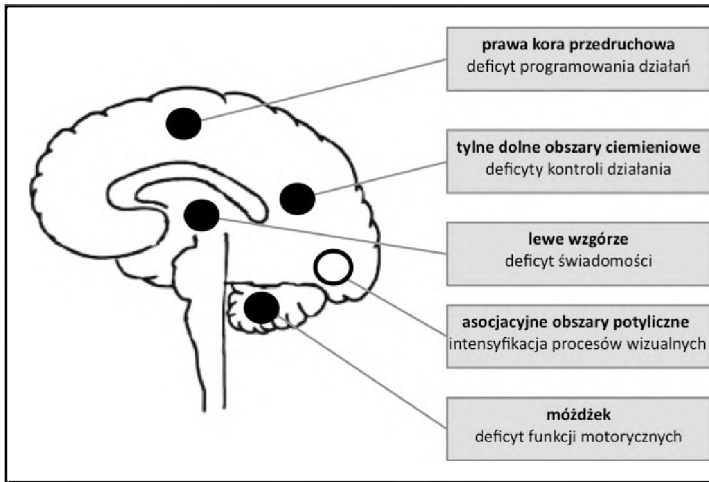
¹² D. Vaitl, N. Birbaumer, J. Gruzelier, G.A. Jamieson, B. Kotchoubey, A. Kübler, D. Lehmann, W.H. Miltner, U. Ott, P. Pütz, G. Sammer, I. Strauch, U. Strehl, J. Wackermann, T. Weiss, *Psychobiology of Altered States of Consciousness*, "Psychological Bulletin" 2005, nr 1, s. 98–127; R. Bódizs, M. Sverteczki, E. Mészáros, *Wakefulness-Sleep Transition: Emerging Electroencephalographic Similarities with the Rapid Eye Movement Phase*, "Brain Research Bulletin" 2008, nr 1–2, s. 85–89.

¹³ T. A. Nielsen, op. cit., s. 851–866.

¹⁴ T. Hori, M. Hayashi, T. Morikawa, *Topographical EEG Changes and the Hypnagogic Experience*, (w:) R.D. Ogilvie, J.R. Harsh (red.), *Sleep Onset: Normal and Abnormal Processes*, American Psychological Association, Washington 1994, s. 237–253.

rystyczne dla początku zasypiania, mogą współwystępować z doznawanymi w stanach hipnagogicznych wrażeniami ruchu kończyn¹⁵.

Pomiar aktywności mózgowia podczas NREM1 (PET, rCBF) wykazał dezaktywację czołowo-ciemienną (obszary przedruchowe i tylne obszary ciemiennowe), dezaktywację wzgórzowo-mózdkową oraz aktywację asocjacyjnych okolic płatów potylicznych (wyniki odniesione do stanu czuwania – rys. 1).



Rys. 1. Schematyczny profil aktywności i dezaktywacji mózgowia w fazie NREM1 uzyskany przez porównanie do stanu czuwania¹⁶. Białe koło z czarną obwódką oznacza wzrost aktywności, czarne koła – spadek aktywności. Z prawej strony zaznaczono lokalizację neuroanatomiczną oraz prawdopodobne konsekwencje kognitywne.

Badacze z zespołu Kjaera zinterpretowali uzyskane wyniki w kategoriach bardziej umysłu czuwającego niż śpiącego. Ich zdaniem uzyskany profil hemodynamiczny w fazie NREM1 nie wskazuje na specyficzne własności doświadczeń hipnagogicznych, gdyż porównanie skanów mózgowia z halucynacjami hipnagogicznymi i bez takich halucynacji nie wykazało różnic statystycznych. Stan NREM1 przypomina raczej inne formy zmodyfikowanej świadomości czuwającej (np. stan relaksacji medytacyjnej lub hipnozy) niż pełne postaci snu (NREM2-NREM4 i REM). Podobieństwa pomiędzy medytacją relaksacyjną, stanami hipnotycznymi oraz NREM1 dotyczą dezaktywacji czołowej obecnej w każdym z wymienionych stanów. Taka charakterystyka dezaktywacyjna

¹⁵ S. Sherwood, *Relationship between the Hypnagogic/Hypnopompic States and Reports of Anomalous Experiences*, "Journal of Parapsychology" 2002, nr 2, s. 127–150.

¹⁶ Opracowano na podstawie: T.W. Kjaer, I. Law, G. Wiltschiotz, O.B. Paulson, P.L. Madsen, *Regional Cerebral Blood Flow during Light Sleep – a H215O-PET Study*, "Journal of Sleep Research" 2002, nr 3, s. 201–207.

sugeruje wspólny poziom deficytów funkcji wykonawczych (np. planowanie, orientacja, monitorowanie zachowań), które nie występują w typowym stanie czuwania.

Pomimo próby zbliżenia stanów hipnagogicznych z nietypowymi stanami czuwania istnieją – jak sądzę – podstawy obrony specyfiki doznań podczas zasypiania. Brak różnic statystycznych pomiędzy profilami aktywności mózgowia z omamami hipnagogicznymi i bez omamów może wskazywać na czynnik wzbudzający takie omamy, którego cytowane badania nie kontrolowały, np. ogólny stan aktywności mózgowia. Poza tym zarejestrowane dezaktywacje są podobne do tych stwierdzanych podczas neuroobrazowania właściwych form snu. Przykładowo, dezaktywacja czołowo-ciemieniowa jest obecna w REM, a dezaktywacja wzgórzowa – w NREM (por. niżej w artykule). W końcu podobieństwo pomiędzy NREM1 a stanami medytacji i hipnozy jest względne – co zresztą zauważają sami badacze – gdyż medytacja relaksacyjna wiąże się z aktywizacją potyliczno-ciemieniową, a hipnoza wskazuje na dezaktywację przedlinka¹⁷. W efekcie można zgodzić się z grupą Kjaera, że stadium NREM1 to śniący stan czuwania, ale tym samym fakt obecności śnienia wyklucza identyfikację z nietypowymi stanami czuwania.

Uzyskany w badaniu zespołu Kjaera profil hemodynamiczny mózgowia podczas zasypiania pozwala scharakteryzować własności umysłu hipnagogicznego (por. rys. 1 – panele). Podstawą interpretacji jest wiedza o funkcjach kognitywnych realizowanych przez określone struktury mózgowia. Obecność doznań wizualnych podczas zasypiania odnosi się do aktywacji asocjacyjnych obszarów potylicznych (zakręt potyliczny środkowy). Stan deluzji sennej, a więc brak krytycznej świadomości przebywania w stanie snu, może wynikać z uogólnionego osłabienia procesów świadomości (dezaktywacja czołowa i dezaktywacja wzgórzowa). Natomiast dezaktywacja przedruchowa, wzgórzowa i mózdkowa może być wkaźnikiem dysfunkcji zachowań ukierunkowanych celowo (rys. 1)¹⁸.

Pozostaje jeszcze kwestia dezaktywacji ciemieniowej, którą zespół Kjaera pominął w interpretacji. W tym wypadku chodzi dokładnie o zakręt nadbrzeżny lub – w innej terminologii – obszar BA 40. Zakręt nadbrzeżny uczestniczy w realizacji różnych funkcji kognitywnych. Uszkodzenia tego obszaru w prawej półkuli powodują wystąpienie apraksji konstrukcyjnej (niezdolność do wykonywania np. zadań przestrzennych, np. rysowanie zegara, interpretowanie mapy) oraz mogą wywołać uwagowe pomijanie stron¹⁹. Z innych badań wynika, że zakręt nadbrzeżny uczestniczy w tworzeniu złożonej reprezentacji zachowań motorycznych, w sytuacjach rozpoznawania relacji przestrzennych, rozpoznawa-

¹⁷ Ibidem, s. 201–207.

¹⁸ Ibidem.

¹⁹ N.G. Martin, *Neuropsychologia*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2001.

nia działań innych ludzi oraz naśladowania ruchów²⁰. Obszar BA 40 (prawy) jest także uważany za kluczowy w formułowaniu zamierzonej intencji działania²¹. W kontekście stanów hipnagogicznych dezaktywacja BA 40 może odnosić się do deficytów organizacji przestrzennej i uwagowej doznawanej sceny wizualnej oraz niemożności adekwatnego zaprogramowania reakcji (stąd niekontrolowane, fragmentaryczne, statyczne i zmienne sceny wizualne w omamach hipnagogicznych).

5. Faza NREM

Faza NREM snu jest kontrowersyjna w kontekście studiów z wykorzystaniem neuroobrazowania. Generalny obraz kontrowersji jest taki, że wczesne badania wykazywały znaczącą dezaktywację mózgowia w fazie NREM snu, czyli stan względnej nieaktywności mózgowej. Natomiast nowsze badania sugerują bardziej wyrafinowany obraz, w którym obok obszarów zdezaktywowanych istnieją różne struktury mózgowia silniej aktywne niż w stanie czuwania.

Pierwsze badania PET (rCBF – przepływ krwi mózgowej) ujawniły, że w fazie NREM (dokładniej w fazie snu głębokiego – SWS) występuje ogólna dezaktywacja podkorowa i korowa w stosunku do fazy REM i stanu czuwania²². W szczególności NREM (SWS) charakteryzuje dezaktywacja w mostowym pniu mózgu, śródmózgowiu, mózdzku, wzgórzu, jądrach podstawy, w korze oczodołowo-czołowej, w przednim zakręcie obręczy kory, w obszarach ciemieniowych (przedklinek) i skroniowych²³. Zdaniem niektórych autorów, dezaktywacja

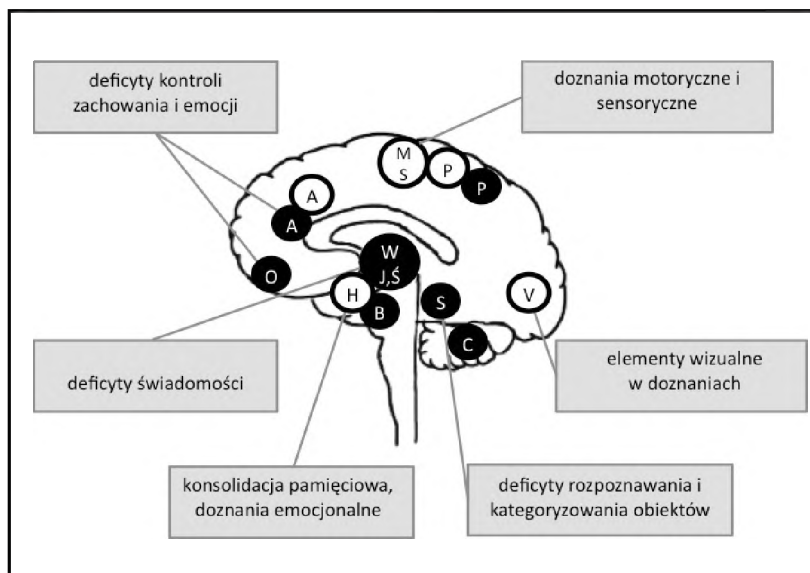
²⁰ Przegląd: M.O. Russ, W. Mack, C.-R. Grama, H. Lanfermann, M. Knopf, *Enactment Effect in Memory: Evidence Concerning the function of the Supramarginal Gyrus*, "Experimental Brain Research" 2003, nr 4, s. 497–504.

²¹ I. Goldberg, S. Ullman, R. Malach, *Neuronal Correlates of "Free Will" are Associated with Regional Specialization in the Human Intrinsic/Default Network*, "Consciousness and Cognition" 2008, nr 3, s. 587–601; M. Desmurget, K.T. Reilly, N. Richard, A. Szathmari, C. Mottolese, A. Sirigu, *Movement Intention after Parietal Cortex Stimulation in Humans*, "Science" 2009, nr 5928, s. 811–813.

²² P. Maquet, C. Degueldre, G. Delfiore, J. Aerts, J.-M. Péters, A. Luxen, G. Franck, *Functional Neuroanatomy of Human Slow Wave Sleep*, "The Journal of Neuroscience" 1997, nr 8, s. 2807–2812; P. Maquet, *Functional Neuroimaging of Sleep by Positron Emission Tomography*, "Journal of Sleep Research" 2000, nr 3, s. 207–231.

²³ A.R. Braun, T.J. Balkin, N.J. Wesenten, R.E. Carson, M. Varga, P. Baldwin, S. Selbie, G. Belenky, P. Herscovitch, *Regional Cerebral Blood Flow throughout Sleep-Wake Cycle – an (H₂O)-O-15 PET Study*, "Brain" 1997, nr 7, s. 1173–1197; P. Maquet, op. cit., s. 207–231; dyskusja metodologiczna: T.T. Dang-Vu, M. Schabus, M. Desseilles, G. Albouy, M. Boly, A. Darsaud, S. Gais, G. Rauchs, V. Sterpenich, G. Vandewalle, J. Carrier, G. Moonen, E. Balteau, C. Degueldre, A. Luxen, C. Phillips, P. Maquet, *Spontaneous Neural Activity during Human Slow Wave Sleep*, "Proceedings of the National Academy of Sciences" 2008, nr 39, s. 15160–15165.

wzgórzowa w NREM wiąże się z postępującą dezaktywacją układu siatkowatego wstępującego. Z kolei specyficzna dezaktywacja korowa w NREM może być podstawą charakterystycznych zeznań osób wybudzanych w tej fazie snu w postaci dezorientacji, splątania świadomości i perseweracji myślowych. Zmniejszona aktywność podczas SWS kory oczodołowo-czołowej i przedniego zakrętu obręczy kory może wskazywać na deficyty regulacji emocji i zachowania (rys. 2)²⁴.



Rys. 2. Schematyczny profil aktywacji i dezaktywacji mózgowia w fazie NREM w porównaniu do stanu czuwania²⁵. Białe koła z czarną obwódką oznaczają znaczący statystycznie wzrost aktywności, czarne koła – spadek aktywności. Z ramkach zaznaczono wybrane konsekwencje kognytywne.

Oznaczenia: C – mózdzek, S – kora skroniowa, V – asocjacyjna kora wzrokowa, B – most, H – hipokamp i ciało migdałowe, W – wzgórze, J – jądra podstawy, Ś – śródmózgowie, O – kora oczodołowo-czołowa, A – przedni zakręt obręczy kory, M – kora motoryczna, S – kora sensoryczna, P – obszary ciemieniowe. W szarych panelach przedstawiono wybrane interpretacje kognytywne poziomu aktywacji danej struktury mózgowia.

Przy wykorzystaniu innego markera aktywności neuronalnej (poziom utylizacji glukozy) okazało się jednak, że niektóre obszary podkorowe i korowe w fazie NREM są bardziej aktywne niż w stanie czuwania. Regionalny wzrost aktywności w NREM w stosunku do stanu czuwania zarejestrowano w asocjacyjnej korze wzrokowej (BA 19), w górnych obszarach prawej kory ciemienio-

²⁴ P. Maquet, op. cit., s. 207–231.

²⁵ Opracowano na podstawie: A.R. Braun i in., op. cit., s. 1173–1197; P. Maquet, op. cit., s. 207–231; E.A. Nofzinger, D.J. Buysse, J.M. Miewald, C.C. Meltzer, J.C. Price, R.C. Sembrat, H. Ombao, C.F. Reynolds, T.H. Monk, M. Hall, D.J. Kupfer, R.Y. Moore, *Human Regional Cerebral Glucose Metabolism during Non-Rapid Eye Movement Sleep in Relation to Waking*, "Brain" 2002, nr 5, s. 1105–1115.

wej (BA 7) oraz bilateralnie w obszarach prawej pierwotnej kory motorycznej i somatosensorycznej. Poza tym w wieczku mostowym, zwojach przodomózgowia, podwzgórzu, prążkowi (obszary brzuszne), przednim zakręcie obręczy kory, w ciele migdałowatym i formacji hipokampa (rys. 2). Stąd trudno jednoznacznie przypisać fazie NREM status okresu dezaktywacyjnego. Silna aktywność w okolicach hipokampa dopuszcza interpretację występowania konsolidacji pamięciowej podczas NREM²⁶. Potwierdzenie aktywności różnych struktur mózgowia podczas NREM (SWS) dostarczyły także badania z wykorzystaniem fMRI²⁷.

W kontekście charakterystyki umysłu w fazie NREM dane neuroobrazowania negują obraz takiego umysłu jako nieaktywnego systemu. Pomimo różnych procesów dezaktywacyjnych, wskazujących na deficyty kognitywne, faza NREM służy także regionalnym silnym profilom aktywacji, które uczestniczą w konstrukcji doznań onirycznych i prawdopodobnie przyczyniają się do konsolidacji pamięciowej (rys. 2 – panele).

6. Faza REM

Większość względnie nieaktywnych obszarów mózgowia w NREM jest aktywna w fazie REM²⁸. W zestawieniu z fazą NREM fazę REM charakteryzuje większy metabolizm energii mózgowej, równy bądź nawet większy w stosunku do stanu czuwania na jawie²⁹. Rysunek 3 przedstawia schemat aktywności mózgowia w fazie REM.

Podczas REM znacznie wzrasta przepływ krwi mózgowej (rCBF) i metabolizm glukozy w nakrywce mostu, jądrach wzgórza, w obszarach limbicznych i paralimbicznych (obejmujących zespół jąder ciała migdałowatego, zespół hipokampa i przedni zakręt kory), dalej – w tylnych rejonach obszarów skroniowo-potylicznych, w korze motorycznej oraz w podkorowych obszarach motorycznych. Najmniej aktywne w REM są rejony kory przedczołowej grzbietowo-bocznej i kory ciemieniowej, rejony tylnego zakrętu kory i przedklinka³⁰.

W przypadku ludzi główną charakterystyką REM jest aktywacja limbiczno-paralimbiczna oraz względna dezaktywacja rejonów asocjacyjnej kory czołowej i kory ciemieniowej (rys. 3)³¹. Względność takiej dezaktywacji objawia się m.in. tym, że w REM zanotowano jednoczesną aktywację prawego dolnego płata cie-

²⁶ E.A. Nofzinger i in., op. cit., s. 1105–1115.

²⁷ T.T. Dang-Vu i in., op. cit., s. 15160–15165.

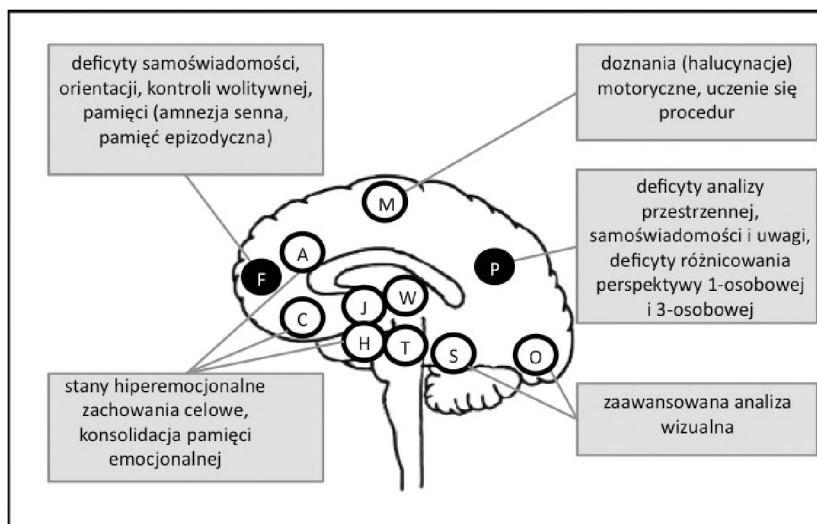
²⁸ A.R. Braun i in., op. cit., s. 1173–1197; P. Maquet i in., op. cit., s. 2807–2812; P. Maquet, op. cit., s. 207–231.

²⁹ J.A. Hobson, E. Pace-Schott, R. Stickgold, op. cit., s. 793–842.

³⁰ S. Schwartz, P. Maquet, op. cit., s. 23–30.

³¹ Ibidem.

mieniowego (w tym BA 40). Przypuszcza się, że obszary te uczestniczą w konstrukcji wyobrażeń przestrzennych³².



Rys. 3. Schematyczny profil aktywacji i dezaktywacji mózgowia w fazie REM³³. Białe koła z czarną obwódką oznaczają silną aktywację w REM, a czarne koła – dezaktywację (poziomy aktywacji i dezaktywacji są statystycznie istotne).

Oznaczenia: H – hipokamp, J – podstawa przodomózgowia, A – przedni zakręt obręczy kory, P – obszary ciemieniowe, C – przyśrodkowa kora czołowa, F – kora przedczołowa, M – kora motoryczna, S – struktury skroniowe brzuszne, O – kora potyliczna asocjacyjna, W – wzgórze, TP – nakrywka mostu. W szarych panelach przedstawiono wybrane interpretacje kognitywne poziomu aktywacji danej struktury mózgowia.

Jednoczesna aktywność limbiczno-paralimbiczna i względna nieaktywność obszarów grzbietowych kory przedczołowej nasuwają możliwe interpretacje kognitywne (rys. 3). Obszary limbiczno-paralimbiczne wiążą się z generowaniem emocji, natomiast kora przedczołowa uczestniczy w procesach samoświadomości, w procesach wykonawczych (np. celowe myślenie, planowanie działania) oraz w procesach pamięciowych (pamięć epizodyczna). Dodatkowe założenie

³² P. Maquet, J.-M. Pétters, J. Aerts, G. Delfiore, C. Degueldre, A. Luxen, G. Franck, *Functional Neuroanatomy of Human Rapid-Eye-Movement Sleep and Dreaming*, "Nature" 1996, nr 6596, s. 163–166.

³³ Opracowano na podstawie: S. Schwartz, P. Maquet, op. cit., s. 23–30; T.T. Dang-Vu, M. Desseilles, G. Albouy, A. Darsaud, S. Gais, G. Rauchs, M. Schabus, V. Sterpenich, G. Vandewalle, S. Schwartz, P. Maquet, *Dreaming: A Neuroimaging View*, "Schweizer Archiv für Neurologie und Psychiatrie" 2005, nr 8, s. 415–425. Metaanaliza badań PET: P. Maquet, P. Ruby, A. Maudoux, G. Albouy, V. Sterpenich, T. Dang-Vu, M. Desseilles, M. Boly, F. Perrin, P. Peigneux, S. Laureys, *Human Cognition during REM Sleep and the Activity Profile within Frontal and Parietal Cortices: A Reappraisal of Functional Neuroimaging Data*, "Progress in Brain Research" 2005, nr 150, s. 219–227; Y. Nir, G. Tononi, *Dreaming and the Brain: From Phenomenology to Neurophysiology*, "Trends in Cognitive Sciences" 2010, nr 2, s. 88–100.

w tej strategii badawczej to uznanie, że aktywność danego obszaru jest zbieżna z występowaniem określonych danych psychicznych, a brak aktywności modyfikuje w kierunku zerowym takie dane. Wobec tego w fazie REM powinny wystąpić na poziomie mentalnym deficyty samoświadomości, procesów wykonawczych i pamięci epizodycznej przy jednoczesnej nadprodukcji stanów emocjonalnych. Raporty z marzeń sennych ludzi wybudzanych w skanerze PET podczas fazy REM potwierdzają powyższe przypuszczenia³⁴.

Podobnie doniesienia o doznawanych treściach wizualnych podczas REM można zestawić z aktywnością obszarów potyliczno-skroniowych w tej fazie. Także jednoczesne występowanie w marzeniach sennych perspektywy pierwszoosobowej (podmiot rejestruje sceny i działa z własnej perspektywy) oraz trzecioosobowej (podmiot jako obserwator może dostrzec siebie w akcji onirycznej) odnosi się do dezaktywacji dolnych obszarów ciemieniowych, które w stanie czuwania stanowią element większego układu neuronalnego, zaangażowanego m.in. w różnicowanie perspektyw osobowych³⁵. W ten sposób profil aktywności mózgowia podczas REM jest spójny z niektórymi cechami przypominanych treści onirycznych.

Dodatkowo, profil aktywacji w REM pozwala domniemywać o bardziej dynamicznych funkcjach mózgu i umysłu w tej fazie, związanych z przetwarzaniem danych ze stanu czuwania³⁶. Aktywność przyśrodkowych obszarów skroniowych (hipokamp, ciało migdałowe) i obszarów motorycznych (dokładniej: aktywność w obszarach kory przedruchowej) może wskazywać na zaangażowanie fazy REM w konsolidacji informacji pamięciowych nabytych w stanie czuwania. Przykładowo, obszary przedruchowe w fazie REM są bardziej aktywne u osób, które przed snem trenowały wykonywanie prostych zadań motorycznych w porównaniu do osób bez treningu³⁷. W ten sposób obszary przedruchowe mogą uczestniczyć w nabywaniu przez umysł REM coraz bardziej efektywnej kompetencji podczas wykonywania zadań motorycznych. Podobnie aktywność ciała migdałowego oraz struktur skroniowo-potylicznych pozwala sądzić, że w fazie REM następuje selektywne przetwarzanie śladów pamięciowych o charakterze emocjonalnym³⁸.

W konsekwencji REM można określić jako stan aktywności mózgowej z wyłączonymi systemami wykonawczymi (z uwagi na dezaktywację obszarów czołowych), uczestniczącymi w najbardziej zaawansowanej analizie i integracji informacji neuronalnej lub jako fazę snu aktywującą silne emocje przy jedno-

³⁴ J.A. Hobson, *Dreaming as Delirium*, A Bradford Book, The MIT Press, Cambridge 1999; T.T. Dang-Vu i in., op. cit., s. 415–425.

³⁵ P. Maquet i in., op. cit., 219–227.

³⁶ T.T. Dang-Vu i in., op. cit., s. 415–425.

³⁷ P. Maquet, S. Laureys, P. Peigneux, S. Fuchs, C. Petiau, C. Phillips, J. Aerts, G. Delfiore, C. Degueldre, T. Meulemans, A. Luxen, G. Franck, M. Van Der Linden, C. Smith, A. Cleeremans, *Experience-Dependent Changes in Cerebral Activation during Human REM Sleep*, "Nature Neuroscience" 2000, nr 8, s. 831–836.

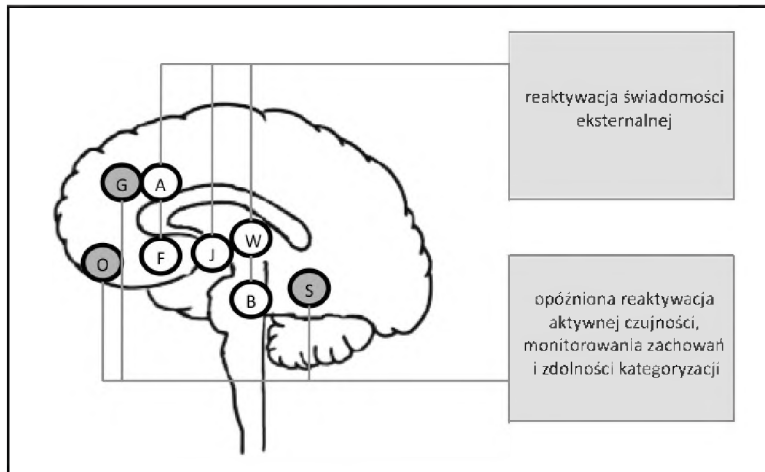
³⁸ T.T. Dang-Vu i in., op. cit., s. 415–425.

czesnych deficytach poznawczych. Dodatkowo, faza REM snu może usprawniać procesy uczenia się informacji o charakterze proceduralnym i emocjonalnym.

7. Faza wybudzania się

Specyfiką stanów wybudzania jest dysocjacja pomiędzy szybkim procesem włączenia świadomości eksternej i opóźnionym procesem aktywnej czujności. Najprościej mówiąc, osoba wybudzona ze snu reaguje na bodźce zewnętrzne, ale jednocześnie jest w stanie przejściowej inercji sennej. Potoczne obserwacje pozwalają dostrzec, że taka osoba nie jest w pełni obudzona. Bardziej precyzyjna charakterystyka inercji sennej to zmniejszona efektywność wykonywania zadań motorycznych i poznawczych, zmniejszona czujność i podatność na zakłócenia w wykonywaniu zadań poznawczych³⁹.

Okazuje się, że wspomniana dysocjacja pomiędzy świadomością ekstermalną oraz stanem czujności podczas wybudzania się posiada interesującą podstawę w profilu aktywacji mózgowia (rys. 4).



Rys. 4. Schematyczny profil aktywacji mózgowia w fazie wybudzania⁴⁰. Białe koła z czarną obwódką oznaczają struktury zaktywowane do pięciu minut od momentu obudzenia się. Szare koła z czarną obwódką oznaczają struktury aktywne z opóźnieniem do 20 minut.

Oznaczenia: B – pień mózgu, J – jądra podstawy, W – wzgórze, A – przedni zakręt obręczy kory, F – wieczko czołowe, S – struktury skroniowe, O – kora oczodołowo-czołowa, G – kora grzbietowo-boczna. W szarych panelach przedstawiono interpretacje kognitywne wynikające z typu aktywacji struktur mózgowia podczas wybudzania ze snu.

³⁹ P. Tassi, A. Muzet, *Sleep Inertia*, "Sleep Medicine Reviews" 2000, nr 4, s. 341–53.

⁴⁰ Opracowano na podstawie: T.J. Balkin, A.R. Braun, N.J. Wesensten, K. Jeffries, M. Varga, P. Baldwin, G. Belenky, P. Herscovitch, *The Process of Awakening: A PET Study of Regional Brain Activity Patterns Mediating the Re-establishment of Alertness and Consciousness*, "Brain" 2002, nr 10, s. 2308–2319.

Wybudzanie osób badanych z fazy NREM2 wykazało przede wszystkim globalny wzrost przepływu krwi mózgowej. W ciągu 5 minut po wybudzeniu zanotowano gwałtowny wzrost poziomu rCBF w takich obszarach jak pień mózgu, wzgórze i jądra podstawy oraz w niektórych przednich obszarach (wieczko czołowe, przedni zakręt obręczy). Prawdopodobnie jest to marker neuronalny świadomości postwybudzeniowej i zdolności do szybkiego reagowania na bodźce zewnętrzne tuż po wybudzeniu. W ciągu następnych 15 minut zanotowano opóźniony wzrost rCBF w przednich obszarach kory, m.in. obszary kory orbitalnej, grzbietowo-bocznej, wieczka czołowego oraz w okolicach skroniowych (zakręt skroniowy środkowy, górna bruzda skroniowa)⁴¹. Obszary te uczestniczą m.in. w realizacji aktywnej czujności w stanie czuwania, zdolności monitorowania zachowań i zaawansowanej kategoryzacji percepcyjnej.

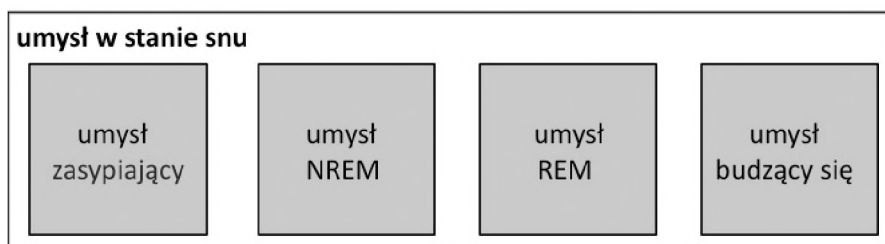
W badaniu zespołu Balkina najbardziej widoczną zmianą w okresie postwybudzeniowym była opóźniona reaktywacja asocjacyjnych obszarów kory przedczołowej. Jest to prawdopodobnie podstawa stanu zmniejszonej czujności i inercji sennej w tym czasie.

8. Typy umysłu podczas snu i wartość danych neuroobrazowych

Przedstawione i dyskutowane dane mają interesujące konsekwencje dla opisu aktywności umysłowej podczas snu. Przede wszystkim możemy wyróżnić przynajmniej cztery specyficzne typy umysłu w stanie snu: umysł zasypiający, umysł NREM, umysł REM i umysł budzący się (rys. 5). Jak każda typologia, tak i ta nie wyklucza typów mieszanych i nie zmierza do uwzględnienia wszystkich możliwości. Prawdopodobnie restrykcyjne rozróżnianie wspomnianych typów umysłu mija się z faktyczną naturą aktywności poznawczej podczas snu – dynamiczną i wielopoziomą. Nie zmienia to faktu, że dzięki typologii (rys. 5) zyskujemy bardziej uporządkowany profil umysłu onirycznego, który może być uzupełniany w kolejnych odsłonach danych empirycznych, zarówno neurobiologicznych, jak i poznawczych (np. umysł NREM i REM przechodzi stopniową metamorfozę w miarę wpływu godzin snu – od bardziej zróżnicowanego do praktycznie zbliżonego obrazu w zakresie częstości myśli i halucynacji⁴²).

⁴¹ Ibidem, s. 2308–2319.

⁴² Por. przypis 6.



Rys. 5. Typy umysłu w stanie snu

Zgodnie z analizowanym materiałem w poprzednich punktach, każdy z wyróżnionych typów umysłu w stanie snu posiada własną specyfikę neurobiologiczną (w odniesieniu do zmiennych neuroobrazowania) i kognitywną. W sensie kognitywnym poszczególne typy aktywności umysłowej podczas snu można scharakteryzować pokrótce następująco:

- (1) **umysł zasypiający** – umysł dysocjacyjny pomiędzy hiperaktywnością wizualną oraz deficytami świadomości, organizacji przestrzennej, programowania motorycznego, zachowań ukierunkowanych celowo (stąd niekontrolowane, fragmentaryczne, statyczne i zmienne sceny wizualne lub krócej: omamy hypnagogiczne);
- (2) **umysł NREM** – umysł z wieloma deficytami kognitywnymi (m.in. deficyty świadomości) oraz z jednoczesną zdolnością konstrukcji doznań onirycznych i konsolidacji pamięciowej;
- (3) **umysł REM** – umysł z wadliwymi systemami wykonawczymi, hiperstanami emocjonalnymi i deficytami samoświadomości i pamięci, ale zdolny wyprodukować złożone sceny wizualne oraz narrację; umysł REM realizuje procesy uczenia się procedur oraz informacji o charakterze emocjonalnym;
- (4) **umysł wybudzający się** – umysł o podwójnym profilu reaktywacji w kierunku stanu czuwania: (1) najpierw reaktywacja świadomości eksternej z możliwymi doznaniem hipnopompicznymi, (2) potem opóźniona reaktywacja aktywnej czujności, monitorowania zachowań i zdolności kategoryzacji.

Dane neuroobrazowe oraz zaprezentowane typy umysłu podczas snu potwierdzają specyfikę takiego umysłu w porównaniu do umysłu w stanie czuwania (dotyczy to populacji bez obciążenia neurologicznego i neuropsychologicznego). Inaczej mówiąc, umysł podczas snu nie jest identyczny z umysłem czuwającym w zakresie zmiennych kognitywnych (np. pamięć, uwaga, samoświadomość). Różnice te sięgają znacznie głębiej. Uważam, że na tym poziomie analiz ujawniają się trzy poziomy: (a) poziom deficytu, (b) poziom kognitywnych funkcji utajonych oraz (c) poziom organizacji świadomych doznań sennych.

Poziom (a) narzuca się bezpośrednio przy zestawieniu profili dezaktywacji mózgowia podczas snu z ujawnianymi w zeznaniach postwybudzeniowych spe-

cyficznymi treściami onirycznymi. Umysł w stanie snu przypomina raczej umysł realizowany przez uszkodzony mózg w warunkach czuwania. Przeniesienie wyróżnionych deficytów kognitywnych w ramy kompetencji umysłu czuwającego spowodowałoby natychmiastowy efekt w postaci braku efektywnego funkcjonowania wobec wyzwań dnia codziennego.

Stwierdzenie deficytów kognitywnych podczas snu nie prowadzi do konstatacji, że globalnie pojęty umysł podczas snu jest stanem ogólnego zaburzenia poznawczego. W tym kontekście analizowane wyżej dane, świadczące o silnych lokalnych procesach aktywacyjnych, sugerują, że podczas snu zachodzi realizacja funkcji utajonych (poziom b), które nie wymagają świadomych doznań – np. konsolidacja pamięciowa (automatyzacja czynności nabywanych w stanie czuwania, wzmacnianie istotnych adaptacyjnie informacji osobniczych). Dodatkowo, poziom odwracalnego deficytu (po śnie możemy się wybudzić) umożliwia wystąpienie procesów regeneracyjnych. Dotyczy to zwłaszcza struktur czołowych mózgu, uczestniczących w najbardziej zaawansowanej kontroli zachowania w środowisku zewnętrznym.

Dodatkowo, specyficzna aktywność neuronalna podczas snu umożliwia wyprodukowanie nierzadko złożonych doznań sennych (poziom c). Jest to prawdopodobnie cena utrzymywania mózgowia w stanie względnej i zmiennej aktywności oraz realizacji adaptacyjnych programów konsolidacyjnych czy monitorujących otoczenie zewnętrzne w zakresie intensywnych lub ważnych bodźców.

W efekcie uzyskujemy funkcjonalny obraz aktywności poznawczej podczas snu, gdzie stany deficytowe i stany wzmożonej aktywacji usprawniają kompetencje umysłu w stanie czuwania. W tym kontekście świadome doznania senne są raczej przypadkowym efektem współwystępujących komponentów dezaktywacyjnych (deficyty) i aktywacyjnych (programy usprawniające, np. konsolidacja pamięciowa). Stąd też osobliwa natura doznań sennych – z jednej strony chaotyczna i nisko informatywna, a z drugiej uporządkowana i zawierająca złożone narracje.

Na zakończenie warto przyjrzeć się jeszcze ograniczeniom metod neuroobrazowych w opisie (wyjaśnieniu) zjawisk mentalnych, w tym wypadku występujących w czasie snu. Podstawowy problem dotyczy trafności takich metod w opisie umysłu onirycznego. W skrajnej opinii aplikacja danych neurofizjologicznych dostępnych przy monitorowaniu snu w eksplikacji aktywności poznawczej podczas snu jest czysto spekulatywna. Powodem tego jest brak wspólnej perspektywy metodologicznej opisu umysłowych i neurofizjologicznych fenomenów snu⁴³. Zgodnie z tym stanowiskiem, metody neurobiologiczne dostarczają tylko pośrednich informacji w analizie zjawisk poznawczych podczas snu.

⁴³ M. Mancia, *One Possible Function of Sleep: To Produce Dreams*, "Behavioural Brain Research" 1995, nr 1–2, s. 203–206.

W efekcie nawet jeśli takie zjawiska zależą od procesów neurobiologicznych snu, to i tak wyjaśnienia poznawcze z pozycji neuronauk mają status wątpliwych metafor odniesionych do mózgowej czasoprzestrzeni⁴⁴.

Fiński filozof i kognitywista Antti Revonsuo sugeruje, że współczesne metody neurobiologiczne, w tym neuroobrazowe, niekoniecznie potwierdzają podstawowe założenie w neuronaukach o istnieniu autonomicznie funkcjonalnych części systemu nerwowego⁴⁵. Główny problem polega na wyselekcjonowaniu rzeczywistych przyczyn organizacji układu nerwowego wśród znacznej liczby obserwowalnych zjawisk elektrofizjologicznych, hemodynamicznych czy magnetycznych. W efekcie profile aktywacyjne mózgowia nie muszą dowodzić istnienia zakładanych w neuronauce wyspecjalizowanych funkcjonalnie modułów. Skoro tak, to próby czynione przez neurokognitywistów, polegające na wyjaśnianiu zjawisk kognitywnych (np. przetwarzania informacji, reprezentacji i komputacji) przez odwołanie się do konstytuujących je mechanizmów z niższego poziomu organizacji, należy traktować bardzo podejrzliwie. Z tej perspektywy tradycyjne podejście kognitywistyczne, uznające autonomię poziomu psychologicznego i nie określające zależności z poziomem neurobiologicznym, może wydawać się bardziej uzasadnione.

Przedstawiona lista zarzutów metodologicznych wobec strategii badawczych umysłu podczas snu nie powinna jednak przesłaniać nadrzędnego celu, jakim jest postęp naukowy w zgłębianiu zagadek umysłu podczas snu. Zarzuty pod adresem metod neuroobrazowych słabną w perspektywie coraz liczniejszych i bardziej detalicznych badań odsłaniających prawidłowości pomiędzy stanem neurobiologii snu a stanem umysłu podczas snu. Jest to zresztą stała tendencja w badaniach łączących dane neurobiologiczne i psychologiczne. Poza tym, ograniczając umysł w stanie snu wyłącznie do zjawisk mentalnych, trudno byłoby wyjaśnić osobliwości doznań sennych, np. zapominanie snów czy brak samoświadomości⁴⁶. Nie przeceniając roli danych neuroobrazowych i znając ograniczenia w próbach wyjaśnień kauzalnych z takich danych na poziom kognitywny, można śmiało stwierdzić, że strategia niedoceniań ma niski walor naukowy i dość szybko ujawnia poważne trudności eksplanacyjne.

⁴⁴ J.S. Antrobus, *How does the Dreaming Brain Explain the Dreaming Mind?*, "Behavioral and Brain Sciences" 2000, nr 6, s. 904–907.

⁴⁵ A. Revonsuo, *On the Nature of Explanation in the Neurosciences*, (w:) P.K. Machamer, R. Grush, P. McLaughlin (red.), *Theory and Method in the Neurosciences*, University of Pittsburg Press, Pittsburg 2001, s. 45–69.

⁴⁶ J.A. Hobson, E. Pace-Schott, R. Stickgold, op. cit., s. 793–84