

Nieprawidłowości w zakresie mocy absolutnej rytmów Delta i Alfa w płacie czołowym u pacjentów cierpiących na choroby psychosomatyczne

Abnormalities in the absolute power of Delta and Alpha rhythms in the frontal lobe of patients suffering from psychosomatic disorders

Łukasz Bartosz Grabowski^{1,2}, Marek Chełstowski³, Maja Hiszpańska³,
Kamila Łaszewska⁴, Monika Lewandowska⁴, Rafał Milner⁴

¹ Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Szkoła Doktorska Nauk Społecznych

² Wojewódzki Szpital Zespolony im. L. Rydygiera w Toruniu,
Ambulatoryjne Centrum Zdrowia Psychicznego

³ Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu,
student kierunku psychologia na Wydziale Filozofii i Nauk Społecznych

⁴ Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Filozofii i Nauk Społecznych,
Instytut Psychologii, Katedra Psychologii Klinicznej i Neuropsychologii

Summary

Aim. Psychosomatic disorders (somatic symptom disorder – SSD) constitute a heterogeneous group of medical conditions characterized by somatic symptoms without explained somatic causes. Due to the complexity of symptoms, they present a significant medical, social and economic challenge, and diagnosing and treating these disorders remains a substantial clinical challenge. The aim of the conducted research was an attempt to identify characteristic patterns in the surface-level brain bioelectrical activity of individuals experiencing psychosomatic disorders. The obtained results may contribute to understanding the pathomechanism of these disorders and developing objective methods for diagnosis and differentiation of functional dysfunctions.

Material and methods. The study involved a group of 49 individuals: 30 patients with somatic symptom disorder (SSD) and 19 individuals in the control group. Resting-state EEG signals were recorded from the subjects under two experimental conditions (eyes open, eyes closed). The recorded signals underwent quantitative EEG (QEEG) analysis followed by statistical analysis.

Results. EEG signal analysis revealed statistical differences between the studied groups in terms of absolute power in the Alpha band (8–12 Hz) in frontal areas (electrodes F3, Fz, F4) under eyes-open conditions, as well as in the Delta band (1–4 Hz) in the right frontal area (electrode F4) under eyes-closed conditions. Similar changes were not observed in the Beta (12–25 Hz) or High Beta (25–30 Hz) bands.

Conclusions. The detected abnormalities in the surface-level brain bioelectrical activity may indicate potential disturbances in the reception and interpretation of visceral sensations in patients with psychosomatic disorders. The lack of differences in higher frequencies could be helpful in the differential diagnosis between these disorders and other anxiety disorders where psychosomatic symptoms are observed. The obtained results could also be useful in planning protocols involving various neurotherapeutic methods.

Słowa klucze: choroby psychosomatyczne, analiza ilościowa sygnału EEG, diagnostyka

Key words: psychosomatic disorders, quantitative EEG signal analysis, diagnostics

Wstęp

„Choroby psychosomatyczne” (*Somatic Symptom Disorders* – SSD; zaburzenia występujące pod postacią somatyczną) to pojęcie obejmujące szeroką grupę zaburzeń czynnościowych lub jednostek chorobowych niemających jednoznacznej i określonej przyczyny organicznej [1]. Światowa Organizacja Zdrowia (World Health Organization – WHO) w 1964 roku zdefiniowała choroby psychosomatyczne jako jednostki, które przebiegają pod postacią zaburzeń w czynności lub zmian organicznych w poszczególnych narządach lub ich układach w sytuacji, gdy czynniki psychiczne odgrywają ważną rolę w wystąpieniu, rozwoju, zaostrzeniu lub wycofaniu się choroby [2]. Osoby z SSD charakteryzuje szereg objawów obejmujących zarówno sferę psychiczną (zaburzenia snu, zmęczenie), jak i somatyczną (biegunki, kołatanie serca, bóle w różnych obszarach ciała i inne dolegliwości). Z punktu widzenia praktyki klinicznej zazwyczaj objawy z obu grup współwystępują i wzajemnie się wzmacniają [3]. Tego typu korelacje obserwuje się na przykład w fibromialgii lub zespole jelita drażliwego. Jest to specyficzna relacja psychofizjologiczna, która cechuje się dysfunkcyjnym przetwarzaniem oraz dysfunkcyjną interpretacją doznań interoceptywnych lub proprioceptywnych przez wyższe filogenetycznie ośrodki korowe. W jej wyniku rozwijają się wzmocniona koncentracja na objawach, a także wtórny do niej lęk [4]. Jako inny przykład można wskazać przewlekły pierwotny ból kręgosłupa lędźwiowo-krzyżowego (*chronic primary low back pain*), który stanowi jedną z najczęstszych populacyjnych dolegliwości psychosomatycznych [5]. Wiąże się on z zaburzeniami w obrębie układu mięśniowego, jednak ich przyczyny są ośrodkowe. Badania wskazują na zaburzone funkcjonowanie kory somatosensorycznej, nasilone połączenia neuronalne między strukturami podkorowymi (głównie w obrębie wzgórze), zbyt wysokie lub zbyt osłabione pobudzenie okolic czołowych i ciemieniowych mózgu oraz nieprawidłowości w aktywacji współczulnego układu nerwowego [6].

Badania epidemiologiczne z różnych lat dowodzą, że zaburzenia psychosomatyczne mogą stanowić przyczynę nawet jednej na pięć wizyt w placówkach podstawowej opieki zdrowotnej [7].

W przebiegu zaburzeń psychosomatycznych bardzo istotny jest także czas trwania objawów. Ustalono, że im dłużej się one utrzymują (mają chroniczny charakter), tym gorsze jest rokowanie [8, 9]. Ponadto zidentyfikowano wysokie korelacje między dolegliwościami zgłaszanymi przez pacjentów a upośledzonym codziennym funkcjonowaniem, doświadczanym cierpieniem oraz częstym korzystaniem z pomocy zdrowotnej i społecznej [10].

Dotychczasowe klasyfikacje diagnostyczne określały większość chorób psychosomatycznych jako zaburzenia somatoformiczne („somatoformy”; na przykład ICD-10: F45; DSM-5: 300.82) lub objawy niewyjaśnione medycznie (*Medically Unexplained Symptoms* – MUS) [11]. Z klinicznego punktu widzenia istotna jest włoska propozycja *Diagnostic Criteria for Psychosomatic Research* autorstwa Favy i wsp. [12]. Oferuje rozpoznanie kilkunastu zespołów, których podstawowym kryterium są „czynniki psychologiczne oddziałujące na stan somatyczny”. Należy zaznaczyć, że klasyfikacja ta oparta jest głównie na badaniach jakościowych (wywiad ustrukturyzowany). Oznacza to, że rozpoznanie jest ustalane głównie na podstawie relacji pacjenta (paradygmat narracyjny) i może nie być wystarczające do postawienia rzetelnej i obiektywnej diagnozy różnicowej (na przykład w stosunku do zaburzeń z lękiem o stan zdrowia czy zaburzeń z lękiem uogólnionym – por. [13]). Z tego powodu opracowanie rzetelnych, obiektywnych protokołów różnicowania, opartych na parametrach fizjologicznych, wydaje się ważne zwłaszcza dla klinicystów.

Współczesna wiedza z zakresu anatomii oraz neurofizjologii dostarcza informacji o tym, które struktury i sieci neuronalne mogą być potencjalnie zaangażowane w powstawanie i rozwój objawów psychosomatycznych. Badania z użyciem metod neuroobrazowych, takich jak: funkcjonalny rezonans magnetyczny, pozytronowa tomografia emisyjna oraz elektroencefalografia, wskazują, że istnieje korelacja między różnymi objawami psychopatologicznymi a aktywnością niektórych sieci mózgowych [14]. Tego typu zależność wydaje się mieć istotne znaczenie w poznaniu mechanizmów i neurofizjologicznych źródeł chorób psychosomatycznych. Wśród metod neuroobrazowych zainteresowanie może wzbudzać stosunkowo tania, oparta na EEG, a zatem charakteryzująca się wysoką rozdzielczością czasową metoda, jaką jest ilościowa elektroencefalografia (*quantitative Electroencephalography* – qEEG). Technika ta stanowi zbiór różnego typu matematycznych metod analizy sygnału bioelektrycznego mózgu (EEG). Większość z nich, zwłaszcza analizy źródłowe sygnału EEG czy analizy koherencyjne, to doskonałe narzędzie do analizy funkcjonalnej mózgu – oceny aktywności wybranych sieci neuronalnych i połączenia informacji o ich działaniu z objawami psychosomatycznymi [15].

Analizując symptomy chorób psychosomatycznych, należy zwrócić uwagę, że częstym objawem towarzyszącym tego typu dolegliwościom jest ból. Z badań wynika, że strukturami i sieciami wzbudzającymi się podczas jego doświadczania są: wzgórze (jądra śródblaszkowe i tylnoboczne), jądro przyolbrzymiokomórkowe i olbrzymiokomórkowe, twór siatkowaty, istota szara okółowodociągowa, ciało migdałowate, wyspa oraz zakręt obręczy. Szczególnie istotną rolę przypisuje się tutaj także różnym obszarom kory przedczołowej, przedniemu zakrętowi obręczy, mózdzkowi i ciału migdałowatemu [16]. Wśród mózgowych korelatów bólu ważną funkcję pełni ponadto kora somatosensoryczna [17, 18]. Warto zaznaczyć, że pobudzenie wskazanych struktur jest stosunkowo spójne oraz koreluje z subiektywnie postrzeganym nasileniem doznań bólowych. Wymienione struktury i obszary tworzą zaś według niektórych badaczy tzw. neuromatrycę bólu [19]. Dzięki analizom matematycznym rozkładu prądu generowanego przez różne rejony korowe wiemy natomiast, że elektrody czołowe i centralne, wykorzystywane w rejestracjach EEG, stanowią główne źródła sygnałów pochodzących

ze struktur wchodzących w skład neuronalnej sieci bólowej [20]. Szczegółowa analiza tych sygnałów za pomocą na przykład metod opartych na elektroencefalografii może więc stanowić wiarygodne źródło informacji o mechanizmach bólowych u pacjentów psychosomatycznych.

Jak już wspomniano, u osób z chorobami psychosomatycznymi oprócz bólu mocno rozpowszechnioną grupą objawów są również symptomy związane ze wzbudzeniem autonomicznym, takie jak: kołatanie serca, potliwość, napięcie mięśniowe czy dolegliwości ze strony układu pokarmowego bądź moczowego. Stan silnego napięcia nerwowego, stresu czy wzbudzenia autonomicznego ma też komponentę poznawczą. Reakcja stresowa i wzbudzenie wegetatywne mają wpływ na pojemność pamięci roboczej, fluencję słowną, funkcje wykonawcze i elastyczność poznawczą [21, 22]. Deficyt tej ostatniej nie pozwala osobie odczuwającej przewlekły stres zmienić sposobu postrzegania problemu w celu jego analizy i efektywnego rozwiązania [23]. Problemy z funkcjami poznawczymi, wzbudzeniem emocjonalnym i fizjologicznym znajdują oczywiście odzwierciedlenie w aktywności poszczególnych struktur i sieci oraz bioelektrycznej czynności mózgu pacjentów z SSD. Na przykład badania osób chorujących na fibromialgię wykazały, że osoby te w trakcie przetwarzania bodźców afektywnych odznaczały się wyższą mocą absolutną w zakresie pasma 2–22 Hz w porównaniu z grupą kontrolną [24]. Z kolei w badaniach z udziałem osób cierpiących na zespół zmęczenia przewlekłego ujawniono większy udział mocy rytmu Theta w ich widmie sygnału EEG. Sugeruje się, że może to wskazywać na większą podatność na „umysłową męczliwość” i problemy z koncentracją uwagi u pacjentów psychosomatycznych [25, 26]. Ponadto w badaniu, w którym porównano pacjentów z SSD i tzw. dużą depresją (*Major Depressive Disorder* – MDD; ICD-10: F33.2) z grupą osób zdrowych, w obu grupach klinicznych wykazano spadek koherencji rytmu Theta w połączeniu skroniowo-ciemieniowym, co może mieć funkcjonalne znaczenie dla procesów uwagowych i interakcji społecznych. W tym samym badaniu, lecz już tylko w grupie osób z SSD, wykazano także spadek koherencji rytmu Theta w paśmie somatosensorycznym i obszarach czołowo-skroniowych (związanych z percepcją, emocjami oraz czuciem) [27].

W niniejszej pracy podstawowe narzędzie badawcze stanowiła analiza powierzchniowej aktywności bioelektrycznej mózgu. Głównym jej celem była weryfikacja hipotezy, wedle której osoby doświadczające od dłuższego czasu zaburzeń psychosomatycznych charakteryzują się odmienną powierzchniową czynnością EEG niż grupa kontrolna. Uzyskane wyniki są pilotażowe i mają charakter jedynie wstępny. Wykrycie potencjalnych nieprawidłowości może być istotne w poznaniu patologicznych mechanizmów neurofizjologicznych leżących u podłoża SSD. Opracowane wnioski mogą także wskazać kierunek dalszych badań nad biomarkerami w tej grupie zaburzeń, ułatwić obiektywną diagnostykę różnicową opisywanych zaburzeń oraz mogą być pomocne w zaprojektowaniu protokołów neuroterapeutycznych – na przykład z użyciem metod takich jak EEG-biofeedback czy przezczaszkowa stymulacja prądem (*transcranial Current Density* – tCS).

Material i metody

W badaniach wzięło udział łącznie 49 osób. Osoby cierpiące na dolegliwości psychosomatyczne były rekrutowane za pomocą ogłoszeń zamieszczonych w mediach społecznościowych. Wszyscy ochotnicy wypełniali krótki kwestionariusz internetowy, który pozwalał wstępnie ocenić, czy spełniają oni ogólne kryteria włączenia do projektu. Natomiast szczegółowe kryteria kwalifikacji zostały opracowane na podstawie klasyfikacji ICD-10 oraz najnowszych badań naukowych. Grupę kontrolną stanowili ochotnicy (studenci i pracownicy Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu).

Kryteria kwalifikacji do udziału w badaniach to: odpowiedni wiek (18–43 lat); występowanie uciążliwych objawów somatycznych, które nie miały ustalonej organicznej przyczyny, takich jak: bóle głowy, szyi, kręgosłupa, mięśni, zawroty głowy, duszności, wzdęcia brzucha, rozstrój żołądka, mrowienie w palcach, kołatanie serca, ucisk w klatce piersiowej, zamglone widzenie lub plamy przed oczami, szumy w uszach czy głowie i inne dolegliwości; odpowiednia długość trwania symptomów (utrzymujące się min. 6 miesięcy), brak zdiagnozowanych poważnych chorób neurologicznych, psychiatrycznych (np.: depresja, schizofrenia, choroba dwubiegunowa); praworęczność oraz brak regularnego zażywania substancji psychoaktywnych w wywiadzie.

Osoby, które spełniły powyższe kryteria, zapraszano na pierwsze spotkanie – w jego trakcie przeprowadzany był szczegółowy wywiad lekarski oraz odbywała się wizyta u psychologa klinicznego. Badanych informowano wtedy o celu badania, o stosowanych w projekcie procedurach badawczo-pomiarowych, zasadach poufności, a także o możliwości i zasadach odstąpienia od udziału w badaniu. Po zapoznaniu się z informacjami o projekcie uczestnicy podpisali świadomą zgodę na udział w badaniach.

Wizyty u lekarza i psychologa miały formę swobodnej rozmowy „twarzą w twarz”, spełniały zatem kryteria klasycznego wywiadu medycznego i indywidualnego wywiadu psychologicznego [28]. U uczestników projektu weryfikowano dotychczasowe wyniki badań medycznych i sprawdzano (z zastosowaniem polskiej wersji SCID), czy spełniają kryteria choroby psychosomatycznej [29] oraz włączenia do badań. Uwzględniono również aspekt psychotraumatologiczny w celu wykluczenia osób doświadczających prawdopodobnych dysocjacji somatoformicznych.

Na podstawie wywiadu medycznego i psychologicznego ustalono, że wśród osób zgłaszających symptomy choroby psychosomatycznej (PS) kryteria kwalifikacji do badania spełniło 30 osób. Badani najczęściej zgłaszali następujące dolegliwości: bóle głowy (15 osób), bóle szyi (13 osób), bóle pleców (13), kołatanie serca (11), napięcie w klatce piersiowej (11).

Wiek grupy psychosomatycznej (PS) wahał się w granicach 19–43 lat ($M = 24,4$; $SD = 5,58$). Wiek osób z grupy kontrolnej (GK) wahał się w granicach 18–32 lat ($M = 23,4$; $SD = 3,89$).

Ze względu na zauważalne różnice między grupami badanymi w zakresie płci (63,3% stanowiły kobiety) i liczebności (30 pacjentów w grupie eksperymentalnej, 19 osób w grupie kontrolnej) przeprowadzono test chi-kwadrat w celu sprawdzenia istotności tych różnic. Wyniki testów wykazały brak statystycznej istotności między grupami w odniesieniu do tych parametrów. Wskazuje to, że grupy można traktować

jako równoliczne oraz statystycznie nie różnią się one pod względem płci osób badanych.

Głównym punktem projektu było badanie EEG, które odbywało się innego dnia niż wywiady. Sygnał EEG rejestrowano za pomocą 19-kanałowego aparatu EEG firmy Mitsar (St. Petersburg, Russia), a rozmieszczenie elektrod w trakcie badania było zgodne z międzynarodowym standardem 10–20 [30]. Elektrode referencyjną stanowiły sygnały z połączonych wyrostków sutkowatych (*mastoids*), a elektrodą uziemiającą była elektroda w punkcie Fpz. Impedancja elektrod w trakcie rejestracji sygnału EEG wynosiła zawsze poniżej 5 kOhm. Sygnał był próbkowany z częstotliwością 500 Hz oraz filtrowany cyfrowo w paśmie 0,3–50 Hz.

W trakcie badania uczestnicy siedzieli w wygodnym fotelu. Przed rozpoczęciem zapisu byli instruowani, aby postarali zrelaksować, unikali ruchu ciała i napinania mięśni (szczególnie mięśni twarzy, oczu, szyi, okolic stawu skroniowo-żuchwowego). Badanie składało się z dwóch 7-minutowych bloków, podczas których badani proszeni byli o utrzymanie wzroku na jednym wybranym punkcie przed sobą oraz aby pozwolili sobie, by ich myśli dryfowały w dowolnym kierunku – warunek oczu otwarte (*Eyes Open Condition* – EO). Drugi z bloków był identyczny, z tym że badani byli proszeni o zamknięcie oczu – warunek oczu zamknięte (*Eyes Closed Condition* – EC). Kolejność dwóch bloków rejestracji była losowa u każdego z badanych.

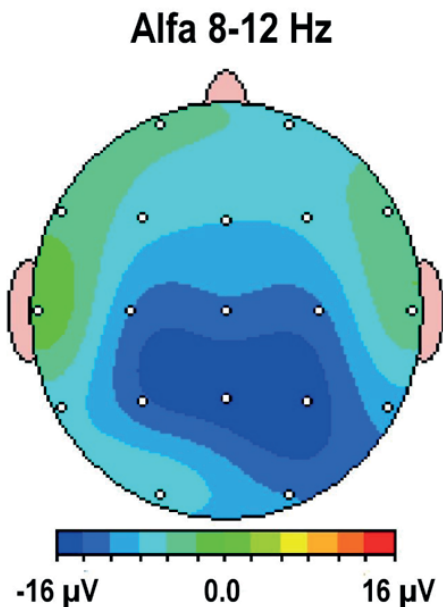
Zarejestrowany sygnał EEG poddawano wstępnemu cyfrowemu przetworzeniu za pomocą programu Neuroguide wersja 2.9.4 (Applied Neuroscience, St. Petersburg, FL) i zaimplementowanych w nim algorytmów. Ich zastosowanie miało za zadanie usunięcie z surowego sygnału EEG artefaktów zakłócających. Wolne od artefaktów sygnały EEG były analizowane ilościowo (*quantitative Electroencephalography* – qEEG). Sygnał poddano analizie Fouriera i na jej podstawie obliczono moc bezwzględną następujących pasm częstotliwości: Delta (1–4 Hz), Theta (4–8 Hz), Alfa (8–12 Hz), Beta (12–25 Hz), Wysoka Beta (25–30 Hz), Gamma (30–35 Hz) oraz Wysoka Gamma (35–40 Hz). Aby można było przeanalizować przestrzenne zmiany sygnału EEG w jego wybranych rejonach, dokonano uśrednienia mocy poszczególnych pasm z wybranych elektrod, tworząc 3 rejony zainteresowania: czołowy (elektrody: F3, Fz, F4), centralny (C3, Cz, C4) oraz ciemieniowy (P3, Pz i P4). Ponadto w celu dokładniejszej diagnostyki przeprowadzono analizy istotności różnic mocy absolutnej dla poszczególnych elektrod bez uśrednienia dla regionów. Sygnały z elektrod znajdujących się w rejonach obwodu głowy nie były analizowane ze względu na liczne zakłócenia.

Analizy statystyczne prowadzono za pomocą pakietu IBM SPSS Statistics ver. 29.0. W ramach statystycznego opisu wskaźników elektrofizjologicznych (moc absolutna mierzonych pasm częstotliwości) obliczono średnie arytmetyczne (M), odchylenia standardowe (SD) i wykonano analizy normalności rozkładów testem K-S (Kolmogorowa-Smirnowa). Dodatkowo obliczono sferyczność wariancji testem Mauchly'ego i poprawkę dla porównań wielokrotnych Bonferroniego. Wszystkie wymagane parametry statystyczne zostały spełnione. Istotności różnic w powierzchniowej aktywności bioelektrycznej mózgu między badanymi grupami sprawdzano za pomocą dwóch modeli wieloczynnikowej analizy wariancji (MANOVA) z powtarzanimi po-

miarami: (1) grupa (2 poziomy) $\times$ warunek (2 poziomy) $\times$ rejon (3 poziomy) oraz (2) grupa (2 poziomy) $\times$ warunek (2 poziomy) $\times$ elektroda (14 poziomów).

Wyniki

Analiza istotności różnic MANOVA w modelu (1) wykazała istotne różnice międzygrupowe w mocy bezwzględnej pasma Alfa (8–12 Hz) w odprowadzeniach czołowych (F3, Fz, F4) dla warunku EO: $F(4, 48) = 11,07$; $p = 0,05$ (rys. 1). Średnia mocy pasma Alfa w okolicach czołowych dla warunku EO w grupie PS wyniosła $14,327 \mu V^2$; $SD = 8,093$, podczas gdy u osób z GK przyjęła wartość $33,118 \mu V^2$; $SD = 38,166$.

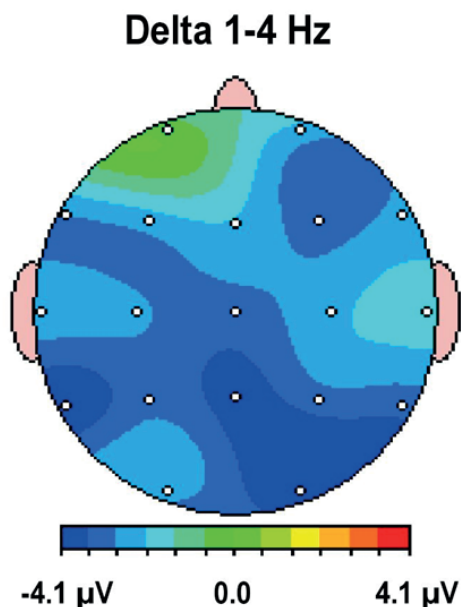


Mapę uzyskano, odejmując od średniego rozkładu (średniej mapy dystrybucji) mocy bezwzględnej pasma Alfa osób psychosomatycznych (PS) średni rozkład mocy bezwzględnej Alfa grupy kontrolnej (KG).

Rysunek 1. Różnicowa dwuwymiarowa (2D) mapa dystrybucji przestrzennej mocy bezwzględnej pasma Alfa (8–12 Hz) dla warunku oczy otwarte

Ponadto w modelu MANOVA (2) w sygnałach rejestrowanych z elektrody F4 w warunku EC analiza statystyczna ujawniła istotnie mniejszą ($F(F4) = 1,464$; $p = 0,05$) średnią moc absolutną pasma Delta (1–4 Hz) w grupie PS ($M = 12,485 \mu V^2$; $SD = 4,061$) niż w tej samej elektrodzie i warunku w grupie kontrolnej (GK) ($M = 15,408 \mu V^2$; $SD = 8,243$) (rys. 2).

W obu testowanych modelach MANOVA nie wykazano istotnych różnic między badanymi grupami w obu warunkach eksperymentalnych (EO, EC) w zakresie pasm Beta. Brak istotnych różnic obserwowano zarówno dla nisko – (12–25 Hz), jak i wysokozakresowej (25–30 Hz) Beta. Brak statystycznych różnic między badanymi grupami eksperymentalnymi dotyczył także pasma Theta i obu pasm Gamma (dla obu analizowanych modeli MANOVA).



Mapę uzyskano, odejmując od średniego rozkładu (średniej mapy dystrybucji) mocy bezwzględnej pasma Delta osób psychosomatycznych (PS) średni rozkład mocy bezwzględnej Delta grupy kontrolnej (KG).

Rysunek 2. Różnicowa dwuwymiarowa (2D) mapa dystrybucji przestrzennej mocy bezwzględnej pasma Delta (1–4 Hz) dla warunku oczu zamknięte

Dyskusja

Zaburzenia psychosomatyczne stanowią istotny problem kliniczny zarówno w podstawowej, jak i specjalistycznej opiece zdrowotnej. Szczególne trudności mogą sprawiać w tym zakresie prawidłowa diagnoza różnicowa oraz dobranie odpowiednich sposobów leczenia. W niniejszym badaniu podjęto próbę analizy różnic w powierzchniowej aktywności bioelektrycznej mózgu między osobami z chorobami psychosomatycznymi i osobami zdrowymi. Wykorzystywanie metod elektrofizjologicznych do badania pacjentów z tymi dolegliwościami może potencjalnie zobiektywizować diagnozę, zwiększyć rzetelność rozpoznania oraz je usprawnić.

Jednym z wyzwań stojących przed dzisiejszą psychiatrią jest różnicowanie zaburzeń psychosomatycznych od dysocjacji somatoformicznych i omamów cenes-tetycznych (cielesnych). Dotychczasowe badania naukowe wykazały, że w wypadku doświadczeń dysocjacyjnych występują pewne wzorce aktywności bioelektrycznej mózgu, charakteryzujące się zmniejszoną ekspresją czynności Theta (4–8 Hz) w okolicach skroniowych [31]. Efekt ten jest widoczny głównie w ilościowych zaburzeniach dysocjacyjnych, takich jak depersonalizacja i derealizacja. Przy zaburzeniach lękowych, takich jak zespół lęku uogólnionego, obserwuje się natomiast odmienny wzorec bioelektryczny, w postaci istotnego wzrostu amplitudy pasma Beta (12–23 Hz) i spadku ekspresji rytmu Alpha w odprowadzeniach czołowych [32].

Przeprowadzone badania wykazały, że pacjenci z rozpoznaniem objawów psychosomatycznych charakteryzują się niższymi średnimi wartościami mocy absolutnych pasma Alpha w okolicy czołowej podczas rejestracji sygnału spoczynkowego EEG przy oczach

otwartych. Odnotowano też występowanie zmniejszonej mocy absolutnej rytmu Delta wyłącznie w odprowadzeniu F4 (prawej okolicy czołowej) w warunku oczy zamknięte.

Uzyskane wyniki w zakresie pasma Beta w kontekście przedstawionych wyżej badań mogą świadczyć o tym, że pacjenci cierpiący na zaburzenia psychosomatyczne różnią się pod tym względem od pacjentów z innymi zaburzeniami lękowymi, w tym z lękiem uogólnionym [32] oraz z lękiem o stan zdrowia [33]. Należy zaznaczyć, że uzyskane wyniki nie pozwalają na konkretną charakterystykę grupy pacjentów pod kątem wyczekiwania zagrożenia i lękowego kierowania uwagi na zewnątrz. Brak różnic między badanymi grupami może być szczególnie pomocny w diagnostyce różnicowej między tymi trzema jednostkami psychopatologicznymi (głównie w wypadku hipochondrii, gdzie obiekt lęku jest podobny do PS). Potwierdzenie tej hipotezy wymagałoby jednak pozyskania większej ilości danych.

Dotychczasowe badania naukowe sugerują, że rytm Delta jest funkcjonalnie powiązany z koncentracją na doznaniach płynących z ciała. Wykazano, że jego amplituda zwiększa się na przykład podczas skupienia uwagi na własnym oddechu [34]. Obniżenie mocy absolutnej w paśmie Delta w niniejszym badaniu może więc potencjalnie oznaczać, że badani pacjenci doświadczali zaburzeń w koncentracji na doznaniach trzewnych oraz mogli wykazywać zniekształcenia poznawcze w ich odbiorze i interpretacji. Ponadto w innych badaniach ujawniono, że istotnie wyższa moc Delta pojawia się w przednich obszarach mózgu bardzo często przy skupianiu się na wykonywaniu zadań związanych z synchronizacją ruchową [35]. Nie jest jednak jasne, czy w proces ten może być zaangażowana interocepcja, czy dotyczy on innych „bardziej globalnych” procesów poznawczych, takich jak na przykład uwaga. Możliwe też, że stanowi on swoistą interakcję między obydwojma procesami. Dlatego wyzwaniem może być próba wytłumaczenia funkcjonalnego znaczenia obserwowanych efektów. Uzyskane wyniki wymagają dalszej eksploracji na większej grupie osób badanych oraz z wykorzystaniem różnych metod pomiaru procesów interoceptywnych, takich jak subiektywne skale samoopisowe lub biomarkery elektrofizjologiczne. Wydaje się, że takim obiektywnym markerem mogą być potencjały wywołane związane z rytmem serca (*Heart Evoked Potentials* – HEP [36, 37]). Istotnym czynnikiem mogą być także indywidualne predyspozycje jednostki w zakresie procesów poznawczych [38], a w określeniu, na jakim poziomie występują nieprawidłowości, pomóc może pogłębione badanie neuropsychologiczne.

Wskazuje się, że zwiększona aktywność pasma Alpha występuje u osób uprawiających tradycyjne formy medytacji, gdzie uwaga jest kierowana do wnętrza ciała [39]. Zmniejszenie jego mocy absolutnej może być potencjalnie związane z zaburzeniem lub obniżeniem umiejętności odbierania i interpretacji sygnałów z wnętrza ciała. Uzyskane wyniki mogą się również łączyć z nadmiernym niepokojem powodowanym przez objawy czynnościowe. W badaniach z udziałem osób odczuwających lęk i stres obserwowano zmniejszoną ekspresję oscylacji mieszczących się w zakresie pasma Alpha [40]. Warto zaznaczyć, że rytm ten nie jest związany głównie z funkcjami wzrokowymi. Najnowsze studia informują o jego powiązaniach z wyższymi funkcjami korowymi, w tym percepcji, pamięci roboczej oraz świadomości [41]. W związku z tym nieprawidłowości wykryte w zakresie pasma Alpha mogą świadczyć o potencjalnych zaburzeniach wielu funkcji poznawczych, być może takich jak przetwarzanie i interpretacja informacji z wnętrza

ciała. Istotne zmniejszenie mocy absolutnej pasma Alpha może także świadczyć o potencjalnych trudnościach z uzyskaniem przez osoby cierpiące na zaburzenia psychosomatyczne stanów mentalnych charakterystycznych dla relaksacji [42].

Główne ograniczenia prowadzonych badań to stosunkowo niewielka liczba badanych osób oraz duża heterogeniczność grupy pacjentów pod względem objawów. Objawy koncentrowały się głównie wokół bólu z różnych okolic ciała (szczególnie klatki piersiowej, głowy oraz serca). Dodatkową trudność stanowią aspekty techniczne powierzchniowej analizy aktywności bioelektrycznej mózgowia, która nie pozwala na dokładną identyfikację struktur cechujących się nieprawidłową aktywnością ani na szczegółową wizualizację zmian między badanymi grupami.

Pomimo coraz większej liczby badań z użyciem zaawansowanych technik neuroobrazowania wciąż nie wiadomo, jakie jest dokładne funkcjonalne znaczenie poszczególnych pasm fal mózgowych. W niniejszej pracy zidentyfikowano wzorce powierzchniowej aktywności bioelektrycznej mózgu, które mogą być potencjalnie pomocne w diagnostyce różnicowej SDD. W przyszłych badaniach celem będzie m.in. zwiększenie liczebności obu grup eksperymentalnych i ujednolicenie zgłaszających się pacjentów pod względem doświadczanych symptomów. Powinno to przynajmniej po części zniwelować problem heterogeniczności badanych grup. Planowane jest także przeprowadzenie analizy lokalizacji wewnątrzmoźgowych źródeł rejestrowanych powierzchniowo sygnałów bądź wykonanie analiz koherencyjnych w celu zidentyfikowania głębiej położonych struktur i sieci mózgowych dysfunkcyjnych u pacjentów cierpiących na choroby psychosomatyczne. Uzyskane wyniki mogą pomóc w lepszym zrozumieniu źródeł choroby i wyznaczaniu obiektywnych kryteriów diagnostycznych.

Badania finansowane ze środków pozyskanych z grantu „Wylaniające się pola badawcze (Emerging Fields)” w ramach programu „Inicjatywa doskonałości – uczelnia badawcza UMK”.

Piśmiennictwo

1. Czachowski S. Zaburzenia funkcjonalne – nowe propozycje definicji, klasyfikacji, etiologii i terapii. *Psychiatr. Pol.* 2023; 57(2): 421–430.
2. WHO Expert Committee on Mental Health & World Health Organization. *Psychosomatic disorders: Thirteenth report of the WHO Expert Committee on Mental Health* [meeting held in Geneva from 22 to 28 October 1963]; World Health Organization; 1964.
3. Van den Bergh O, Witthöft M, Petersen S, Brown JR. *Symptoms and the body: Taking the inferential leap.* *Neurosci. Biobehav. Rev.* 2017; 74(Pt A): 185–203.
4. Leeuw M, Goossens MEJB, Linton SJ, Crombez G, Boersma K, Vlaeyen JWS. *The fear-avoidance model of musculoskeletal pain: Current state of scientific evidence.* *J. Behav. Med.* 2006; 30(1): 77–94.
5. Henningsen P, Zipfel S, Herzog W. *Management of functional somatic syndromes.* *Lancet* 2007; 369(9565): 946–955.
6. Grabowski Ł. *Anatomia czynnościowa dróg i ośrodków bólowych w kontekście psychosomatyki klinicznej.* W: Pilarz ŁB. red. *Wybrane problemy i rozwiązania w medycynie – przegląd zagadnień.* Lublin: Wydawnictwo Naukowe Tygiel; 2021. S. 37–54.

7. Waal de MWM, Arnold IA, Eekhof JA, Hemert van AM. *Somatoform disorders in general practice: Prevalence, functional impairment and comorbidity with anxiety and depressive disorders*. Br. J. Psychiatry. 2004; 184: 470–476.
8. Jackson JL, Passamonti M. *The outcomes among patients presenting in primary care with physical symptom at 5 years*. J. Gen. Intern. Med. 2005; 20(11): 1032–1037.
9. Husain M, Chalder T. *Medically unexplained symptoms: Assessment and management*. Clin. Med. (London) 2021; 21(1): 13–18.
10. Dirkzwager AJ, Verhaak PF. *Patients with persistent medically unexplained symptoms in general practice: Characteristics and quality of care*. BMC Fam. Pract. 2007; 8: 33.
11. Czachowski S, Buczkowski K. *Pacjenci z zespołem MUS w podstawowej opiece zdrowotnej. Wskazówki diagnostyczne i terapeutyczne*. Forum Medyc. Rodz. 2015; 9(1): 38–44.
12. Fava GA, Cosci F, Sonino N. *Current psychosomatic practice*. Psychother. Psychosom. 2017; 86(1): 13–30.
13. Tomalski R, Pietkiewicz I. *Rozpoznawanie i różnicowanie zaburzeń dysocjacyjnych – wyzwania w praktyce klinicznej*. Czasopismo Psychologiczne 2019; 25(1): 43–51.
14. Chua SE, McKenna PJ. *Schizophrenia – a brain disease? A critical review of structural and functional cerebral abnormality in the disorder*. Br. J. Psychiatry 1995; 166(5): 563–582.
15. Chen AC, Rappelsberger P, Filz O. *Topology of EEG coherence changes may reflect differential neural network activation in cold and pain perception*. Brain Topogr. 1998; 11(2): 125–132.
16. Kano M, Oudenhove LV, Dupont P, Wager TD, Fukudo S. *Imaging brain mechanisms of functional somatic syndromes: Potential as a biomarker?* Tohoku J. Exp. Med. 2020; 250(3): 137–152.
17. Moulton EA, Schmahmann JD, Becerra L, Borsook D. *The cerebellum and pain: Passive integrator or active participator?* Brain Res. Rev. 2010; 65(1): 14–27.
18. Peyron R, Laurent B, Garcia-Larrea L. *Functional imaging of brain responses to pain. A review and meta-analysis*. Clin. Neurophysiol. 2000; 30(5): 263–288.
19. Lindsay NM, Chen Ch, Gilam G, Mackey S, Scherrer G. *Brain circuits for pain and its treatment*. Sci. Transl. Med. 2021; 13(619): eabj7360.
20. Vries de M, Wilder-Smith OHG, Jongsma MLA, Broeke van den E, Arns M, Goor van H i wsp. *Altered resting state EEG in chronic pancreatitis patients: Toward a marker for chronic pain*. J. Pain Res. 2013; 6: 815–824.
21. Marko M, Riečanský I. *Sympathetic arousal, but not disturbed executive functioning, mediates the impairment of cognitive flexibility under stress*. Cognition 2018; 174: 94–102.
22. Alexander JK, Hillier A, Smith RM, Tivarus ME, Beversdorf DQ. *Betaadrenergic modulation of cognitive flexibility during stress*. J. Cogn. Neurosci. 2007; 19(3): 468–478.
23. Ionescu T. *Exploring the nature of cognitive flexibility*. New Ideas Psychol. 2012; 30(2): 190–200.
24. Rosselló F, Muñoz MA, Duschek S, Montoya P. *Affective modulation of brain and autonomic responses in patients with fibromyalgia*. Psychosom. Med. 2015; 77(7): 721–732.
25. Siemionow V, Fang Y, Calabrese L, Sahgal V, Yue GH. *Altered central nervous system signal during motor performance in chronic fatigue syndrome*. J. Clin. Neuropsychol. 2004; 115(10): 2372–2381.
26. Neu D, Kajosch H, Peigneux P, Verbanck P, Linkowski P, Le Bon O. *Cognitive impairment in fatigue and sleepiness associated conditions*. Psychiatry Res. 2011; 189(1): 128–134.
27. Ahn J, Han DH, Hong JS, Min KJ, Lee YS, Hahm BJ i wsp. *Features of resting-state electroencephalogram theta coherence in somatic symptom disorder compared with major depressive disorder: A pilot study*. Psychosom Med. 2017; 79(9): 982–987.

28. Stemplewska-Żakowicz K. *Diagnoza psychologiczna. Diagnozowanie jako kompetencja profesjonalna*. Gdańsk: Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne; 2015.
29. World Health Organization. *The ICD-10 Classification of Mental and Behavioural Disorders*. Geneva: World Health Organization; 1992.
30. Jasper HH. *The ten twenty electrode system of the international federation*. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* 1958; 10: 371–375.
31. Kruger C, Bartel P, Fletcher L. *Dissociative mental states are canonically associated with decreased temporal theta activity on spectral analysis of EEG*. *J. Trauma Dissociation*. 2013; 14(4): 473–491.
32. Shen Z, Li G, Fang J, Zhong H, Wang J, Sun Y, Shen X. *Aberrated multidimensional EEG characteristics in patients with generalized anxiety disorder: A machine-learning based analysis framework*. *Sensors* 2022; 22(14): 5420.
33. Lebedeva NN, Maltsev VYu, Pochigaeva KI, Guekht AB. *Neurophysiological peculiarities of cognitive activity in patients anxiety-depressive and hypochondriacal disorders*. *Zh. Nevrol. Psikiatr. Im. S.S. Korsakova*. 2019; 119(3): 43–49.
34. Angioletti L, Balconi M. *Delta-Alpha EEG patterns reflects the interoceptive focus effect on interpersonal motor synchronization*. *Front. Neuroergon.* 2022; 3: 1012810.
35. Angioletti L, Balconi M. *EEG brain oscillations are modulated by interoception in response to a synchronized motor vs. cognitive task*. *Front. Neuroanat.* 2022; 16: 991522.
36. Coll MP, Hobson H, Bird G, Murphy J. *Systematic review and meta-analysis of the relationship between the heartbeat-evoked potential and interoception*. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 2021; 122: 190–200.
37. Baranauskas M, Grabauskaitė A, Griškova-Bulanova I. *Brain responses and self-reported indices of interoception: Heartbeat evoked potentials are inversely associated with worrying about body sensations*. *Physiol. Behav.* 2017; 180: 1–7.
38. Balconi M, Angioletti L. *Dyadic inter-brain coherence induced by interoceptive hyperscanning*. *Sci. Rep.* 2023; 13(1): 4344.
39. Kim J, Kim M, Jang M, Lee J. *The effect of Juigong meditation on the theta to alpha ratio in the temporoparietal and anterior frontal EEG recordings*. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022; 19(3): 1721.
40. Hardt JV, Kamiya J. *Anxiety change through electroencephalographic alpha feedback seen only in high anxiety subjects*. *Science* 1978; 201(4350): 79–81.
41. Palva S, Palva JM. *New vistas for alpha-frequency band oscillations*. *Trends Neurosci.* 2007; 30(4): 150–158.
42. Barry RJ, De Blasio FM, Fogarty JS, Clarke AR. *Natural alpha frequency components in resting EEG and their relation to arousal*. *Clin. Neurophysiol.* 2020; 131(1): 205–212.

Adres: Łukasz Bartosz Grabowski
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
Szkoła Doktorska Nauk Społecznych ARS
Collegium Humanisticum
87-100 Toruń, ul. W. Bojarskiego 1
e-mail: lukasz.grabow890@gmail.com

Otrzymano: 29.08.2023

Zrecenzowano: 18.02.2024

Otrzymano po poprawie: 4.03.2024

Przyjęto do druku: 3.04.2024