

Magdalena Pinkowicka  
Gdański Uniwersytet Medyczny

# Wpływ treningu EEG-Biofeedback na wybrane funkcje poznawcze u dzieci z ADHD

*Influence of the EEG-Biofeedback training on selected cognitive functions in children with ADHD*

## Abstract

**Introduction:** The Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) syndrome is one of the most frequent disorders diagnosed in child psychiatry. EEG-Biofeedback training is one of the methods supporting the therapy of children with ADHD. The EEG-Biofeedback training belongs to the range of psychological training techniques and improves the brain functions, cognitive functions in particular.

**Material and methods:** The test was carried out on a group of 45 children with ADHD at the age of 11,6–12,9, 30 of which were referred to a tested group and the remaining 15 children were assigned to a control group. The examined group was subject to 15 sessions of EEG-Biofeedback trainings, twice a week. The control group was not subject to any psychological therapy for children with ADHD. In order to check the effectiveness of the training, the 2d test of attention by Rolf Brickenkamp was used as well as the Rey Auditory Verbal Learning Test (RAVLT), used mainly for the short-term memory testing.

**Results:** The test results confirmed the thesis that the EEG-Biofeedback training improves the selected attention properties (mainly the ability to focus) and short-term memory. It was proven that the degree of initial attention disorders suffered by children with ADHD, measured with the most important indications, has no significant influence on the degree of change (effectiveness of therapy) resulting from the participation in the EEG-Biofeedback training. It was also confirmed that sex, hand orientation and ADHD type do not affect the degree of the selected attention properties and short-term memory of children who participated in the EEG-Biofeedback training sessions to a statistically significant degree.

**Conclusions:** The EEG-Biofeedback training may be an effective method supporting the basic therapy of children suffering from ADHD.

*Psychiatry 2015; 12, 4: 255–264*

**Key words:** ADHD, neurofeedback, attention, cognitive function

## Wstęp

Zespół nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi (ADHD, *attention deficit hyperactivity disorder*) jest najczęściej występującym zaburzeniem psychicznym okresu dzieciństwa. W Polsce specjalistycznym leczeniem jest objętych tylko około 20% pacjentów. Terapią, która ma potwierdzoną krótkoterminową skuteczność w leczeniu, jest behawioralna modyfikacja zachowań.

Trzeba jednak zaznaczyć, że ową skuteczność rozpatruje się w połączeniu z terapią farmakologiczną. Najskuteczniejszą metodą leczenia ADHD nadal pozostaje terapia farmakologiczna [1]. Istnieją również inne, które można stosować równolegle z podstawowymi metodami leczenia, jedną z nich jest trening EEG-Biofeedback (NF, *Neurofeedback*) [2]. Trening EEG-Biofeedback to uczenie się oparte na warunkowaniu instrumentalnym (pożądane zachowanie jest nagradzane), poprzez podawanie osobie trenującej sygnałów zwrotnych o zmianach stanu fizjologicznego jej organizmu, dzięki czemu może ona nauczyć się świadomie modyfikować funkcje (w tym przypadku fale mózgowie), które normalnie nie są kontrolowane świadomie[3]. W klasyfikacji Amerykańskiego Towarzy-

## Adres do korespondencji:

Magdalena Pinkowicka  
Gdański Uniwersytet Medyczny  
e-mail: magdalena1061985@wp.pl

stwa Psychiatrycznego (APA, *American Psychiatric Association*) istnieje pięć poziomów, które określają efektywność metod leczenia. Na podstawie wyników badań nad skutecznością terapii neurofeedback, zakwalifikowano ją do metod prawdopodobnie skutecznych (poziom 3) [4]. Neurobiologia, czyli nauka o mózgu i komórkach nerwowych rozwija się niezwykle intensywnie. Badania neuropsychologiczne wykazały związek w zapisach poszczególnych fal mózgowych z procesami poznawczymi, na przykład związek rytmu theta z procesami uwagi i pamięci [5]. W badaniach dotyczących budowy i pracy mózgu osób z ADHD wykazano, że osoby cierpiące na te zaburzenia inaczej przetwarzają informacje. Zaburzenia te dotyczą innego funkcjonowania kory przedczołowej, struktur podkorowych, spoidła wielkiego oraz mózdzku [1]. Wyniki neurofizjologicznych badań obrazowych u osób z ADHD wykazały, że u 85–90% z nich odnotowuje się zmiany w obszarze czołowym i środkowym kory mózgowej, odpowiadające za nadaktywność. Analiza QEEG (*Quantitative EEG* — ilościowe badanie EEG) wykazała, że najczęściej występuje nadmiar wolnych fal theta (u dzieci z normalnym IQ 37,3% i u dzieci z niższym IQ 40,9%), fal alfa, czasem nadmiar fal delta oraz zmniejszoną aktywność fal szybkich beta1 i SMR (*Sensorimotor rhythm* — rytm sensomotoryczny). Część badań sugeruje, że niewielka liczba osób może wykazywać nadmierne wzbudzenie korowe. W analizie QEEG obserwuje się wówczas zwiększoną aktywność rytmu beta, zmniejszoną aktywność fal alfa oraz niski współczynnik theta/beta we wszystkich badanych obszarach korowych [6]. W najnowszych badaniach wykazano znaczną niejednorodność cech EEG w populacji osób z ADHD. Sugeruje się, że istnieje kilka różnych podtypów EEG (profilu neurofizjologicznych) w odniesieniu do osób z ADHD, mianowicie podtyp z opóźnionym dojrzewaniem kory mózgowej, podtyp z niedostatecznie zaktywowaną korą mózgową i podtyp z nadmiarem aktywności fal beta. Ponadto, wyodrębniono również podgrupę z nadmiarem aktywności rytmu alfa [7].

Niektórzy naukowcy kwestionują skuteczność terapii EEG-Biofeedback. Wskazują między innymi zły dobór uczestników do grup badanych oraz brak odpowiedniej standaryzacji procedur badawczych. Zarzuty dotyczą również braku grupy kontrolnej, czy to grupy poddanej terapii placebo, czy innej alternatywnej terapii [8]. Część naukowców jest zdania, że efekty treningu EEG-Biofeedback nie są istotnie lepsze od terapii placebo [9, 10]. Kwestią dyskusyjną pozostaje jednak fakt prowadzenia badań nad skutecznością terapii neurofeedback z wykorzystaniem grupy placebo, jako grupy kontrolnej, gdyż w neuroterapii podkreśla się aktywną rolę terapeuty, co powoduje problemy z zaślepieniem badania [11].

### Metodologia badań własnych

Skuteczność terapii EEG-Biofeedback była testowana z wykorzystaniem procedury eksperymentu, polegającego na pomiarze zmian wybranych wskaźników uwagi oraz pamięci krótkotrwałej u dzieci ze zdiagnozowanym zespołem nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi (ADHD), które brały udział w 15 treningach EEG-Biofeedback odbywających się dwa razy w tygodniu. Każde dziecko odbyło 17 indywidualnych spotkań (15 treningów + 2 spotkania diagnostyczne), trwających 60 minut.

### Charakterystyka badanej populacji

W terapii EEG-Biofeedback wzięło udział 30 dzieci w wieku 11,6–12,9; w tym 26 chłopców i 4 dziewczynki. Wszystkie osoby posiadały orzeczenie lekarskie o występowaniu ADHD lub orzeczenie o potrzebie kształcenia specjalnego z uwagi na ADHD lub opinię niepublicznej poradni psychologiczno-pedagogicznej z rozpoznaniem ADHD oraz opinię z poradni PPP, określającą iloraz inteligencji (wskaźnik IQ minimum przeciętne), brak chorób neurologicznych. Grupa kontrolna liczyła 15 osób, w tym 13 chłopców i 2 dziewczynki; warunki i procedura doboru taka sama, jak w przypadku grupy badanej.

### Narzędzia badawcze

W niniejszych badaniach, w celu pomiaru zmian wybranych wskaźników uwagi oraz pamięci krótkotrwałej u dzieci z ADHD wykorzystano dwa narzędzia badawcze, w postaci dwóch testów psychologicznych tj. testu d2 R. Brickenkampa i testu 15 słów Reya.

Do oceny uwagi został wykorzystany test badania uwagi Rolfa Brickenkampa (test d2), w adaptacji polskiej przygotowanej przez Elżbietę Dajek. Wykonanie testu zajmuje łącznie około 10 minut i polega na skreślaniu przez badanego liter „d” z dwiema kreskami: na górze, na dole lub jedną na górze i jedną na dole: „d, „d, „d’”. Litery te są umieszczone w 14 ciągach wśród liter „p” i „d” o zmieniającej się liczbie kresek (od 1 do 2) nad literą i poniżej. Badany wykonuje zadanie na czas. Na skreślenie wskazanych liter ma 20 sekund dla każdego ciągu. Po 20 sekundach czas zaczyna płynąć na rzecz kolejnego ciągu liter. Po zakończeniu zadania zlicza się liczbę prawidłowo skreślonych liter oraz popełnionych błędów (pominięte oraz nieprawidłowo skreślone litery). Następnie oblicza się następujące wskaźniki: WZ — ogólna liczba opracowanych liter, ocenia szybkość pracy badanego; B — suma wszystkich błędów, B% — odsetek liczby popełnionych błędów w ogólnej liczbie opracowanych liter, jest wskaźnikiem dokładności pracy; GP — granice przedziału wyników, informuje o tempie pracy podczas badania; WZ-B — wskaźnik ogólnej zdol-

ności spostrzegania; ZK — zdolność koncentracji. Miary WZ, WZ-B i ZK mają w populacji rozkład normalny [12]. Pomiar wybranych właściwości uwagi za pomocą testu d2 w grupie eksperymentalnej przed i po 15 treningu. W grupie kontrolnej zastosowano pomiar początkowy oraz pomiar po 6 tygodniach (w tym czasie dzieci nie uczestniczyły w żadnej terapii psychologicznej skierowanej do dzieci z ADHD).

Test 15 słów Reya (RAVLT, *Rey Auditory Verbal Learning Test*). Test 15 słów Reya służy do badania szybkości zapamiętywania oraz zdolności przypominania, mierzonych poprzez odtwarzanie i rozpoznawanie materiału słownego. Pozwala na sprawdzenie aktualnej zdolności dziecka do bezpośredniego zapamiętywania i ogólnej sprawności pamięciowej. Test 15 słów Reya bada przede wszystkim pamięć krótkotrwałą i składa się z 7 prób. W pierwszych 5 próbach badający czyta głośno serię niezwiązanych treściowo słów, kontrolując za każdym razem, ile słów badany zdołał zapamiętać. W próbie VI badany ma rozpoznać tę samą serię 15 słów w opowiadaniu czytany przez osobę prowadzącą badanie, natomiast w próbie VII powinien rozpoznać zapamiętane słowa w tym samym opowiadaniu, z tą jednak różnicą, że tekst czyta sam. Według autora testu powtórzenia są wskaźnikiem zdolności kontrolowania przez osobę badaną procesu przypominania. Występowanie powtórzeń świadczy o tym, że dziecko ma problemy z koncentracją uwagi. Występowanie zmyśleń w próbach I–III wskazuje na zaburzenia procesów uwagi, pamięci i kojarzenia. Oczywiście jest to zależne od rodzaju słów, to znaczy czy są to słowa powiązane z testem, czy nie. W tym celu należałoby jednak przeprowadzić analizę jakościową [13]. Trzeba dodać, że w niniejszych badaniach zastosowano analizę ilościową następujących wskaźników: liczby zapamiętanych słów właściwych w 5 próbach, liczby powtórzonych słów w 5 próbach oraz liczby zmyślonych słów w 5 próbach. Krzywa uczenia się nie została objęta analizą.

Pomiar za pomocą testu RAVLT zastosowano w grupie eksperymentalnej przed i po 15 treningu oraz w grupie kontrolnej na początku i po 6 tygodniach.

### Przebieg treningu

Do treningów EEG-Biofeedback został wykorzystany specjalistyczny przenośny system do neurofeedback Nexus 4 (oprogramowanie BioTrace+), posiadający Certyfikat Medyczny. Zapis i analiza sygnału prowadzono z wykorzystaniem jednokanałowego systemu (256 próbek na sek., wzmacniacz Mind Media BV Holandia). Zastosowano referencyjne (monopolarne) ułożenie elektrod. W czasie treningów EEG-Biofeedback sygnał EEG rejestrowany był kolejno z elektrod naklejonych na skórze głowy przy

pomocy pasty przewodząco-klejącej w następujących pozycjach zgodnie z systemem rozmieszczenia elektrod 10-20: czołowej lewej (F3), centralnej lewej (C3), centralnej środkowej (Cz), i centralnej prawej (C4). Trening trwał 30 min, z czego po 10 min w każdym z trzech miejsc tj. C3, Cz, C4 przez 10 treningów, następnie 5 treningów było prowadzone również w w/w miejscach oraz dodatkowo w miejscu F3; czas trwania był następujący: F3- 5min, C3-10min, Cz-5min, C4-10 min. W miejscach F3 i C3 zastosowano protokół theta/beta (zmniejszono amplitudę fal theta i zwiększono amplitudę fal beta), natomiast w miejscach Cz i C4 zastosowano protokół theta/SMR (zmniejszono amplitudę fal theta i zwiększono amplitudę fal SMR).

W trakcie treningu EEG-Biofeedback osoba trenująca siedziała wygodnie w fotelu i grała w wideogrę wyłącznie za pomocą swojego mózgu (bez użycia klawiatury czy joysticka). Przebieg gry jest zobrazowanym przebiegiem fal mózgowych trenowanego, informacje uzyskane z obrazu dają zatem trenującemu możliwość poznania reakcji własnego mózgu. W trakcie gry komputer sygnalizował dźwiękiem bądź obrazem (wzmocnienie pozytywne), kiedy praca mózgu jest dobra. W ten sposób mózg uczył się optymalnej pracy. W tym samym czasie na ekranie terapeuty wyświetlane były amplitudy poszczególnych fal mózgowych (theta, beta, SMR, beta2). Próg wzmocnienia (nagroda w postaci ruchu lub dźwięku) ustawiany był manualnie podczas każdej sesji, indywidualnie dla każdej osoby.

Dodatkowo podczas treningów zastosowano tabelkę, gdzie wpisywano punkty za optymalne zaangażowanie w grę, z tymże wpisywano tylko „10 pkt” za najlepszy wynik (skupienie). Określona liczba „dziesiątek” skutkowało otrzymaniem nagrody od rodzica. Narzędzie to zastosowano, celem zwiększenia motywacji do treningu. Treningi były prowadzone przez jednego terapeuty, którego zadaniem było wzbudzenie motywacji do treningu, poprzez aktywne reagowanie na wszelkie objawy nieuwagi ze strony trenujących.

Na przeprowadzenie badań uzyskano zgodę Niezależnej Komisji Bioetycznej do Spraw Badań Naukowych przy Uniwersytecie Medycznym w dniu 6 czerwca 2013 roku (NKBBN/244/2013).

### Zastosowane narzędzia analizy statystycznej

Do oceny istotności różnic pomiędzy badanymi zmiennymi w grupach powiązanych zastosowano test t dla prób zależnych lub w razie konieczności nieparametryczny test kolejności par Wilcozona. Statystyczną istotność różnic w grupach niepowiązanych zweryfikowano testem t dla prób niezależnych lub nieparametrycznym testem U Manna-Whitneya. Założenie normalności

sprawdzone zostało testem W Shapiro-Wilka zaś jednorodności wariancji testem Levene'a. Test dla dwóch frakcji przeprowadzono z wykorzystaniem statystyki chi kwadrat z poprawką Yatesa. Siłę i kierunek wzajemnej współzależności zmiennych określono na podstawie współczynników korelacji liniowej Pearsona oraz rang Spearmana. Odpowiednie porównania zostały wzbogacone o wykresy ramka-wąsy. Poziom istotności przyjęto  $\alpha = 0,05$ .

Wartości liczbowe statystyk opisowych zostały zaokrąglone do dwóch miejsc po przecinku zaś wszystkie pozostałe wartości do trzech miejsc po przecinku. Wartości testów uznane za statystycznie istotne zaznaczono pogrubioną czcionką. Wszelkie obliczenia statystyczne dokonano, stosując pakiet Statistica 10.

### Wyniki badań

Kluczowe dla oceny skuteczności terapii EEG-Biofeedback było porównanie wyników prezentowanych wskaźników grupy badanej z wynikami grupy kontrolnej, w celu sprawdzenia czy obie grupy pochodzą z tej samej populacji. Przy ustalonym poziomie istotności testy statystyczne wykazały, że grupa eksperymentalna oraz kontrolna są jednorodne pod względem płci, ręczności, typu ADHD (tab. 1) oraz wszystkich wskaźników uwagi i pamięci krótkotrwałej (tab. 2) w momencie przed przystąpieniem grupy eksperymentalnej do terapii.

Grupa eksperymentalna liczyła 30 osób (w tym 4 dziewczynki), zaś grupa kontrolna 15 osób (w tym 2 dziewczynki). Obie były zatem dokładnie zbalansowane pod względem płci. Wszystkie wykorzystane w analizie wskaźniki uwagi (WZ, B, B%, GP, WZ-B, ZK, Błd1, Błd2, Błd3) w badanej grupie przed zastosowaną terapią charakteryzują się średnimi wartościami oraz zmiennością nieznacznie wyższą niż w grupie kontrolnej. Przy

ustalonym 5-procentowym poziomie istotności jest to różnica statystycznie nieistotna. Podobnie wyniki testów istotności różnic dla wartości przeciętnych wskaźników pamięci krótkotrwałej (SC, SR oraz SF) dają podstawy by uznać obie grupy za jednorodne.

W celu weryfikacji hipotezy, że wskaźniki uwagi u dzieci z ADHD poprawiają się w związku z odbyciem treningu EEG-Biofeedback, przeprowadzono test istotności różnic wskaźników testu d2 przed i po treningu. Wszystkie wskaźniki uwagi za wyjątkiem GP (granice przedziału wyników) statystycznie istotnie poprawiły się u dzieci, które odbyły trening EEG-Biofeedback. Zwiększeniu uległa szybkość spostrzegania badanych (WZ), stanowiąca kryterium dla szybkości pracy, a także ogólna zdolność spostrzegania, skorygowana o liczbę błędów (WZ-B). W badanej grupie zmniejszyła się liczba popełnionych błędów (B) oraz zwiększyła zdolność koncentracji (ZK). Wskaźnik ZK ma rozkład normalny i wysoką rzetelność. W grupie dzieci poddanych terapii EEG-Biofeedback wskaźnik WZ wzrósł z poziomu 338,77 do poziomu 428,83 przy jednoczesnym zmniejszeniu się jego zmienności mierzonej odchyleniem standardowym z poziomu 65,72 do 61,37. Podobnie wskaźniki popełnionych błędów B oraz B% spadły odpowiednio z 33,53 do 27,66 oraz z 9,31 do 5,92. Tak jak w przypadku ogólnej liczby opracowanych liter tak i tu rozproszenie wyników zmniejszyło się dla zmian absolutnych (B) z 18,47 do 12,50 zaś zmian względnych (B%) z 4,14 pkt% do 2,41 pkt%. Parametr WZ-B wykorzystujący oba mierniki WZ oraz B w jeszcze większym stopniu obrazuje zmiany, jakie nastąpiły w wyniku odbycia terapii. Jest to przejście średnich z poziomu 305,57 do 410,20. Jeden z najważniejszych wskaźników uwagi ZK zwiększył się bardzo wyraźnie, bo od liczby 105,13 ( $\pm 19,13$ ) do 162,53 ( $\pm 25,50$ ) poprawnie skreślonych liter. Wszystkie średnie wartości

**Tabela 1.** Porównanie zmiennych demograficznych i klinicznych dla dwóch płci

**Table 1.** Comparison of demographic and clinical variables for two sexes

	Grupa eksperymentalna		Grupa kontrolna		$\chi^2$	p
Płeć	Chłopcy	Dziewczynki	Chłopcy	Dziewczynki	0,22	0,642
	26 (87%)	4 (13%)	13 (87%)	2 (13%)		
	10 (33%)	20 (67%)	4 (27%)	11 (73%)		
Ręczność	Prawa	Lewa	Prawa	Lewa	0,01	0,907
	21 (70%)	9 (30%)	11 (73%)	4 (27%)		
	9 (30%)	21 (70%)	4 (27%)	11 (73%)		
ADHD	Typ 0	Typ 1	Typ 0	Typ 1	0,11	0,737
	20 (67%)	10 (33%)	10 (67%)	5 (33%)		
	9 (30%)	21 (70%)	4 (27%)	11 (73%)		

\*ADHD typu mieszanego (typ 0), ADHD z przewagą zaburzeń koncentracji uwagi (typ 1)

**Tabela 2.** Wyniki testów istotności różnic pomiędzy grupami dla wybranych zmiennych  
**Table 2.** Results of significance tests for differences between the groups for selected variables

Zmienna	Parametr	Testy istotności różnic			
		Grupa badana	Grupa kontrolna	t/U	p
WZ-przed	Średnia	338,77	305,40	1,601	0,109
	SD	65,72	43,51		
B-przed	Średnia	33,53	24,13	0,578	0,563
	SD	27,66	9,56		
B%-przed	Średnia	9,31	7,87	0,157	0,876
	SD	5,92	2,81		
GP-przed	Średnia	11,27	10,13	0,927	0,359
	SD	5,15	3,02		
WZ-B-przed	Średnia	305,57	280,60	1,686	0,092
	SD	51,70	40,81		
ZK-przed	Średnia	105,13	103,60	-0,096	0,923
	SD	19,13	12,26		
Błd1-przed	Średnia	9,87	7,27	0,835	0,404
	SD	7,74	3,39		
Błd2-przed	Średnia	14,27	9,40	1,062	0,288
	SD	11,88	4,42		
Błd3-przed	Średnia	9,27	7,87	-0,435	0,663
	SD	8,74	3,27		
SC-przed	Średnia	51,97	55,20	-1,609	0,115
	SD	6,25	6,56		
SR-przed	Średnia	10,53	11,47	-0,893	0,372
	SD	10,40	7,92		
SF-przed	Średnia	1,70	0,93	1,306	0,192
	SD	1,78	1,22		

SD (standard deviation) — odchylenie standardowe; \*WZ — ogólna liczba opracowanych liter; B — liczba popełnionych błędów; B% — procent popełnionych błędów; GP — różnica pomiędzy maksymalną i minimalną ilością opracowanych liter; WZ-B — ogólna zdolność spostrzegania; ZK — zdolność koncentracji; Błd1 — liczba błędów w pierwszym przedziale czasowym; Błd2 — liczba błędów w drugim przedziale czasowym; Błd3 — liczba błędów w trzecim przedziale czasowym; SC — suma słów właściwie odtworzonych w pięciu próbach; SR — suma słów właściwie odtworzonych w pięciu próbach; SF — suma słów zmyślonych w pięciu próbach; przedrostek „przed” — określa dokonanie pomiaru przed terapią

oraz odchylenia standardowe wskaźników błędów mierzonych w trzech przedziałach czasowych (Błd1, Błd2, Błd3) zmniejszyły się kolejno z poziomu 9,87 ( $\pm 7,74$ ) do 4,97 ( $\pm 4,33$ ), z 14,27 ( $\pm 11,88$ ) do 7,80 ( $\pm 5,29$ ), z 9,27 ( $\pm 8,74$ ) do 5,40 ( $\pm 3,90$ ). Porównano również wskaźniki uwagi otrzymane w wyniku dwukrotnego przeprowadzenia testu d2 u dzieci z grupy eksperymentalnej z dziećmi z grupy kontrolnej, a zatem nieuczestniczących w terapii. W grupie kontrolnej nie nastąpiły żadne istotne statystycznie zmiany, poza najmniej znaczącym wskaźnikiem GP.

Wyniki testów istotności różnic wskaźników testu 15 słów Reya, przed i po treningu, pokazały, że wszystkie wskaźniki pamięci krótkotrwałej statystycznie istotnie po-

prawiły się u dzieci, które odbyły trening EEG-Biofeedback (H: Wskaźniki pamięci krótkotrwałej u dzieci z ADHD poprawiają się w związku z odbyciem treningu EEG-Biofeedback). Zwiększeniu uległa liczba zapamiętanych słów właściwych w 5 próbach (SC) oraz zmniejszyła się liczba powtórzeń (SR) i liczba zmyślonych słów w 5 próbach (SF). Według autora testu RAVLT, powtórzenia są wskaźnikiem kontrolowania przez badanego procesu przypominania, zatem zmniejszenie się liczby powtórzeń, wskazuje na poprawę koncentracji uwagi. Suma słów właściwie rozpoznanych w grupie dzieci poddanych terapii zwiększyła się 51,97 do 60,10 przy jednoczesnym spadku rozproszenia z 6,25 do 4,34 słów. Suma słów powtórzonych w pięciu próbach spadła z 10,53

**Tabela 3.** Wyniki testów istotności różnic wskaźników testu d2 dla grupy eksperymentalnej (przed i po treningu EEG-Biofeedback) i kontrolnej (pomiar początkowy i po około 6 tygodniach)**Table 3.** Results of significance tests for differences for indices of test for the examined group d2 (before and after EEG-Biofeedback training) and for the controlled group (from before and after 6 week)

Zmienna przed	Średnia	SD	Zmienna po	Średnia	SD	t/z	P
<b>Test d2 (grupa eksperymentalna) n = 30</b>							
WZ	338,77	65,72	WZ	428,83	61,37	-8,528	0,000
B	33,53	27,66	B	18,47	12,50	3,165	0,002
B%	9,31	5,92	B%	4,14	2,41	4,597	0,000
GP	11,27	5,15	GP	10,23	4,95	1,072	0,293
WZ-B	305,57	57,70	WZ-B	410,20	54,85	-13,671	0,000
ZK	105,13	19,13	ZK	162,53	25,50	4,782	0,000
Błd1	9,87	7,74	Błd1	4,97	4,33	3,557	0,001
Błd2	14,27	11,88	Błd2	7,80	5,29	3,290	0,001
Błd3	9,27	8,74	Błd3	5,40	3,90	2,596	0,009
<b>Test d2 (grupa kontrolna) n = 15</b>							
WZ	305,40	43,51	WZ	308,87	49,84	-0,866	0,401
B	24,133	9,56	B	25,33	9,26	0,369	0,712
B%	7,87	2,81	B%	8,08	2,16	-0,509	0,619
GP	10,13	3,02	GP	9,27	2,49	2,162	0,048
WZ-B	280,60	40,81	WZ-B	283,67	43,57	-0,764	0,458
ZK	103,60	12,26	ZK	104,00	13,36	-0,205	0,840
Błd1	7,27	3,39	Błd1	8,40	3,42	-1,501	0,156
Błd2	9,40	4,42	Błd2	9,53	4,32	-0,147	0,885
Błd3	7,87	3,27	Błd3	7,40	3,38	0,519	0,612

SD (standard deviation) — odchylenie standardowe; \*WZ — ogólna liczba opracowanych liter; B — liczba popełnionych błędów; B% — procent popełnionych błędów; GP — różnica pomiędzy maksymalną i minimalną ilością opracowanych liter; WZ-B — ogólna zdolność spostrzegania; ZK — zdolność koncentracji; Błd1 — liczba błędów w pierwszym przedziale czasowym; Błd2 — liczba błędów w drugim przedziale czasowym; Błd3 — liczba błędów w trzecim przedziale czasowym; przedrostek „przed” — określa dokonanie pomiaru przed terapią; przedrostek „po” — określa dokonanie pomiaru po terapii

**Tabela 4.** Wyniki testów istotności różnic wskaźników testu 15 słów Reya dla grupy eksperymentalnej (przed i po treningu EEG-Biofeedback) oraz grupy kontrolnej (pomiar początkowy i po ok. 6 tygodniach)**Table 4.** Results of significance tests for indices of 15 Rey Words test for the examined group (before and after EEG-Biofeedback training) and for the controlled group (from before and after 6 week)

Zmienna przed	Średnia	SD	Zmienna po	Średnia	SD	t/z	P
<b>Test RAVLT (grupa eksperymentalna) n = 30</b>							
SC	51,97	6,25	SC	60,10	4,34	-9,487	0,000
SR	10,53	10,40	SR	3,73	3,10	4,573	0,000
SF	1,70	1,78	SF	0,20	0,41	3,823	0,000
<b>Test RAVLT (grupa kontrolna) n = 15</b>							
SC	55,20	6,560	SC	54,40	6,998	1,412	0,158
SR	11,47	7,918	SR	14,13	8,123	2,551	0,011
SF	0,93	1,223	SF	0,93	1,280	0,000	1,000

SD (standard deviation) — odchylenie standardowe; SC — suma słów właściwie odtworzonych w pięciu próbach; SR — suma słów właściwie odtworzonych w pięciu próbach; SF — Suma słów zmyślonych w pięciu próbach; przedrostek „przed” — określa dokonanie pomiaru przed terapią; przedrostek „po” — określa dokonanie pomiaru po terapii

**Tabela 5.** Współczynniki korelacji liniowej Pearsona (rang Spearmana)**Table 5.** Indices of straight-line correlation by Pearson (Spearman's rating)

<b>Macierz korelacji (grupa eksperymentalna) n = 30</b>		
	dWZ-B	dZK
WZ-B-	-0,328	0,296
Przed	(-0,225)	(0,356)
ZK-	0,023	-0,122
przed	(0,143)	(-0,141)

\*WZ-B — ogólna zdolność spostrzegania; ZK — zdolność koncentracji; dWZ-B — różnica pomiędzy WZ-B-po oraz WZ-B-przed; dZK — różnica pomiędzy ZK-po oraz ZK-przed; przedrostek „przed” — określa dokonanie pomiaru przed terapią



**Tabela 6.** Wyniki porównania wybranych wskaźników uwagi i pamięci krótkotrwałej w odniesieniu do płci, ręczności i typu ADHD**Table 6.** Results of comparison of selected indices of attention and short-term memory with references to the sex, to the hand-orientation and to the ADHD type

Testy istotności różnic					
Zmienna	Parametr	Dziewczynka	Chłopiec	t/U	p
dWZ-B	Średnia	120,00	102,27		
	SD	34,55	43,03	-0,782	0,441
	N	4	26		
dZK	Średnia	63,00	56,54		
	SD	28,15	18,28	-0,153	0,879
	N	4	26		
dSC	Średnia	7,00	8,31		
	SD	2,58	4,95	0,512	0,613
	N	4	26		
dSR	Średnia	-3,25	-7,35		
	SD	2,75	8,69	-1,228	0,219
	N	4	26		
Zmienna	Parametr	Ręczność — prawa	Ręczność — lewa	t/U	p
dWZ-B	Średnia	95,24	126,56		
	SD	41,66	35,47	-1,966	0,059
	N	21	9		
dZK	Średnia	56,48	59,56		0,697
	SD	19,21	20,73	-0,393	
	N	21	9		
dSC	Średnia	8,38	7,56		
	SD	4,62	5,10	1,000	0,317
	N	21	9		
dSR	Średnia	-7,33	-5,56		
	SD	9,52	4,16	0,433	0,665
	N	21	9		
Zmienna	Parametr	ADHD — typ 0	ADHD — typ 1	t/U	p
dWZ-B	Średnia	101,25	111,40		
	SD	46,49	31,97	-0,618	0,541
	N	20	10		
dZK	Średnia	56,70	58,80		
	SD	22,11	13,16	-0,880	0,379
	N	20	10		
dSC	Średnia	7,85	8,70		
	SD	4,51	5,25	-0,461	0,648
	N	20	10		
dSR	Średnia	-5,50	-9,40		
	SD	4,87	12,55	0,996	0,319
	N	20	10		

SD (standard deviation) — odchylenie standardowe; \*dWZ-B — różnica pomiędzy WZ-B-po oraz WZ-B-przed; dZK — różnica pomiędzy ZK-po oraz ZK-przed; dSC — różnica pomiędzy SC-po oraz SC-przed; dSR — różnica pomiędzy SF-po oraz SF-przed; WZ-B — ogólna zdolność spostrzegania; ZK — zdolność koncentracji; S.C. — suma słów właściwie odtworzonych w pięciu próbach; SR — suma słów właściwie odtworzonych w pięciu próbach

do 3,73 przy równie silnym zmniejszeniu się odchylenia standardowego z 10,40 do 3,10 słów. W odniesieniu do ostatniego wskaźnika pamięci krótkotrwałej, czyli sumy słów zmyślonych również odnotowano spadek z poziomu 1,70 ( $\pm$  1,78) do 0,20 ( $\pm$  0,41). Powyższe pozytywnie weryfikuje hipotezę drugą. Porównano również wskaźniki pamięci krótkotrwałej otrzymane w wyniku dwukrotnego przeprowadzenia testu 15 Słów Reya u dzieci z grupy eksperymentalnej z dziećmi z grupy kontrolnej, a zatem nie uczestniczących w terapii. W grupie kontrolnej nie odnotowano pozytywnych i istotnych statystycznie zmian, poza pogorszeniem się wskaźnika SR, czyli liczby powtórzonych słów w 5 próbach.

W niniejszych badaniach potwierdzono zatem, że uczestnictwo w terapii EEG-Biofeedback poprawia pamięć krótkoterminową i wybrane wskaźniki uwagi u dzieci z ADHD w porównaniu do wyników dzieci nie uczestniczących w terapii.

W badaniach założono, że stopień wyjściowych zaburzeń uwagi u dzieci z ADHD mierzony najważniejszymi wskaźnikami nie wpływa istotnie na wielkość ich zmiany na skutek uczestnictwa w EEG-Biofeedback. W celu potwierdzenia powyższej hipotezy wykorzystano wskaźniki testu d2. Za priorytetowe dla oceny zaburzeń uwagi u dzieci uznano wskaźniki WZ-B, czyli wskaźnik ogólnej zdolności spostrzegania (szybkość pracy skorygowana o liczbę popełnionych błędów) oraz ZK — zdolność koncentracji. Dokonano oceny współzależności ich poziomu przed przystąpieniem do terapii z wielkością zmian po odbyciu EEG-Biofeedback. Zarówno współczynniki korelacji parametrycznej, jak i nieparametrycznej nie różnią się statystycznie od zera, co pozytywnie weryfikuje powyższą hipotezę (tab. 5).

Hipoteza, że płeć, ręczność oraz typ ADHD statystycznie istotnie nie wpływają na stopień wybranych wskaźników uwagi oraz pamięci krótkotrwałej u dzieci, które odbyły trening EEG-Biofeedback, została zweryfikowana pozytywnie na podstawie wyników poniższych testów istotności różnic dla kluczowych wskaźników oceniających stopień poprawy koncentracji uwagi oraz pamięci krótkotrwałej. Do oceny statystycznej wykorzystano dwa wskaźniki z testu d2: ogólną zdolność spostrzegania (WZ-B) i zdolność koncentracji (ZK) oraz dwa wskaźniki testu RAVLT: liczbę zapamiętanych słów właściwych w 5 próbach (SC) i liczbę słów powtórzonych w 5 próbach (SR). Żaden z powyższych wskaźników będących różnicą pomiędzy pomiarem końcowym a początkowym, to jest wskaźnik ogólnej zdolności spostrzegania (dWZ-B), zdolność koncentracji (dZK), liczba zapamiętanych słów właściwych w 5 próbach (dSC) oraz liczba powtórzonych słów w 5 próbach (dSR) nie różnił się statystycznie istotnie w porównywanych grupach niezależnie od za-

stosowanego podziału ze względu na płeć, ręczność, typ ADHD. Warty wzmianki jest jednak fakt, że wskaźnik dWZ-B porównywany w grupie dzieci leworęcznych i praworęcznych był bliski uznania za statystycznie istotnie różniący się ( $p = 0,059$ ).

## Dyskusja

Wyniki badań własnych pokazały, że trening EEG-Biofeedback wpłynął na poprawę wybranych funkcji poznawczych u dzieci z ADHD. Zmianie uległy zarówno wybrane wskaźniki uwagi, w tym zdolność koncentracji, jak i wybrane wskaźniki pamięci krótkotrwałej. W odróżnieniu od badań prowadzonych zagranicą, autor niniejszego artykułu ukazał, iż stosunkowo niewielka liczba treningów tj. 15 sesji (zagranicą 30–50) jest w stanie usprawnić funkcjonowanie wybranych funkcji poznawczych. W badaniach między innymi Fuchs (2003), wykazano, że terapia EEG-Biofeedback zmniejsza objawy ADHD i poprawa szybkość i dokładność pracy, a efekt porównywalny jest do farmakoterapii [14]. W niniejszych badaniach porównanie nasilenia objawów ADHD nie było możliwe z uwagi na krótki okres trwania terapii (6–7 tyg.). Jednocześnie zaznacza się, że 15 treningów EEG-Biofeedback jest fragmentem terapii neurofeedback. Kwestią dyskusyjną jest czas działania terapii EEG-Biofeedback. Jedni badacze wskazują, iż zmiany te są stałe, inni natomiast wskazują, iż efekty przebytych treningów utrzymują się do 6 miesięcy od zakończenia terapii [15, 16]. Biorąc pod uwagę mózgowo mechanizmy uczenia się (trening EEG-Biofeedback jest formą uczenia się), należy pamiętać, że struktury w mózgu i połączenia, które nie są używane, zanikają. Zmiany które mogą być zapoczątkowane w wyniku uczestnictwa w terapii, są jednak korzystne i mogą się stać punktem wyjścia do innych oddziaływań terapeutycznych.

Jak pokazał wynik niniejszego badania, wielkość początkowych zaburzeń nie wpływa na wielkość zmiany w odniesieniu do kluczowych wskaźników uwagi tj. ogólnej zdolności spostrzegania (WZ-B) oraz zdolności koncentracji (ZK). Oznacza to, że w odniesieniu do tych aspektów uwagi, terapia EEG-Biofeedback może być skuteczna bez względu na wielkość początkowych zaburzeń, wskazuje to na uniwersalność metody.

Wykazano, iż stopień poprawy wybranych wskaźników uwagi oraz pamięci krótkotrwałej u dzieci z ADHD nie zależy od płci. W badaniach prowadzonych zagranicą, również nie odnotowano faktu, jakoby trening EEG-Biofeedback był skuteczniejszy w odniesieniu do płci męskiej lub żeńskiej. Trzeba jednak podkreślić, iż zaburzenie określane mianem ADHD, częściej dotyka chłopców, zatem w przeważającej liczbie badań nad skutecznością treningu EEG-Biofeedback, ta grupa stanowi większość.



Analiza statystyczna niniejszych badań, pokazała, iż ręczność nie wpływa statystycznie istotnie na poprawę koncentracji uwagi i pamięci krótkoterminowej (wskaźnik dWZ-B porównywany w grupie dzieci leworęcznych i praworęcznych był bliski uznania za statystycznie istotnie różniący się). Należy dodać, że ręczność ma wpływ na przebieg procesów poznawczych. Lewa półkula odpowiada między innymi za werbalizację, logikę, racjonalizację, natomiast prawa półkula jest wykorzystywana przy czynnościach, które wymagają wyobraźni i wizualizacji. Trzeba jednak zaznaczyć, że odnosi się to przeważnie do osób praworęcznych (wtedy dominuje lewa półkula). W przypadku osób leworęcznych przeważnie dominuje prawa półkula. Wyniki badań wskazują, że osoby leworęczne nie wykazują odwrotnego wzorca asymetrii półkulowej (osoby leworęczne są jednak słabiej zlateralizowane), natomiast częściej niż osoby praworęczne cechują się obustronną lokalizacją mowy (sądzi się, że nawet 30–40% osób leworęcznych). Uważa się, że mowa jest zlokalizowana w lewej półkuli u ponad 90% osób praworęcznych i 60–70% osób leworęcznych. Trzeba również podkreślić, że różnice, które zostały stwierdzone w toku analizy asymetrii półkulowej, występują u osób praworęcznych, z kolei u osób leworęcznych występują rzadko lub w ogóle [17].

W badanej próbie występowały dwa typy zaburzeń tj. ADHD — mieszany i z przewagą zaburzeń koncentracji uwagi. Wyniki przeprowadzonej analizy wykazały, że różnica pomiędzy poziomem wybranych wskaźników uwagi i sprawności pamięci krótkoterminowej między osobami o różnym typie zaburzeń ADHD jest statystycznie nieistotna (zarówno przed, jak i po treningu). Świadczy to o skuteczności terapii EEG-Biofeedback bez względu na typ zaburzeń. Wyniki badań prowadzonych między innymi przez Monastra i wsp. [18] wykazały skuteczność terapii EEG-Biofeedback w odniesieniu do takich komponentów ADHD, jak zaburzenia koncentracji uwagi i impulsywność oraz nikły wpływ w odniesieniu do nadruchliwości.

W niniejszym badaniu porównano wyniki dwukrotnego przeprowadzenia testów (d2 i testu 15 słów Reya)

u dzieci z grupy eksperymentalnej z dziećmi z grupy kontrolnej. Nie odnotowano istotnej zmiany wybranych wskaźników uwagi i pamięci krótkotrwałej w grupie kontrolnej. Potwierdzono zatem, że uczestnictwo w terapii EEG-Biofeedback pozytywnie wpływa na poprawę koncentracji uwagi i pamięci krótkotrwałej u dzieci z ADHD. Powyższe wyniki badań należy traktować jako doniesienie wstępne wymagające potwierdzenia w szerszym zakresie. W przyszłych badaniach dotyczących skuteczności treningu EEG-Biofeedback zasadne byłoby wykorzystanie szerszego spektrum narzędzi neuropsychologicznych oraz zastosowanie w grupie kontrolnej dodatkowych niespecyficznych interwencji, celem potwierdzenia skuteczności metody. Optymalne rozwiązanie dla potwierdzenia skuteczności terapii EEG-Biofeedback to badania wieloosrodkowe.

### Wnioski

Wnioski płynące z dyskusji wyników badań są następujące:

1. W wyniku treningu EEG-Biofeedback poprawie uległy wybrane wskaźniki uwagi, w tym zdolność koncentracji uwagi oraz pamięć krótkotrwała.
2. Niewielka liczba treningów EEG-Biofeedback (15 spotkań) jest w stanie poprawić wybrane funkcje poznawcze u dzieci z ADHD.
3. Wielkość początkowego zaburzenia koncentracji uwagi u dzieci z ADHD nie determinowała wielkości zmiany (efektu) terapii EEG-Biofeedback. Informacja ta świadczy o tym, że jest to metoda uniwersalna, skierowana do dzieci, które przejawiają poważne zaburzenia mechanizmów uwagi oraz tych z mniejszymi zaburzeniami.
4. Terapia EEG-Biofeedback jest tak samo skuteczna w stosunku do dzieci, przejawiających ADHD typu mieszanego, jak i ADHD z przewagą zaburzeń koncentracji uwagi.
5. Trening EEG-Biofeedback jest równie skuteczny zarówno dla osób praworęcznych, jak i leworęcznych.
6. W przyszłych badaniach nad skutecznością treningu neurofeedback zasadne byłoby zastosowanie większej ilości narzędzi badawczych.

### Streszczenie

**Wstęp:** Zespół nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi (ADHD, attention deficit hyperactivity disorder) jest jednym z najczęstszych zaburzeń, diagnozowanych w psychiatrii dziecięcej. Jedną z metod wspomagających leczenie dzieci z ADHD jest trening EEG-Biofeedback. Trening EEG-Biofeedback należy do technik treningu psychologicznego i służy do ulepszania funkcji mózgu, przede wszystkim funkcji poznawczych.

**Materiał i metody:** W badaniu wzięło udział 45 dzieci z ADHD w wieku 11,6–12,9 roku, z czego 30 osób stanowiło grupę badaną, a 15 osób grupę kontrolną. Grupa badana została poddana 15 treningom EEG-Biofeedback, 2 razy w tygodniu. Grupy kontrolnej nie poddano żadnej terapii psychologicznej przeznaczonej dla dzieci z ADHD. W celu

sprawdzenia skuteczności treningu, posłużono się testem do badania wskaźników uwagi — d2 Rolfa Brickenkampa oraz testem 15 Słów Reya (RAVLT), badającym przede wszystkim pamięć krótkotrwałą.

**Wyniki:** Wynikiem badań było potwierdzenie tezy, że trening EEG-Biofeedback poprawia wybrane właściwości uwagi (przede wszystkim zdolność koncentracji) oraz pamięć krótkotrwałą. Wykazano również, że stopień początkowych zaburzeń uwagi u dzieci z ADHD, mierzony najważniejszymi wskaźnikami nie wpływa istotnie na wielkość ich zmiany na wskutek uczestnictwa w treningu EEG-Biofeedback. Potwierdzono również, że płeć, ręczność oraz typ ADHD statystycznie istotnie nie wpływają na stopień wybranych wskaźników uwagi oraz pamięci krótkotrwałej u dzieci, które odbyły trening EEG-Biofeedback.

**Wnioski:** Trening EEG-Biofeedback może być skuteczną metodą wspomagającą leczenie podstawowe dla dzieci z ADHD.  
*Psychiatria 2015; 12, 4: 255–264*

**Słowa kluczowe:** ADHD, neurofeedback, uwaga, funkcje poznawcze

#### Piśmiennictwo:

- Kotakowski A., Wolańczyk T., Pisula A., Skotnicka M., Bryńska A., ADHD — zespół nadpobudliwości psychoruchowej. Gdańsk 2007.
- Chrzanowska B., Świącicka J., Oswoić ADHD. Przewodnik dla rodziców, nauczycieli dzieci nadpobudliwych psychoruchowo. Warszawa 2010.
- Pakszys M., Neurotechnologie i neurofizjologia. Materiały szkoleniowe EEG Instytutu, Warszawa 2010.
- Arns M., De Ridder S., Strehl U., Breteler M., Coenen A., Efficacy of neurofeedback treatment in ADHD: the effects in inattention, impulsivity and hyperactivity: a meta-analysis. *Clinical EEG and Neuroscience* 2009; 40: 180–188.
- Klimesch W., EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Research Reviews* 1999; 29: 169–195.
- Pietrzak B., Tęsiorska E., ADHD — patogeneza i możliwości terapii. *Farmakologia Polska* 2013; 69: 480–484.
- Loo S.K., Makeig S., Clinical utility of EEG in attention-deficit/hyperactivity disorder: a research update. *Neurotherapeutics* 2012; 9: 569–587.
- Schoenberg P.L.A., David A.S., Biofeedback for psychiatric disorders: a systematic review. *Appl. Psychophysiol. Biofeedback* 2014; 39: 109–135.
- Lansbergen M.M., Van Dongen-Boomsma M., Buitelaar J.K., Slaats-Willemse D., ADHD and EEG-neurofeedback: a double-blind randomized placebo-controlled feasibility study. *J. Neural. Transm.* 2011; 118: 275–284.
- Arnold L.E., Lofthouse M.E.N., Hersch S. i wsp., EEG Neurofeedback for attention-deficit/hyperactivity disorder: double-blind sham-controlled randomized pilot feasibility trial. *Journal Attention Disorders* 2013; 17: 410–419.
- Kostulski A., Jasek A., Gmitrowicz A., Biofeedback EEG w praktyce lekarza psychiatry. *Wiadomości Psychiatryczne* 2014; 4: 231–236.
- Brickenkamp R., Test d2. Test badania uwagi, ERDA. Warszawa 2003.
- Choynowski M., Kostro B., Podręcznik do test 15 słów Andre Reya, test udostępniony przez Instytut Psychologii Stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego.
- Kurcz I., Pamięć, uczenie się, język. W: Tomaszewski T. (red.). *Psychologia ogólna*. Warszawa 1995; 269–290.
- Fuchs T., Birbaumer N., Lutzenberger W., Gruzelier J.H., Kaiser J., Neurofeedback treatment for attention-deficit/hyperactivity disorder in children: a comparison with methylphenidate. *Applied Psychophysiology And Biofeedback* 2003; 28: 1–12.
- Meisel V., Servera M., Garcia-Banda G., Cardo E., Moreno I., Reprint of "Neurofeedback and standard pharmacological intervention in ADHD: a randomized controlled trial with six-month follow-up. *Biological Psychology* 2014; 95: 116–125.
- Gevensleben H., Holl B., Albrecht B. i wsp. Neurofeedback training in children with ADHD: 6-month follow-up of a randomised controlled trial. *Eur. Child Adolesc. Psychiatry* 2010; 19: 715–724.
- Monastra V.J., Monastra D.M., George S., The effects of stimulant therapy, EEG biofeedback, and parenting style on the primary symptoms of attention-deficit/hyperactivity disorder. *Applied Psychophysiology and Biofeedback* 2002; 27.