

The dynamics of attentional and inhibitory functions in the presence of distracting stimuli in children with attention-deficit/hyperactivity disorder, high-functioning autism and oppositional defiant disorder

Dynamika działania procesów uwagi i hamowania w obecności bodźców dystrykcyjnych u dzieci z zespołem nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi, autyzmem wysokofunkcjonującym i zaburzeniem opozycyjno-buntowniczym

Department of Clinical Psychology and Neuropsychology, Institute of Psychology, Marie Curie-Skłodowska University, Lublin, Poland

Correspondence: Aneta Rita Borkowska, Zakład Psychologii Klinicznej i Neuropsychologii UMCS, pl. Litewski 5, 20-080 Lublin, tel.: +48 81 537 60 57, e-mail: aneta.borkowska@poczta.umcs.lublin.pl

Zakład Psychologii Klinicznej i Neuropsychologii, Instytut Psychologii Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin, Polska

Adres do korespondencji: Aneta Rita Borkowska, Zakład Psychologii Klinicznej i Neuropsychologii UMCS, pl. Litewski 5, 20-080 Lublin, tel.: +48 81 537 60 57, e-mail: aneta.borkowska@poczta.umcs.lublin.pl

Abstract

Objective: The objective of this study is to elucidate the specific nature of attention and response inhibition deficits in three clinical groups: attention-deficit/hyperactivity disorder, oppositional defiant disorder, and high-functioning autism, as compared to children with a typical development. The analysis approached task performance dynamics as a function of time and the presence of distracting stimuli. **Material and method:** 108 children aged 7–12 years participated in the study – 21 diagnosed with oppositional defiant disorder, 21 with high-functioning autism, 19 with attention-deficit/hyperactivity disorder; 47 made the control group. The study employed the MOXO-CPT to evaluate attention and inhibition functions. **Results:** Pairwise comparisons of clinical groups with typically-developing children in their performance on the entire test indicated considerable differences between the control group and children with both oppositional defiant disorders and attention-deficit/hyperactivity disorder, but not between healthy subjects and children with autism. Performance profiles varied depending on the group, i.e. the type of disorder, and the level of the test, i.e. stimulus duration and intensity, but they were different for the particular studied aspects of attention and/or inhibition. High levels of similarity in functioning for all clinical groups were found in the measures of response accuracy, i.e. sustained attention and the speed of accurate response. The tendency to provide unnecessary responses and difficulties in complying with rules were found only in children with oppositional-defiant disorders. Impulsiveness rates increased over time in the attention-deficit/hyperactivity disorder group, fluctuated over time in autism, while in the oppositional defiant disorder group performance was stable over time, but worse than in the control group. **Conclusions:** The dynamics of attentional and inhibitory control in clinical groups differs considerably in comparison to typically-developing children. The most substantial differences between clinical groups are observed in the inhibition indices.

Key words: ADHD, ODD, autism, attention, inhibition

Streszczenie

Cel: Celem podjętych badań było poszukiwanie specyfiki deficytów funkcjonowania uwagi i hamowania w trzech grupach klinicznych: zespole nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi, zaburzeniu opozycyjno-buntowniczym i autyzmie wysokofunkcjonującym w porównaniu z dziećmi typowo rozwijającymi się. Analizowano dynamikę wykonania zadań w kontekście efektu zmiennej czasu oraz obecności bodźców dystrykcyjnych. **Materiał i metoda:** Zbadano 108 dzieci w wieku 7;00–12;00 lat, w tym 21 z zaburzeniem opozycyjno-buntowniczym, 21 z autyzmem wysokofunkcjonującym, 19 z zespołem nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi i 47 z grupy kontrolnej. Do oceny aspektów uwagi i hamowania zastosowano test MOXO-CPT. **Wyniki:** We wskaźnikach wykonania całego testu porównania parami grup klinicznych z dziećmi zdrowymi wykazały istotne różnice pomiędzy grupą kontrolną a dziećmi z zaburzeniami opozycyjno-buntowniczymi i zespołem nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi, natomiast pomiędzy dziećmi zdrowymi a dziećmi z autyzmem nie stwierdzono różnic. Istnieje zróżnicowanie profili wykonania w zależności od grupy, czyli rodzaju

zaburzenia oraz od etapu testu, czyli czasu i jakości dystraktora, ale zależy to od badanego aspektu uwagi i/lub hamowania. Wysokie podobieństwo funkcjonowania we wszystkich grupach klinicznych uzyskano w miarach poprawności reakcji, czyli podtrzymywaniu uwagi oraz szybkości poprawnej reakcji. Tendencja do bezcelowego reagowania i trudności w przestrzeganiu reguł pojawiły się tylko u dzieci z zaburzeniami opozycyjno-buntowniczymi. W grupie dzieci z zespołem nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi impulsywność nasilała się z czasem, w autyzmie była zróżnicowana w czasie, a w grupie dzieci z zaburzeniami opozycyjno-buntowniczymi wykonanie było stabilne w czasie, ale gorsze niż w grupie kontrolnej. **Wnioski:** Grupy kliniczne różnią się istotnie w dynamice funkcjonowania uwagi i hamowania od dzieci typowo rozwijających się. Największe różnice pomiędzy grupami klinicznymi widoczne są we wskaźnikach hamowania.

Słowa kluczowe: ADHD, ODD, autyzm, uwaga, hamowanie

INTRODUCTION

Attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD), autism spectrum disorder (ASD), and oppositional defiant disorder (ODD) belong to a group of developmental problems and, despite being classified as separate clinical entities, they share a number of common characteristics (Matson *et al.*, 2013). Behavioural, structural, and genetic studies indicate a certain “overlapping” of symptoms, deficits, and etiological factors in ADHD, ASD, and ODD (Banaschewski *et al.*, 2011; Manouilenko *et al.*, 2013; Ronald *et al.*, 2010).

On the behavioural level, high rates of comorbidity of symptoms can be observed. The number of ADHD diagnoses among children with ASD ranges between 20% and 70% (Matson *et al.*, 2013), and the hyperactivity symptoms in people with ASD are similar to symptoms in isolated ADHD (Sinzig *et al.*, 2009). There is also a correlation between the gravity of ASD symptoms and the co-occurrence of ADHD (Holtmann *et al.*, 2007). Numerous studies have found that problems with social functioning observed in children with ADHD might be etiologically and behaviourally correlated with autism spectrum (Kądziała-Olech, 2014; Rommelse *et al.*, 2010). Higher prevalence of ODD, up to 27%, was noted in children with ASD than in their unaffected peers (Chien *et al.*, 2014; Gadow *et al.*, 2008). The rate is even higher in children with ADHD, with 50% of them meeting the diagnostic criteria for ODD (Mayes *et al.*, 2012).

What the said disorders have in common, among other things, is deficits in executive functions, including attention and response inhibition impairment (Petersen and Posner, 2012). However, the deficits are not homogenous in their clinical pictures. They constitute either a diagnostic criterion for a given disorder, as in case of ADHD, or a characteristic feature of a given clinical entity, yet without vital significance for diagnosis, as with autism and oppositional defiant disorder.

As far as the ADHD group is concerned, attentional problems and difficulties in response inhibition are extensively found in all dimensions of these mental processes, but attention and inhibition disorder profiles differ depending on the subtype of the disorder (Borkowska, 2008). In children with ASD, continuous performance tests (CPT) reveal

WSTĘP

Zespół nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi (*attention-deficit/hyperactivity disorder*, ADHD), zaburzenia ze spektrum autyzmu (*autism spectrum disorder*, ASD) i zaburzenia opozycyjno-buntownicze (*oppositional defiant disorder*, ODD) to grupa problemów rozwojowych, które pomimo iż są odrębnymi jednostkami klinicznymi, mają wiele cech wspólnych (Matson *et al.*, 2013). Badania behawioralne, strukturalne, genetyczne wskazują na częściowe „nakładanie się” symptomów, deficytów i czynników etiologicznych w ADHD, ASD i ODD (Banaschewski *et al.*, 2011; Manouilenko *et al.*, 2013; Ronald *et al.*, 2010).

Na poziomie behawioralnym obserwuje się wysokie wskaźniki współwystępowania objawów zaburzeń. Procent rozpoznania ADHD wśród dzieci z ASD mieści się w zakresie od 20% do 70% (Matson *et al.*, 2013), a symptomy nadpobudliwości u osób ze spektrum autyzmu są podobne jak w izolowanym ADHD (Sinzig *et al.*, 2009). Stwierdza się także korelację ciężkości symptomów ASD z faktem współwystępowania ADHD (Holtmann *et al.*, 2007). Wiele badań wskazuje, że problemy funkcjonowania społecznego obserwowane u dzieci z ADHD mogą być etiologicznie i behawioralnie powiązane ze spektrum zaburzeń autystycznych (Kądziała-Olech, 2014; Rommelse *et al.*, 2010). W grupie z ASD o około 27% częściej niż w grupie zdrowych pojawiają się symptomy ODD (Chien *et al.*, 2014; Gadow *et al.*, 2008), odsetek ten u dzieci z ADHD jest jeszcze wyższy i lokuje się na poziomie 50% (Mayes *et al.*, 2012).

Wśród wspólnych dla omawianych zaburzeń deficytów są zaburzenia procesów wykonawczych, w tym uwagi i hamowania (Petersen i Posner, 2012), które jednak mają różny status w ich obrazie klinicznym. Albo stanowią cechę kryterialną dla zaburzenia, jak w ADHD, albo są cechą charakterystyczną daną jednostką kliniczną, ale bez zasadniczego znaczenia dla rozpoznania, jak w przypadku autyzmu i zaburzenia opozycyjno-buntowniczego.

W grupie ADHD problemy uwagowe i trudności w hamowaniu są rozległe, obejmują wszystkie aspekty tych procesów, przy czym profile zaburzeń uwagi i hamowania są różne w zależności od podtypu zaburzenia (Borkowska, 2008). U dzieci z ASD stwierdzono deficyty czujności, uwagi skoncentrowanej i podtrzymywania uwagi w testach

deficits in vigilance, focused attention, and sustained attention (Chien *et al.*, 2014) as well as in all attentional networks, i.e. the alerting, orienting, and executive control networks (Keehn *et al.*, 2013). There are also studies that link problems with sustaining attention mainly to motivation and stimulus type (Keehn *et al.*, 2013). Research findings concerning response inhibition in ASD are inconsistent. Some works suggest that inhibition performance is comparable in ASD children and healthy subjects; others point to a low performance of the former (Pisula and Strzaska, 2014). One of the best documented feature of inhibition is the deficit in resistance to distractors (Adams and Jarrold, 2012).

ODD is related to ADHD particularly in terms of impulsivity and inattention (Thorell and Wählstedt, 2006). Sergeant *et al.* (2002) found that both groups are similar in the way they differ from typically-developing children in terms of attention, inhibition, and other executive functions. On the other hand, a body of research evidences that inhibition deficits tend to be specific for ADHD rather than ODD (Oosterlaan *et al.*, 2005; Waschbusch, 2002). No correlation between executive function deficits and ODD has been found, as opposed to ADHD, where these deficits prove significant (Oosterlaan *et al.*, 2005). Differences in the quality/type of inhibition deficits have also been found between ADHD and ODD (Brocki *et al.*, 2007). In the context of ODD, inhibition deficits are more often described with regard to emotional/motivational functions rather than cognitive functions (Noordermeer *et al.*, 2016; Puzzo *et al.*, 2016).

As the above-mentioned study results indicate, each clinical group manifests deficits in attention and inhibition functions when compared to typically-developing children. However, none of the existing studies that compare ADHD, ODD, and autism provides an insight into the specifics of how these mental processes are performed. Therefore, the aim of this study is to compare the time-specific and distraction-induced dynamics of attention and inhibition processes in three clinical groups: subjects with ADHD, ODD, and autism as well as in the control group of typically-developing children.

MATERIAL AND METHOD

The study involved four groups totalling to 108 children, including 21 subjects with ODD, 21 with high-functioning autism, 19 with ADHD, and 47 healthy subjects in the control group. The age range of study participants was 7–12 years, with $M = 9.67$; $SD = 1.11$ in ODD group; $M = 9.05$; $SD = 1.53$ in high-functioning autism group; $M = 9.37$; $SD = 1.53$ in ADHD group. The groups were age-matched, the differences being statistically insignificant ($F_{(3;104)} = 2.576$; $p > 0.05$). All children in the clinical groups were diagnosed prior to the study and were provided with a formal clinical diagnosis by a team involving a child psychiatrist or child neurologist, in cooperation with

ciągłego wykonania (*continuous performance tests*, CPT) (Chien *et al.*, 2014), a także w funkcjonowaniu każdej sieci uwagowej: orientacyjnej, czujności i wykonawczej (Keehn *et al.*, 2013). Można znaleźć też prace wyjaśniające problemy z podtrzymywaniem uwagi głównie czynnikiem motywacyjnym i zależnością od rodzaju bodźca (Keehn *et al.*, 2013). Wyniki badań hamowania w ASD są niejednoznaczne. Niektóre prace sugerują porównywalną z osobami zdrowymi efektywność procesu hamowania, inne świadczą na rzecz niskiej sprawności w tym zakresie (Pisula i Strzaska, 2014). Jedną z cech hamowania dobrze udokumentowaną jest deficyt odporności na dystraktory (Adams i Jarrold, 2012).

ODD wykazuje podobieństwo do ADHD zwłaszcza w impulsywności zachowania i nieuwadze (Thorell i Wählstedt, 2006). Sergeant i wsp. (2002) stwierdzili, że grupy te różnią się w podobny sposób od typowo rozwijających dzieci się w miarach uwagi, hamowania i innych funkcjach wykonawczych. Z drugiej strony powstały prace, w których udowadnia się, że deficyty hamowania są raczej specyficzne dla ADHD, a nie dla ODD (Oosterlaan *et al.*, 2005; Waschbusch, 2002). Stwierdzono brak korelacji pomiędzy deficytami funkcji wykonawczych a ODD, natomiast okazały się one istotne w ADHD (Oosterlaan *et al.*, 2005). Wskazuje się też na różnice w jakości/rodzaju deficytu hamowania w ADHD i w ODD (Brocki *et al.*, 2007). W ODD częściej opisuje się deficyty hamowania w odniesieniu do procesów emocjonalno-motywacyjnych niż procesów poznawczych (Noordermeer *et al.*, 2016; Puzzo *et al.*, 2016). Jak wskazują powyższe dane, każda grupa kliniczna prezentuje deficyty w funkcjach uwagi i hamowania, gdy porównywana jest z dziećmi rozwijającymi się typowo. Nie ma jednak prac porównujących ADHD, ODD i autyzm pod względem specyfiki przebiegu tych procesów psychicznych. Dlatego celem podjętych badań jest porównanie dynamiki funkcjonowania uwagi i hamowania jako efektu zmiennej czasu oraz obecności bodźców dystrakcyjnych w trzech grupach klinicznych: z ADHD, ODD i autyzmem oraz w grupie dzieci typowo rozwijających się.

MATERIAŁ I METODA

W badaniach uczestniczyło 108 dzieci z czterech grup, w tym 21 osób z ODD, 21 z autyzmem wysokofunkcjonującym, 19 z ADHD i 47 z grupy kontrolnej. Badane dzieci były w wieku 7;00–12;00 lat – w grupie z ODD $M = 9,67$; $SD = 1,11$; w grupie z autyzmem wysokofunkcjonującym $M = 9,05$; $SD = 1,53$; w grupie z ADHD $M = 9,37$; $SD = 1,53$. Grupy były porównywalne pod względem wieku, różnica jest nieistotna statystycznie ($F_{(3;104)} = 2,576$; $p > 0,05$). Wszystkie dzieci z grup klinicznych były uprzednio diagnozowane i posiadały formalną diagnozę kliniczną postawioną przez zespół z udziałem psychiatry dziecięcego lub neurologa dziecięcego we współpracy z psychologiem lub/i innymi specjalistami w zależności od indywidualnych potrzeb dziecka. Dzieci z ADHD rekrutowano spośród

a psychologist and/or other specialists depending on the individual needs of a child. Subjects with ADHD were recruited in therapeutic centres for children with ADHD as well as psychiatric and psychological clinics in Lublin. Participants with ODD were patients of child and adolescent psychiatric inpatient units in Lublin, Parczew, and Garwolin. Children with high-functioning autism were patients of therapeutic centres and inpatient units for children with autism in Lublin and Garwolin.

Participants in the control group were recruited from regular state schools in Lublin and age-matched to subjects in the clinical groups. The exclusion criteria for both control and clinical groups were: intellectual disability, chronic conditions, uncorrected sensory deficits, and any other diagnosed comorbid mental disorders.

The legal guardians and caregivers submitted a written informed consent prior to the study, and the research program was approved by the Ethics Commission attached to the Faculty of Pedagogy and Psychology at the Marie Curie-Skłodowska University.

The study employed the MOXO-CPT version (Berger and Goldzweig, 2010). It is a computerized test serving as a tool to evaluate the person's attentiveness profile, i.e. to diagnose deficits in attention and inhibition. As with other CPT, the participant is supposed to press the space bar only when the pre-specified stimulus appears on screen, and refrain from reacting to all other stimuli. This task requires the participant to sustain attention and select specific stimuli. Aside from the traditional task, the employed MOXO-CPT contains a series of visual and auditory distractors, which introduces another variable to the test, i.e. the inhibition of external distracting stimuli. The test consists of eight levels, 53 trials each (including 33 target and 20 non-target stimuli), and lasts 15.2 minutes. In each trial, the target (or non-target) stimulus is presented in the centre of the screen for 500, 1000, or 3000 ms, followed by a void period of corresponding duration. The stimulus remains on screen for the full duration of the predetermined presentation time regardless of whether a response was given or not, which allows for the evaluation of both speed and accuracy. The child is located at 60 cm from the computer screen and is instructed to respond to target stimulus as quickly as possible by pressing the space bar once, and only once. The child is also instructed not to respond to any other stimuli but the target ones, and not to press any other key but the space bar. Both target and non-target stimuli are cartoon pictures. Target stimulus is invariably a child's face, whereas non-target stimuli include different images of animals: giraffe, wolf, duck, and fox. The distracting stimuli aim to simulate the child's real-life environment. They are of various degrees of similarity to the target stimulus. Distractors are short animated video clips containing visual and auditory features which can appear separately or together. In all levels of the test, both target and non-target stimuli are presented in the same way, but they differ in terms of distractor qualities. Levels 1 and 8 include

podopiecznych ośrodków terapeutycznych dla dzieci z ADHD i klientów poradni psychiatrycznych i psychologicznych w Lublinie. Dzieci z ODD były pacjentami dziecięco-młodzieżowych oddziałów psychiatrycznych w Lublinie, Parczewie i Garwolinie. Dzieci z autyzmem wysokofunkcjonującym były podopiecznymi ośrodków terapeutycznych i oddziałów dla dzieci z autyzmem w Lublinie i Garwolinie. Dzieci z grupy kontrolnej zostały dobrane wiekiem do grup klinicznych spośród dzieci uczęszczających do typowych szkół masowych w Lublinie. Kryteria wyłączenia zarówno z grup klinicznych, jak i kontrolnej stanowiły: niepełnosprawność intelektualna, choroby przewlekłe, nieskorygowane deficyty sensoryczne, współwystępujące zdiagnozowane inne zaburzenia funkcjonowania psychicznego.

Rodzice wszystkich dzieci wyrazili pisemną zgodę na udział ich dzieci w badaniach, a Komisja Etyki działająca przy Wydziale Pedagogiki i Psychologii Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej zaakceptowała program badań.

W badaniach został zastosowany test MOXO-CPT (Berger i Goldzweig, 2010). Jest to komputerowy test opracowany w celu diagnozy deficytów uwagi i hamowania. Podobnie jak w innych testach ciągłego wykonania CPT, osoba badana ma naciskać na przycisk na klawiaturze komputera tylko w momentach, gdy na ekranie pojawi się wcześniej ustalony bodziec, natomiast nie powinna reagować na wszystkie inne bodźce. Wymaga to od uczestnika podtrzymywania uwagi oraz selekcji określonych bodźców. Wykorzystany test MOXO-CPT, oprócz klasycznego zadania, zawiera w sobie także bodźce dystrykcyjne wzrokowe i słuchowe, co wprowadza do testu dodatkową zmienną, czyli hamowanie działania zewnętrznych dystryktorów. W teście jest osiem poziomów, z których każdy składa się z 53 prób (w tym 33 to bodźce celowe, a 20 niecelowe). Długość trwania całego testu to 15,2 min. W każdej próbie bodziec celowy (lub niecelowy) jest prezentowany w centrum ekranu przez 500, 1000 lub 3000 ms, po czym następuje czas bez bodźca o tej samej długości co czas ekspozycji bodźca. Bodziec pozostaje na ekranie w założonym czasie niezależnie od tego, czy pojawiała się reakcja, czy nie. Pozwala to na ocenę szybkości i dokładności reagowania. Dziecko siedzi 60 cm od ekranu i jest proszone o naciśnięcie tak szybko, jak potrafi, klawisza spacji tylko jeden raz po zobaczeniu bodźca oraz o nienaciskanie klawisza (ani innych klawiszy) w przypadku innych bodźców. Bodźcem celowym jest twarz dziecka z kreskówki, natomiast jako bodźce niecelowe zostały wykorzystane rysunki w takiej samej konwencji: żyrafa, wilk, głowa kaczora i lis. Bodźce dystrykcyjne symulują bodźce, z którymi dziecko spotyka się w swoim naturalnym środowisku. Są w różnym stopniu podobne do bodźca celowego. Są to krótkie animacje wideo o charakterze wzrokowym lub słuchowym, pojawiające się osobno lub razem. W poszczególnych etapach testu sposób prezentacji bodźców celowych i niecelowych jest taki sam, natomiast różnią się one jakością dystryktorów. Etapy 1. i 8. nie zawierają żadnych dystryktorów, etapy 2. i 3. zawierają czyste dystryktory wzrokowe, 4. i 5. – czyste słuchowe, a 6. i 7.

no distractors, levels 2 and 3 include pure visual distractors, levels 4 and 5 provide pure auditory distractors, and levels 6 and 7 present combinations of visual and auditory distractors. In levels 2, 4, and 6 only one distractor appears, whereas levels 3, 5, and 7 provide two distractors simultaneously. The test includes four performance index scores for:

- *Attention* – defined by the number of correct responses (pressing the space bar in response to a target stimulus) during a stimulus presentation or the void period of equal duration that follows. The attention index allows the assessment of responding ability, i.e. whether the subject noticed the stimulus and sustained attention, independently of the response time (Berger *et al.*, 2013).
- *Timing* – the index calculates the number of correct responses given only when the target was present on the screen. Responses occurring after the stimulus has disappeared are not included. The index measures how quickly and accurately subjects respond to stimuli.
- *Impulsiveness* – defined by the number of inappropriate responses to the non-target stimuli (hyperresponses).
- *Hyperactivity* – understood as a tendency to excessively press the keyboard buttons without any stimulus. The hyperactivity index is the total number of all types of unnecessary responses that were not coded as impulsive responses (e.g. multiple responses to the same stimulus or random pressing of the space bar).

The MOXO-CPT tests were administered in institutions the children had been referred to, as well as in clinics and therapeutic centres. A few tests were carried out on the premises of Marie Curie-Skłodowska University, in the Research and Didactic Laboratory of the Institute of Psychology.

Statistical analyses were performed using SPSS-22 software. Descriptive statistics was applied in the case of dependent variables and a Student's *t*-test was used for single comparisons between the control group and particular clinical groups. The one-way analysis of variance (ANOVA) technique was employed to compare the performance of all groups in the test's major indices, while a mixed-design multivariate analysis of variance (General Linear Models, Repeated Measures) was used to identify differences between all groups in their performance for each of the test's four major indices, in all of its eight levels.

RESULTS

Pairwise comparisons of test performance indices in clinical and control groups revealed significant differences between the control group and children with ODD and ADHD in all indices, whereas no differences were identified between healthy children and children with high-functioning autism (Tab. 1). In the second stage of the statistical analysis, scores obtained by all groups for all major indices of MOXO-CPT were compared. The analysis revealed that the groups differed only in terms of the *Hyperactivity* index – $F_{(3;104)} = 3.670$; $p = 0.015$; $\eta^2 = 0.096$. The Bonferroni test for multiple comparisons revealed a statistically significant

– kombinacje wzrokowych i słuchowych. Kolejność dystraktorów oraz ich ułożenie są takie same na każdym poziomie. W etapie 2., 4. i 6. pojawia się tylko jeden dystraktor, natomiast w 3., 5. i 7. – dwa dystraktory jednocześnie. Wskaźnikami w teście są:

- *Podtrzymywanie uwagi* – mierzone liczbą prawidłowych naciśnień w odpowiedzi na bodziec celowy podczas czasu prezentacji bodźca na ekranie oraz w określonym czasie po zniknięciu bodźca z ekranu. Długość tego czasu była dokładnie taka sama jak długość czasu prezentacji bodźca. W ten sposób możliwa była ocena zdolności osoby badanej do zareagowania na bodziec, czyli tego, czy został on przez osobę badaną zauważony, rozpoznany jako bodziec, czy osoba była uważna na bodziec, niezależnie od jej szybkości reakcji (Berger *et al.*, 2013).
- *Zdolność do szybkiej reakcji* – wskaźnik ukazujący liczbę poprawnych reakcji na bodziec tylko podczas prezentacji bodźca na ekranie. Do tej grupy reakcji nie włącza się reakcji, które pojawiły się po czasie zaniknięcia bodźca z ekranu. To wskaźnik szybkości i dokładności reakcji osób badanych.
- *Impulsywność* – definiowana jako liczba błędnych reakcji na bodźce niecelowe (nadreakcji).
- *Nadaktywność* – rozumiana jako tendencja do nadmiernego naciskania na przyciski klawiatury, nieuzasadnionego bodźcem. Wskaźnikiem jest liczba wszystkich niepotrzebnych reakcji, które nie są kodowane jako odpowiedzi impulsywne (na przykład wielokrotne reakcje na ten sam bodziec lub przypadkowe naciśnięcia klawisza spacji).

Badania testem MOXO-CPT realizowano w placówkach, w których dzieci aktualnie przebywały, poradniach lub ośrodkach terapeutycznych. Kilka badań zostało przeprowadzonych na terenie Laboratorium Badawczo-Dydaktycznego Instytutu Psychologii Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej. Analizy statystyczne wykonano w programie SPSS-22. Zastosowano statystyki opisowe dla badanych zmiennych zależnych, test *t*-Studenta dla pojedynczych porównań między grupą kontrolną a poszczególnymi grupami klinicznymi, jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA w celu porównania wszystkich badanych grup w głównych wskaźnikach testu oraz wielozmienną analizę wariancji w modelu mieszanym (General Linear Models, Repeated Measures) dla ustalenia różnic pomiędzy czterema grupami w czterech głównych wskaźnikach testu, w jego ośmiu etapach.

WYNIKI

We wskaźnikach wykonania całego testu porównania parami grup klinicznych z dziećmi zdrowymi wykazały istotne różnice pomiędzy grupą kontrolną a dziećmi z ODD i ADHD we wszystkich wskaźnikach, natomiast nie stwierdzono różnic w żadnym wskaźniku pomiędzy dziećmi zdrowymi a dziećmi wysokofunkcjonującymi z autyzmem. Wyniki analiz zawiera tab. 1.

W drugim etapie analiz statystycznych porównano wyniki uzyskane przez dzieci z czterech badanych grup

MOXO-CPT Index <i>Wskaźnik w teście MOXO-CPT</i>	Group <i>Grupa</i>	N	Mean <i>Średnia</i>	Standard deviation <i>Odchylenie standardowe</i>	Significance <i>Istotność</i>
Attention <i>Podtrzymywanie uwagi</i>	Control <i>Kontrolna</i>	47	0.067	1.526	$t = 4.872$ $p < 0.001$
	ODD	21	-4.135	5.504	
	Control <i>Kontrolna</i>	47	0.067	1.526	$t = -0.606$ $p > 0.05$
	Autism <i>Autyzm</i>	21	2.0401	22.407	
	Control <i>Kontrolna</i>	47	0.067	1.526	$t = 3.884$ $p < 0.001$
	ADHD	19	-2.234	3.308	
Timing <i>Zdolność do szybkiej reakcji</i>	Control <i>Kontrolna</i>	47	0.351	1.780	$t = 4.766$ $p < 0.001$
	ODD	21	-2.169	2.470	
	Control <i>Kontrolna</i>	47	0.351	1.780	$t = -0.617$ $p > 0.05$
	Autism <i>Autyzm</i>	21	2.347	22.238	
	Control <i>Kontrolna</i>	47	0.153	1.720	$t = 4.045$ $p < 0.001$
	ADHD	19	-4.233	7.102	
Hyperactivity <i>Nadaktywność</i>	Control <i>Kontrolna</i>	47	0.153	1.720	$t = 3.855$ $p < 0.001$
	ODD	21	-10.186	18.370	
	Control <i>Kontrolna</i>	47	0.153	1.720	$t = -0.044$ $p > 0.05$
	Autism <i>Autyzm</i>	21	0.302	23.296	
	Control <i>Kontrolna</i>	47	0.153	1.720	$t = 3.994$ $p < 0.001$
	ADHD	19	-4.2330	7.102	
Impulsiveness <i>Impulsywność</i>	Control <i>Kontrolna</i>	47	-0.086	1.227	$t = 6.073$ $p < 0.001$
	ODD	21	-4.635	4.839	
	Control <i>Kontrolna</i>	47	-0.086	1.227	$t = -0.726$ $p > 0.05$
	Autism <i>Autyzm</i>	21	2.268	22.343	
	Control <i>Kontrolna</i>	47	-0.086	1.227	$t = 4.294$ $p < 0.001$
	ADHD	19	-2.381	3.146	

Tab. 1. Descriptive statistics and significance of differences between the control group and clinical groups in their performance for MOXO-CPT major indices (z-values)

Tab. 1. Statystyki opisowe i istotność różnic w porównaniach grupy dzieci z grupy kontrolnej z grupami klinicznymi w głównych wskaźnikach testu MOXO-CPT (wartości z)

difference in the *Hyperactivity* index between the control group and the ODD group ($p = 0.026$). In all other major indices, the groups did not differ significantly: for *Attention* $F_{(3;104)} = 1.197$; $p > 0.05$; for *Timing* $F_{(3;104)} = 1.397$; $p > 0.05$, and for *Impulsiveness* $F_{(3;104)} = 1.933$; $p > 0.05$.

Next, the performance dynamics of children in all studied groups was analysed with regard to particular test levels. This aspect proved exceptionally interesting. Figs. 1–4 show performance profiles of the four studied groups, embracing eight levels of the test and its four major indices: attention, timing, impulsiveness, and hyperactivity.

For the *Attention* variable, the main effect of the within-subjects factor was identified on the Greenhouse–Geisser test

w czterech głównych wskaźnikach testu MOXO-CPT. Rezultaty ujawniły, że wszystkie cztery grupy różnią się między sobą tylko w zakresie wskaźnika *Nadaktywność* – $F_{(3;104)} = 3,670$; $p = 0,015$; $\eta^2 = 0,096$. W teście porównań wielokrotnych Bonferroniego stwierdzono różnicę istotną we wskaźniku *Nadaktywność* pomiędzy grupą kontrolną a grupą ODD ($p = 0,026$). W pozostałych głównych wskaźnikach grupy nie różniły się istotnie. Dla *Podtrzymywania uwagi* $F_{(3;104)} = 1,197$; $p > 0,05$; dla *Zdolności do szybkiej reakcji* $F_{(3;104)} = 1,397$; $p > 0,05$ oraz dla *Impulsywności* $F_{(3;104)} = 1,933$; $p > 0,05$.

W następnym kroku analizowano dynamikę wykonania dzieci w badanych grupach podczas ośmiu etapów testu.

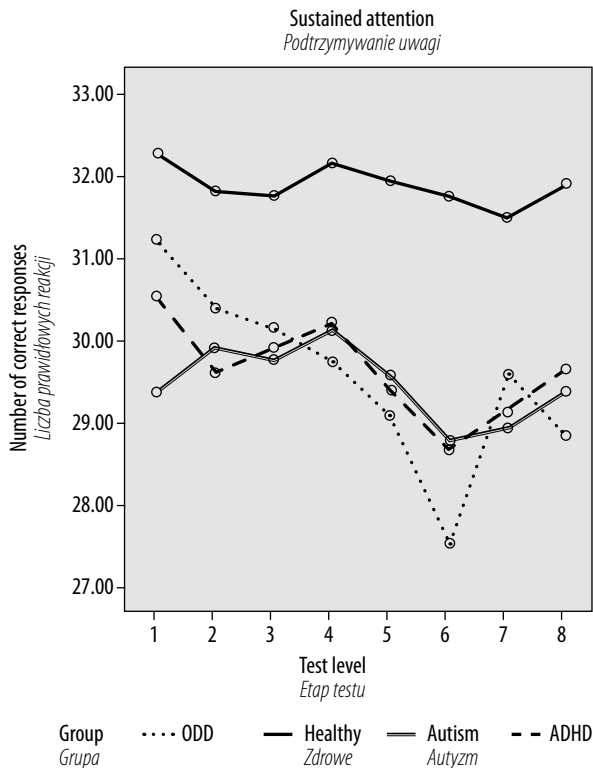


Fig. 1. Group performance profiles for the Attention index in eight levels of the test

Ryc. 1. Profile wykonania dzieci z czterech grup klinicznych w ośmiu etapach testu we wskaźniku Podtrzymywanie uwagi

– $F_{(7,475)} = 5.024$; $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.05$, whereas the interaction of the test level with group proved insignificant. What was found significant, however, is the group (between-subjects) effect – $F_{(3,103)} = 7.491$; $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.19$. Pairwise comparisons of groups using the Bonferroni correction revealed statistically significant differences between the control group and ODD group ($p < 0.001$), ADHD group ($p = 0.001$), and group with autism ($p < 0.001$).

For the *Timing* variable, the main effect of the within-subjects factor on the Greenhouse–Geisser test was $F_{(7,475)} = 12.167$; $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.11$. The interaction of test level factor and group factor was insignificant. The between-subjects effect was – $F_{(3,103)} = 13.971$; $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.230$. Pairwise comparisons of groups using the Bonferroni correction revealed statistically significant differences between healthy subjects and children in all clinical groups ($p = 0.001$).

For the *Hyperactivity* variable, neither the main effect of the within-subjects factor, nor the interaction of hyperactivity and group were identified. The between-subjects effect was statistically significant and equaled $F_{(3,103)} = 7.448$; $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.18$. Pairwise comparisons of groups using the Bonferroni correction revealed statistically significant differences between the ODD group and control group ($p < 0.001$), ADHD group ($p = 0.007$), and group with autism ($p = 0.007$).

Ten aspekt okazał się najbardziej interesujący. Ryc. 1–4 pokazują profile wykonania dzieci z czterech grup klinicznych w ośmiu etapach testu, w czterech głównych czynnikach: podtrzymywaniu uwagi, zdolności do szybkiej reakcji, impulsywności i nadaktywności.

Dla zmiennej *Podtrzymywanie uwagi* stwierdzono efekt główny czynnika wewnątrzobiektywnego w teście Greenhouse’a–Geissera – $F_{(7,475)} = 5,024$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,05$, interakcja czynnika etap testu i grupy okazała się nieistotna. Istotny jest natomiast efekt międzyobiektywny grupy i wynosi $F_{(3,103)} = 7,491$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,19$. Porównania parami z poprawką Bonferroniego między grupami wykazały, iż różnice istotne statystycznie występują pomiędzy grupą dzieci zdrowych a ODD ($p < 0,001$), grupą z ADHD ($p = 0,001$) i z autyzmem ($p < 0,001$).

Dla zmiennej *Zdolność do szybkiej reakcji* efekt główny czynnika wewnątrzobiektywnego w teście Greenhouse’a–Geissera wynosił $F_{(7,475)} = 12,167$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,11$, interakcja czynnika etap testu z grupą nie była istotna. Efekt czynnika międzyobiektywnego (grupy) – $F_{(3,103)} = 13,971$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,230$. Porównania parami z poprawką Bonferroniego między grupami wykazały, iż różnice istotne statystycznie występują pomiędzy grupą dzieci zdrowych a dziećmi z wszystkich grup klinicznych ($p = 0,001$).

Dla zmiennej *Nadaktywność* nie stwierdzono efektu głównego czynnika wewnątrzobiektywnego ani interakcji

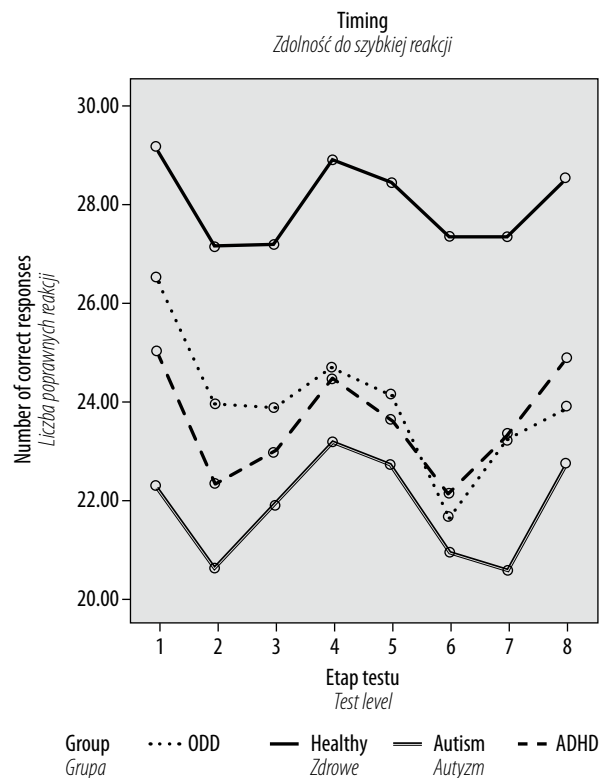


Fig. 2. Group performance profiles for the Timing index in eight levels of the test

Ryc. 2. Profile wykonania dzieci z czterech grup klinicznych w ośmiu etapach testu we wskaźniku Zdolność do szybkiej reakcji

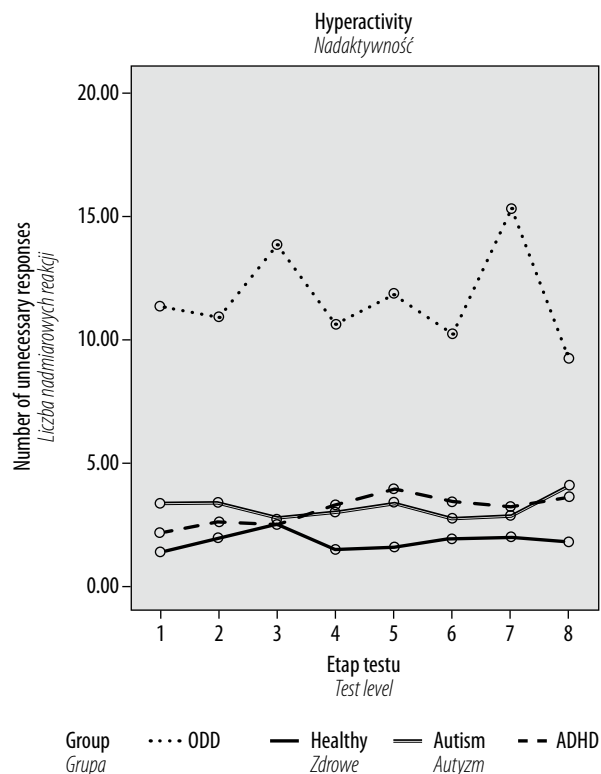


Fig. 3. Group performance profiles for the Hyperactivity index in eight levels of the test

Ryc. 3. Profile wykonania dzieci z czterech grup klinicznych w ośmiu etapach testu we wskaźniku Nadaktywność

For the *Impulsiveness* variable, the main effect of the within-subjects factor on the Greenhouse-Geisser test was $F_{(7,475)} = 3.769$; $p = 0.07$; $\eta^2 = 0.035$, and the interaction of test level and group was $F_{(21,475)} = 2.940$; $p = 0.01$; $\eta^2 = 0.079$. The between-subjects effect was $F_{(3,103)} = 9.139$; $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.210$. Pairwise comparisons of groups using the Bonferroni correction revealed statistically significant differences between healthy children and children with high-functioning autism ($p < 0.001$) as well as between healthy children and the ADHD group ($p < 0.001$).

DISCUSSION

The objective of this study was the comparative analysis of attentional and inhibitory functions in three clinical groups of children – with ADHD, ODD, and high-functioning autism – and typically-developing children. The hypothesis tested was whether the varied dynamics of performance can be attributed to the type of disorder, i.e. whether we can speak of any specificity in the functioning of attention and inhibition in each clinical group. It was assumed that the specific character of these functions would be manifested in varied patterns of performance in each of the test's eight levels that involved distractors of different type and intensity. The tests were performed using the MOXO-CPT tool. The most frequently used tests for the evaluation

nadaktywności i grupy. Istotny jest natomiast efekt międzyobiektywny grupy i wynosi $F_{(3,103)} = 7,448$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,18$. Porównania parami z poprawką Bonferroniego między grupami wykazały, iż różnice istotne statystycznie występują pomiędzy grupą dzieci z ODD a grupą dzieci zdrowych ($p < 0,001$), grupą z ADHD ($p = 0,007$) i z autyzmem ($p = 0,007$).

Dla zmiennej *Impulsywność* efekt główny czynnika wewnątrzobiektywnego w teście Greenhouse'a-Geissera wyniósł $F_{(7,475)} = 3,769$; $p = 0,07$; $\eta^2 = 0,035$, natomiast interakcja etapu testu i grupy – $F_{(21,475)} = 2,940$; $p = 0,01$; $\eta^2 = 0,079$. Efekt czynnika międzyobiektywnego (grupy) – $F_{(3,103)} = 9,139$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,210$. Porównania parami z poprawką Bonferroniego między grupami wykazały, iż różnice istotne statystycznie występują pomiędzy grupą dzieci zdrowych a dziećmi z autyzmem wysokofunkcjonującym ($p < 0,001$) oraz pomiędzy dziećmi zdrowymi a ADHD ($p < 0,001$).

OMÓWIENIE

Celem przeprowadzonych badań była analiza porównawcza funkcjonowania procesów uwagi i hamowania dzieci z trzech grup klinicznych: z ADHD, ODD, autyzmem wysokofunkcjonującym i dzieci rozwijających się prawidłowo. Poszukiwano odpowiedzi na pytanie, czy rodzaj zaburzenia

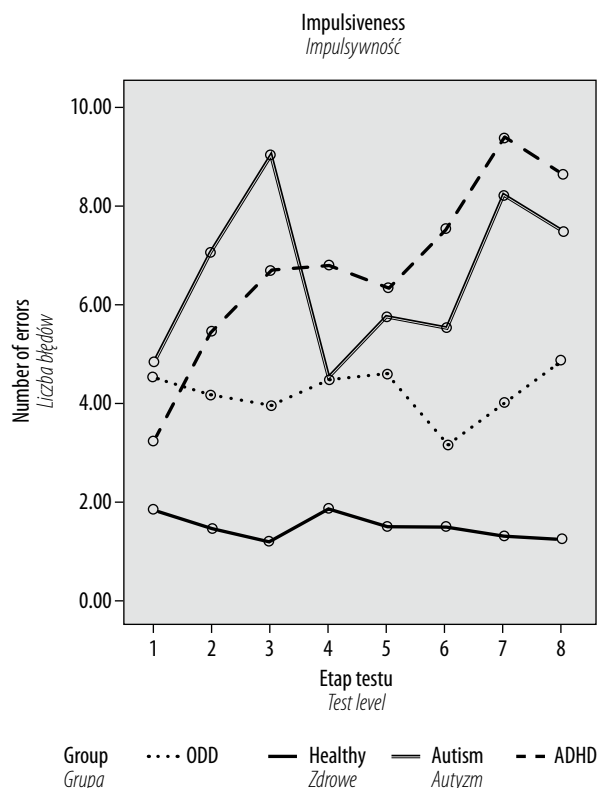


Fig. 4. Group performance profiles for the Impulsiveness index in eight levels of the test

Ryc. 4. Profile wykonania dzieci z czterech grup klinicznych w ośmiu etapach testu we wskaźniku Impulsywność

of attentional functions and inhibition deficits are classical CPTs (Cassuto *et al.*, 2013). The advantage of MOXO-CPT is that it also measure the child's resistance to distracting stimuli.

As far as the test's major indices are concerned, pairwise comparisons of each clinical group with the control group revealed that children in the ODD and ADHD groups differ significantly from healthy children in their attentional and inhibitory functioning. Much as in the case of the ADHD group these differences were expected, if not obvious, considering the character of the disorder (Barkley *et al.*, 2001), the differences between the ODD group and healthy children was expected to be found rather in the impulsiveness and hyperactivity indices. Previous works concerning the mechanisms that underlie ODD symptoms pointed to deficits in the motivational aspect and lack of inhibition in emotionally-arousing situations (Noordermeer *et al.*, 2016; Puzzo *et al.*, 2016). Neuroimaging results have also confirmed deficits in the so-called "hot," but not "cold" cognition in disruptive behaviour disorders (Noordermeer *et al.*, 2016; Puzzo *et al.*, 2016). The results obtained in this study additionally point to difficulties in sustaining attention. The reason might be the specific character of the task which yielded unexpected results. Until now, continuous assessment tests with distractors had not been used in studies involving ODD children. Low performance in the *Attention* index resulted most probably from the exposure to distractors. However, this explanation needs further investigation.

None of the test's major indices revealed differences between the control group and children with high-functioning autism. The latter obtained results that were similar to those of healthy children. This finding contradicts earlier reports concerning deficits in sustained attention diagnosed in CPT tests (Chien *et al.*, 2014), but it is consistent with the reports about similar levels of response inhibition in autism (Pisula and Strzaska, 2014). The lack of differences in the *Attention* index might have a source in considerable diversity of results in the group of children with autism (high standard deviation values were obtained), and not in the fact that these children performed equally well as their unaffected peers.

When compared simultaneously, the four groups differ to a relatively small extent. Differences were found only in terms of the *Hyperactivity* index, i.e. the tendency to press the space bar more often than necessary. Post hoc analyses established the source of this result in the differences between the control group and the ODD group, which corroborates impaired "hot" executive function in ODD (Noordermeer *et al.*, 2016). The *Hyperactivity* index, which reveals difficulties in complying with rules, might also indicate problems with the motivational aspect of performance. The analysis of children's performance over 15 minutes and in eight levels of the test allowed for the evaluation of responses as functions of time and intensity of distractors (as well as their modality). The findings revealed a significant

wyjaśnia zmienność uzyskiwanych przez dzieci wyników, zatem czy istnieje specyfika funkcjonowania uwagi i hamowania w poszczególnych grupach klinicznych. Założono, że ujawni się ona odmiennością dynamiki wykonania w poszczególnych etapach testu, różniących się między sobą nasileniem i rodzajem dystraktora. Badania przeprowadzono testem MOXO-CPT. Najczęściej do oceny procesów podtrzymywania uwagi i trudności w hamowaniu stosowane są typowe testy CPT (Cassuto *et al.*, 2013), test MOXO-CPT dodatkowo pozwalał na ocenę hamowania, czyli odporności na bodźce dystrakcyjne.

Porównania parami w ogólnych wskaźnikach testu każdej grupy klinicznej z grupą kontrolną wykazały, że dzieci z grupy ADHD i ODD istotnie różnią się w funkcjonowaniu uwagi i hamowaniu od dzieci zdrowych. O ile w przypadku różnic pomiędzy grupą kontrolną a ADHD były one przewidywalne, a nawet oczywiste ze względu na istotę zaburzenia, jakim jest ADHD (Barkley *et al.*, 2001), o tyle różnice pomiędzy ODD a grupą kontrolną przewidywano raczej we wskaźnikach impulsywnego i nadaktywnego wykonania. Bowiern dotychczas publikowane prace poświęcone mechanizmom wyjaśniającym objawy ODD wskazywały najczęściej na deficyty aspektu motywacyjnego wykonania i braku hamowania w sytuacjach angażujących emocje (Noordermeer *et al.*, 2016; Puzzo *et al.*, 2016). Także rezultaty badań neuroobrazowych potwierdzały deficyty tzw. „gorących”, ale nie „zimnych” funkcji wykonawczych w zaburzeniach destrukcyjnych (Noordermeer *et al.*, 2016; Puzzo *et al.*, 2016). Tymczasem uzyskane wyniki ujawniły także trudności w podtrzymywaniu uwagi. Można to wyjaśnić specyfiką zadania, w którym uzyskano niespodziewane rezultaty. Dotychczas nie stosowano w badaniach dzieci z ODD testów ciągłego wykonania z obecnością bodźców dystrakcyjnych. Prawdopodobnie efekt niskich wyników we wskaźniku *Podtrzymywanie uwagi* wyniknął z wpływu dystraktorów. To wyjaśnienie wymaga jednak dalszych badań.

W żadnym z ogólnych wskaźników testu nie wykazano różnic pomiędzy grupą kontrolną a dziećmi z autyzmem wysokofunkcjonującym. Uzyskały one wyniki porównywalne z dziećmi zdrowymi. Ten rezultat nie potwierdza wcześniejszych doniesień w zakresie istnienia deficytów podtrzymywania uwagi w testach CPT (Chien *et al.*, 2014), natomiast jest zgodny z doniesieniami o podobnym poziomie działania funkcji hamowania w autyzmie (Pisula i Strzaska, 2014). Brak różnic w *Podtrzymywaniu uwagi* może wynikać z dużego zróżnicowania wyników w grupie dzieci z autyzmem (uzyskano wysokie wartości odchylenia standardowego), a nie z faktu, że dzieci te funkcjonowały równie dobrze jak zdrowe.

Wszystkie cztery grupy porównywane jednocześnie różnią się między sobą relatywnie w niewielkim stopniu. Stwierdzono bowiem różnice jedynie w zakresie wskaźnika *Nadaktywność*, czyli tendencji do zbyt częstego naciskania klawisza. Analizy *post hoc* ujawniły źródło tego wyniku w różnicach pomiędzy grupą kontrolną i dziećmi

diversity of performance profiles that was specific for a group, i.e. the type of disorder, as well as for the test level, i.e. the duration and intensity of distractor.

For the *Attention* index, which indicates the ability to sustain focused attention on the task, the performance profile of healthy children is relatively flat and markedly raised in comparison with clinical group profiles. It means that healthy children are not susceptible to either visual or auditory distractors, and that their ability to sustain attention and identify target stimuli remains stable over time. The profiles denoting clinical group performance are polygonal curves and clearly indicate decreased performance once the distractors were introduced. Distractors made it difficult for children in the clinical groups to respond accurately to target stimuli. Clinical profiles take the shape of a slightly dropping line, which suggests that attention to target stimuli weakened over time. However, the differences between clinical groups, depicted in the graph, did not attain statistical significance. For the *Attention* index, the main effect of the test level was found significant, but this factor accounts for only 5% of variability in performance quality. The interaction of test level factor and group factor was found insignificant, as opposed to the group effect which accounts for 19% of variability. In other words, the type of disorder affects the quality of attention and susceptibility to distractors.

Similar results were obtained for the *Timing* index. The shapes of performance profiles are comparable, which is also true for the control group. The only difference is the profile's height, which was evidenced in the statistical significance indices for differences between healthy children and all clinical groups. For the *Timing* index, the main effect of the within-subjects factor accounts for 11% of variability, and the interaction of test level factor with group was not significant. The main effect of group factor accounts for 23% of variability in this respect. This means that the type of disorder can affect the ability to respond quickly and accurately to a target stimulus.

Hyperactivity was defined by test authors as an inclination for excessive, unnecessary pressing of the keyboard, and might indicate deficits in response inhibition, as well as difficulties in complying with rules (Cassuto *et al.*, 2013). Performance results for this index show considerable differences between ODD children and all other groups, which implies that children diagnosed with this disorder have specific difficulties complying with rules and requests (Brocki *et al.*, 2007). This tendency escalated most in test levels that required exposure to multiple distractors.

Impulsiveness is a tendency to respond to stimuli other than target, and indicates impaired response inhibition. The shape of the performance profiles in four groups of children demonstrates clear differences between the control group and clinical groups. For healthy children, it is a flat line that evidences no errors of this type, regardless of whether distractors were present or not. The profiles for clinical groups take the shape of a polygonal curve, just

z ODD, co potwierdza zakłócenia w funkcjonowaniu „gorących” funkcji wykonawczych u dzieci z ODD (Noordermeer *et al.*, 2016). Wskaźnik *Nadaktywność* ujawniający trudności w podporządkowaniu się regułom może też ujawniać problemy z motywacyjnym aspektem wykonania. Analiza dynamiki wykonania zadania przez dzieci w ciągu 15 minut i ośmiu etapów testu umożliwiła ocenę sposobu reagowania dziecka jako funkcji czasu oraz nasilenia dystryktorów i ich modalności. Rezultaty pokazały zróżnicowanie profili wykonań w zależności od grupy, czyli rodzaju zaburzenia, oraz od etapu testu, czyli czasu i jakości dystryktora.

We wskaźniku *Podtrzymywanie uwagi*, który jest wskaźnikiem zdolności utrzymania uwagi przez dłuższy czas na wykonywanym zadaniu, profil wykonania dzieci zdrowych w porównaniu z dziećmi z grup klinicznych jest wyraźnie przesunięty ku górze i jest relatywnie płaską linią. Oznacza to, że dzieci zdrowe nie są podatne na działanie dystryktorów ani słuchowych, ani wzrokowych, ich zdolność utrzymywania uważności i wychwytywania bodźca celowego nie zmienia się w czasie. Wykresy w grupach klinicznych są liniami krzywymi z obniżeniem rezultatów w czasie pojawiania się bodźców dystrykcyjnych. Dystryktory powodowały, że dzieci z grup klinicznych nie reagowały prawidłowo na bodźce celowe. Profile kliniczne mają kształt linii lekko opadających, co sugeruje pogarszanie uważności na bodźce celowe w czasie. Jednak widoczne na wykresie różnice między grupami klinicznymi nie uzyskały istotności statystycznej. Dla zmiennej *Podtrzymywanie uwagi* stwierdzono istotność efektu głównego etapu testu, ale ten czynnik wyjaśnia tylko 5% zmienności jakości wykonania, natomiast interakcja czynników etapu testu i grupy okazała się nieistotna. Istotny jest efekt grupy, który wyjaśnia 19% zmienności. Zatem rodzaj zaburzenia ma znaczenie dla jakości podtrzymywania uwagi i podatności na dystryktory. Podobne rezultaty uzyskano we wskaźniku *Zdolność do szybkiej reakcji*. Kształt profilu wykonania jest bardzo podobny we wszystkich grupach, łącznie z grupą kontrolną. Jediną różnicę stanowi wysokość profilu, co zostało potwierdzone wskaźnikami istotności statystycznej różnic pomiędzy grupą dzieci zdrowych a wszystkimi grupami klinicznymi. Dla zmiennej *Zdolność do szybkiej reakcji* efekt główny czynnika wewnątrzobiektywowego wyjaśnia 11% zmienności, a interakcja czynnika etap testu z grupą nie była istotna. Efekt główny czynnika grupy wyjaśnia 23% zmienności tej zmiennej. Zatem rodzaj zaburzenia ma znaczenie dla zdolności do szybkiej i prawidłowej reakcji na bodziec celowy.

Nadaktywność została zdefiniowana przez autorów testu jako tendencja do zbyt częstego, bezcelowego naciskania na klawiaturę komputera i może świadczyć o deficytach hamowania oraz trudnościach podporządkowania się regułom (Cassuto *et al.*, 2013). W tym wskaźniku bardzo wyraźnie widoczne są różnice pomiędzy dziećmi z ODD a wszystkimi pozostałymi grupami, co świadczy o specyficznych trudnościach w podporządkowaniu się regułom

like for the *Attention* index. However, the profiles for particular groups differ slightly. The performance profile of ODD children resembles that of the healthy children in shape, but it is slightly raised. The profile of children with autism is a sharply fluctuating curve, which points to impaired inhibition, especially in the presence of distractors, and corroborates previous findings (Adams and Jarrold, 2012). The curve for ADHD children is markedly rising, which indicates impaired inhibition that progresses with time (Berger *et al.*, 2013). For the *Impulsiveness* index, the main effect of test level accounts for only 3% of variability of the dependent variable, whereas the interaction of test level and group – only for 8%. The group factor effect accounts for 21% of variability. Pairwise comparisons revealed that statistically significant differences exist between healthy children and children with high-functioning autism, as well as between healthy children and the ADHD group in levels: 1 (without distractors), 2 (low-intensity visual distractors), and 3 (high-intensity visual distractors), 5 (high-intensity auditory distractors), 7 (high-intensity simultaneous visual and auditory distractors), and 8 (without distractors). In the remaining levels, i.e. 4 (low-intensity auditory distractors) and 6 (low-intensity visual and auditory distractors), differences occurred between children in the control group and the ADHD group. It appears that impulsiveness in ADHD children can be induced by all types of distractors, even when the intensity is low, whereas impulsive reactions in children with autism occur mainly as a result of exposure to high-intensity distractors.

Therefore, it is noteworthy that ANOVA and the multivariate between-subjects analysis yielded slightly different results. A detailed evaluation of test performance dynamics in its eight levels yields more valuable results and allows the specificity of the studied clinical groups to be discerned, unlike the analysis of the test's major indices.

CONCLUSIONS

Healthy children do not exhibit difficulties in cognitive task performance over longer periods of time and in the presence of distractors. Specific functioning as far as attention and inhibition are concerned was evidenced in clinical groups as a function of time and distracting stimuli. However, it depends on the index.

Children in clinical groups do not differ in their performance of tasks that require accurate responses to target stimuli, so there is no specificity in this respect. Performance quality is not the function of time and distractors either. The only significant thing is the disorder itself. The ability to respond to target stimulus not only accurately, but also quickly was found to be similar in all clinical groups, and differed from the control group only quantitatively.

Impulsive responses were noted only in children with ODD, and performance in this group was dependent on the quality of distractors. Other groups showed no inclination for

u dzieci z tym zaburzeniem (Brocki *et al.*, 2007). Szczególnie tendencja ta nasilała się w etapach, gdzie pojawiało się wiele dystraktorów.

Impulsywność to tendencja do reagowania na bodźce inne niż bodziec celowy. Świadczy o trudnościach w hamowaniu. Kształt profili wykresów wykonania w czterech grupach pokazuje, że jest on inny w grupie kontrolnej niż w grupach klinicznych. W przypadku dzieci zdrowych jest to płaska linia wskazująca brak błędów tego typu, niezależnie od obecności dystraktorów. W grupach klinicznych profil jest krzywą łamaną, podobnie jak w przypadku *Podtrzymywania uwagi*, przy czym profile w poszczególnych grupach są nieco odmienne. Profil dzieci z ODD kształtem przypomina wykonanie dzieci zdrowych, tyle że przesunięte w górę. Kształt profilu dzieci z autyzmem jest mocno łamaną krzywą, co sugeruje trudności w hamowaniu zwłaszcza w obecności dystraktorów, co potwierdza wcześniejsze rezultaty (Adams i Jarrold, 2012). Krzywa dzieci z ADHD jest wyraźnie wznosząca, co świadczy o nasilających się z czasem trudnościach w hamowaniu (Berger *et al.*, 2013). Dla zmiennej *Impulsywność* istotny efekt główny czynnika etap testu wyjaśnia jedynie 3% zmienności zmiennej zależnej, natomiast interakcja etapu testu i grupy – 8%. Efekt czynnika grupy wyjaśnia 21% zmienności. Porównania parami wykazały, iż różnice istotne statystycznie występują pomiędzy grupą dzieci zdrowych a dziećmi z autyzmem wysokofunkcjonującym oraz pomiędzy dziećmi zdrowymi a ADHD w etapach: 1. (bez dystraktorów), 2. (dystraktory wzrokowe o niskim natężeniu), 3. (dystraktory wzrokowe o wysokim natężeniu), 5. (dystraktory słuchowe o wysokim natężeniu), 7. (dystraktory wzrokowe i słuchowe jednocześnie o wysokim natężeniu) i 8. (bez dystraktorów). W pozostałych etapach: 4. (dystraktory słuchowe o niskim natężeniu) i 6. (dystraktory wzrokowe i słuchowe o niskim natężeniu) różnice wystąpiły pomiędzy dziećmi z grupy kontrolnej i z ADHD. Okazuje się, że impulsywność u dzieci z ADHD jest indukowana wszystkimi rodzajami dystraktora, nawet o niewielkim nasileniu, natomiast nadmierne reakcje dzieci z autyzmem pojawiają się głównie przy intensywnym działaniu dystraktorów.

Warto zatem zauważyć, że ANOVA i analiza wielozmiennowa porównań międzygrupowych pokazały nieco odmienne wyniki. Szczegółowe przyjrzenie się dynamice zmian wykonania testu w jego ośmiu etapach daje bardziej wartościowe rezultaty i pozwala dostrzec specyfikę badanych grup klinicznych, czego nie daje analiza wskaźników ogólnych testu.

WNIOSKI

Dzieci zdrowe nie wykazują trudności w zakresie wykonania zadania poznawczego przez dłuższy czas w obecności dystraktorów. Wykazano specyfikę funkcjonowania dzieci z grup klinicznych w zakresie uwagi i hamowania jako funkcji czasu i obecności bodźców dystrakcyjnych. Niemniej jednak zależy to od rodzaju analizowanego wskaźnika.

unnecessary responses, and children were capable of complying with the rules.

Difficulties in response inhibition when exposed to non-target stimulus also proved to be group-specific. The performance markedly decreased over time in the ADHD group, varied over time and seemed dependent on the presence of distractor in the group of children with autism, and was quite stable in the ODD group, which means it was comparable to control group performance, and only slightly worse as far as quantitative indices are concerned.

The results substantiate the implementation of certain tools into clinical diagnosis of children that allow for simultaneous evaluation of several aspects of attention, including sustained attention, inhibition, and resistance to distracting stimuli.

Conflict of Interest

No conflict of interest.

Acknowledgements

My special thanks go to *Łucja Cyranek and Kornelia Kosiba* for taking care of the test administration as well as to children and their parents for their participation in the project.

References / Piśmiennictwo

- Adams NC, Jarrold C: Inhibition in autism: children with autism have difficulty inhibiting irrelevant distractors but not prepotent responses. *J Autism Dev Disord* 2012; 42: 1052–1063.
- Banaschewski T, Poustka L, Holtmann M: [Autism and ADHD across the life span. Differential diagnoses or comorbidity?]. *Nervenarzt* 2011; 82: 573–580.
- Barkley RA, Edwards G, Laneri M *et al.*: Executive functioning, temporal discounting, and sense of time in adolescents with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) and oppositional defiant disorder (ODD). *J Abnorm Child Psychol* 2001; 29: 541–556.
- Berger I, Goldzweig G: Objective measures of attention-deficit/hyperactivity disorder: a pilot study. *Isr Med Assoc J* 2010; 12: 531–535.
- Berger I, Slobodin O, Aboud M *et al.*: Maturational delay in ADHD: evidence from CPT. *Front Hum Neurosci* 2013; 7: 691.
- Borkowska AR: Procesy uwagi i hamowania reakcji u dzieci z ADHD z perspektywy rozwojowej neuropsychologii klinicznej. Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin 2008.
- Brocki KC, Nyberg L, Thorell LB *et al.*: Early concurrent and longitudinal symptoms of ADHD and ODD: relations to different types of inhibitory control and working memory. *J Child Psychol Psychiatry* 2007; 48: 1033–1041.
- Cassuto H, Ben-Simon A, Berger I: Using environmental distractors in the diagnosis of ADHD. *Front Hum Neurosci* 2013; 7: 805.
- Chien YL, Gau SSF, Chiu YN *et al.*: Impaired sustained attention, focused attention, and vigilance in youths with autistic disorder and Asperger's disorder. *Res Autism Spectr Disord* 2014; 8: 881–889.
- Gadow KD, DeVincent CJ, Drabick DA: Oppositional defiant disorder as a clinical phenotype in children with autism spectrum disorder. *J Autism Dev Disord* 2008; 38: 1302–1310.
- Holtmann M, Bolte S, Poustka F: Attention deficit hyperactivity disorder symptoms in pervasive developmental disorders: association with autistic behavior domains and coexisting psychopathology. *Psychopathology* 2007; 40: 172–177.
- Kądziela-Olech H: Objawy autyzmu, zespołu nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi oraz innych zaburzeń neurorozwojowych jako przejaw zaburzonej neuroplastyczności. *Psychiatr Psychol Klin* 2014; 14: 112–115.

W zadaniu adekwatnego reagowania na bodziec celowy dzieci z grup klinicznych nie różnią się między sobą, czyli brak jest specyfiki w tym zakresie. Jakość wykonania nie jest także funkcją czasu i obecności bodźców dystrakcyjnych. Istotny jest tylko fakt istnienia zaburzenia.

Zdolność nie tylko do prawidłowej, ale też szybkiej reakcji na bodziec celowy okazała się podobna we wszystkich grupach klinicznych, a jedynie ilościowo różniła te grupy z dziećmi zdrowymi.

Nadreakcje pojawiły się tylko u dzieci z ODD i wykonanie w tej grupie zależało od nasilenia dystraktorów. Pozostałe grupy nie wykazały tendencji do bezcelowego reagowania, potrafiły przestrzegać reguł.

Trudności w wyhamowaniu reakcji na nieadekwatny bodziec też okazały się cechą mającą swoją specyfikę zależną od grupy. W grupie z ADHD wykonanie wyraźnie pogarszało się w czasie, dla dzieci z autyzmem było mocno zróżnicowane w czasie i wydaje się zależne od obecności dystraktora, a wykonanie dzieci z ODD było stabilne, podobne do dzieci zdrowych, jedynie nieco gorsze we wskaźnikach ilościowych.

Uzyskane wyniki sugerują zasadność wprowadzenia do diagnozy klinicznej dzieci narzędzi badających jednocześnie kilka aspektów uwagi, w tym podtrzymywania, hamowania i odporności na bodźce dystrakcyjne.

Konflikt interesów

Brak konfliktu interesów.

Podziękowania

Dziękuję Paniom *Łucji Cyranek i Kornelii Kosibe* za przeprowadzenie badań *Dzieci, a Dzieciom oraz ich Rodzicom za udział w projekcie*.

- Keehn B, Müller RA, Townsend J: Atypical attentional networks and the emergence of autism. *Neurosci Biobehav Rev* 2013; 37: 164–183.
- Manouilenko I, Pagni M, Stone-Elander S *et al.*: Autistic traits, ADHD symptoms, neurological soft signs and regional cerebral blood flow in adults with autism spectrum disorders. *Res Autism Spectr Disord* 2013; 7: 566–578.
- Matson JL, Rieske RD, Williams LW: The relationship between autism spectrum disorders and attention-deficit/hyperactivity disorder: an overview. *Res Dev Disabil* 2013; 34: 2475–2484.
- Mayes SD, Calhoun SL, Aggarwal R *et al.*: Explosive, oppositional, and aggressive behavior in children with autism compared to other clinical disorders and typical children. *Res Autism Spectr Disord* 2012; 6: 1–10.
- Noordermeer SDS, Luman M, Oosterlaan J: A systematic review and meta-analysis of neuroimaging in oppositional defiant disorder (ODD) and conduct disorder (CD) taking attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD) into account. *Neuropsychol Rev* 2016; 26: 44–72.
- Oosterlaan J, Scheres A, Sergeant JA: Which executive functioning deficits are associated with AD/HD, ODD/CD and comorbid AD/HD+ODD/CD? *J Abnorm Child Psychol* 2005; 33: 69–85.
- Petersen SE, Posner MI: The attention system of the human brain: 20 years after. *Annu Rev Neurosci* 2012; 35: 73–89.
- Pisula E, Strzaska M: Funkcje wykonawcze a symptomy zaburzeń ze spektrum autyzmu – przegląd literatury. In: *Łojek E, Bolewska A, Okuniewska H (eds.): Studia z neuropsychologii klinicznej*. Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2014: 149–170.

- Puzzo I, Smaragdi A, Gonzalez K *et al.*: Neurobiological, neuroimaging, and neuropsychological studies of children and adolescents with disruptive behavior disorders. *Fam Relat* 2016; 65: 134–150.
- Rommelse NN, Franke B, Geurts HM *et al.*: Shared heritability of attention-deficit/hyperactivity disorder and autism spectrum disorder. *Eur Child Adolesc Psychiatry* 2010; 19: 281–295.
- Ronald A, Edelson LR, Asherson P *et al.*: Exploring the relationship between autistic-like traits and ADHD behaviors in early childhood: Findings from a community twin study of 2-year-olds. *J Abnorm Child Psychol* 2010; 38: 185–196.
- Sergeant JA, Geurts H, Oosterlaan J: How specific is a deficit of executive functioning for attention-deficit/hyperactivity disorder? *Behav Brain Res* 2002; 130: 3–28.
- Sinzig J, Walter D, Doepfner M: Attention deficit/hyperactivity disorder in children and adolescents with autism spectrum disorder: symptom or syndrome? *J Atten Disord* 2009; 13: 117–126.
- Thorell LB, Wahlstedt C: Executive functioning deficits in relation to symptoms of ADHD and/or ODD in preschool children. *Infant Child Dev* 2006; 15: 503–518.
- Waschbusch DA: A meta-analytic examination of comorbid hyperactive-impulsive-attention problems and conduct problems. *Psychol Bull* 2002; 128: 118–150.