

## **Funkcje grafomotoryczne u dzieci z zespołem nadpobudliwości psychoruchowej (ADHD)**

### **Graphomotor functions in children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD)**

Dorota Stasik<sup>1</sup>, Oliver Tucha<sup>2</sup>, Lara Tucha<sup>2</sup>, Susanne Walitza<sup>3</sup>,  
Klaus W. Lange<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Katedra Psychologii Eksperymentalnej, Uniwersytet Regensburg, Niemcy  
Kierownik: prof. dr K. W. Lange

<sup>2</sup>Katedra Psychologii Stosowanej, Uniwersytet Plymouth, UK  
Kierownik: prof. dr O. Tucha

<sup>3</sup>Katedra Psychiatrii Dzieci i Młodzieży, Uniwersytet Zürich, Szwajcaria  
Kierownik: prof. dr S. Walitza

#### **Summary**

The present article is a review of studies concerning graphomotor functions (handwriting) in children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) and the stimulant-induced (methylphenidate) alterations of both qualitative and quantitative aspects of handwriting. This review indicates an interaction between attentional functions and handwriting in ADHD children treated with methylphenidate. The comparison of writing movements of children on and off methylphenidate revealed that medication resulted in improved handwriting. However, kinematic analysis showed a deterioration in handwriting fluency on methylphenidate. A number of studies have demonstrated that children with ADHD display deficits regarding attentional functions. Treatment with methylphenidate has been shown to induce improvements of various attentional functions. Children with ADHD may use their increased attentional capacities to focus on skills (e.g. handwriting) that are independent of conscious control or may even be disturbed by attention.

*Słowa klucze:* ADHD, sprawność grafomotoryczna, metylofenidat

*Key words:* ADHD, graphomotor functions, methylphenidate

#### **Wstęp**

Do rdzennych symptomów zespołu nadpobudliwości psychoruchowej (ADHD) należą problemy z utrzymaniem uwagi, impulsywność oraz niepokój ruchowy. Objawy te często są przyczyną niepowodzeń szkolnych lub wykonywania zadań znacznie poniżej możliwości dziecka [1]. Obecnie powszechną metodą leczenia ADHD jest farmakoterapia stymulująca, z zastosowaniem metylofenidatu, która uważana jest

za najbardziej efektywną [1, 2]. Metylofenidat zwiększa koncentrację dopaminy i noradrenaliny w szczelinie synaptycznej przez blokowanie wychwytu zwrotnego tych przekaźników [3–5]. Uważa się przy tym, że działa on głównie na system dopaminergiczny [6]. Badania neuroobrazowe z wykorzystaniem MRI lub PET [7–11] oraz badania genów opierające się na genetycznych technikach molekularnych [12–14] pokazały, że neurobiologiczne podłoże ADHD obejmuje zaburzenia w neurotransmisji dopaminergicznej oraz w systemie kora czołowa-prążkowie. Zarówno dopamina, jak i noradrenalina mają znaczenie dla funkcjonowania uwagi i procesów hamowania [15–17]. Liczne badania potwierdziły skuteczność metylofenidatu w leczeniu nadaktywności, impulsywności i nieuwagi u dzieci z ADHD [18–20]. Zastosowanie tego leku poprawia relacje społeczne, zachowanie w czasie lekcji oraz obniża poziom agresji [21, 22]. W odniesieniu do podstawowych umiejętności szkolnych wykazano pozytywny wpływ metylofenidatu na pisanie [23].

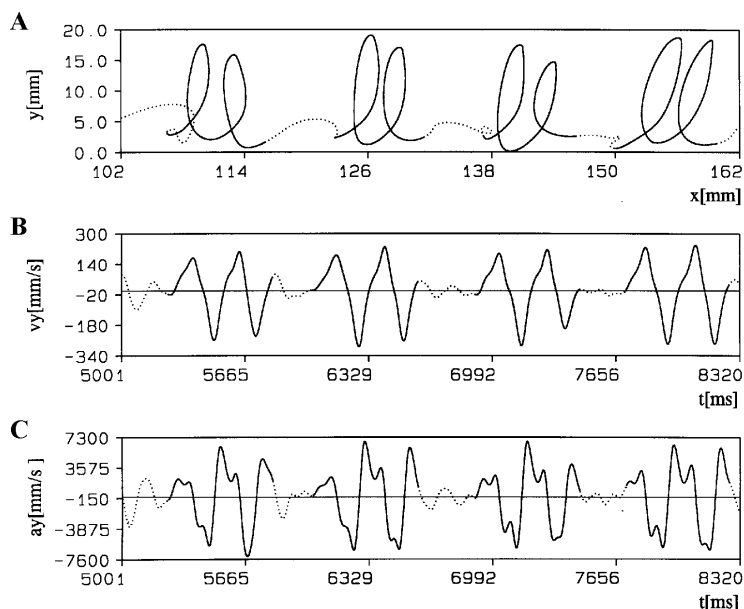
Celem artykułu jest przegląd badań nad funkcją grafomotoryczną, jak również dotyczących związku pomiędzy koncentracją uwagi na procesie pisania a płynnością ruchów u dzieci z ADHD.

### **Metylofenidat a sprawność grafomotoryczna u dzieci z ADHD**

Badania dzieci z ADHD pokazały, iż cierpią one na znaczne zaburzenia sprawności grafomotorycznej [23]. Istotną poprawę tej funkcji zaobserwowano po farmakoterapii stymulującej. Była ona obecna w jakościowych aspektach pisma, jak jego czytelność, staranność, rozmieszczenie liter oraz jednolitość i zwartość [24, 25]. Jak twierdzi Ackerman i wsp. [26], podstawowe, zautomatyzowane umiejętności szkolne, takie jak pisanie, są jednym z głównych zadań szkoły podstawowej. Obejmują one nie tylko automatyzację, ale także czytelność i staranność pisma, a więc jego jakość.

Zastosowanie rysownicy cyfrowej do oceny pisania i rysowania zmieniło podejście w ocenie pisma ze zorientowanego na produkt na zorientowane na proces [27]. Cyfrowy zapis tworzonych pisma umożliwia analizę kinematycznych aspektów ruchów wykonywanych podczas pisania. Analiza ich prędkości i przyspieszenia dostarcza dowodów na istnienie prostych programów motorycznych. Thomassen i van Galen [28] sugerują, iż pisanie ręczne u osób zdrowych jest tworzone przez sekwencyjną aktywację tych programów motorycznych, które są prawdopodobnie magazynowane w formie kodów przestrzennych. Najmniejsze jednostki w procesie pisania stanowią tak zwane załamania (ang. strokes) i są definiowane jako odstęp między następującymi po sobie ekstremalnymi wartościami na poszczególnych wykresach (prędkości lub przyspieszenia). Pojedyncze załamania tworzone są poprzez płynne ruchy (ang. open loop movements), które charakteryzują się tylko jednym wierzchołkiem (odwróceniem kierunku) w profilu prędkości oraz przebiegiem i kształtem przypominającym dzwon. Pojedyncze załamania w graficznym obrazie ruchów zautomatyzowanych prowadzą do płynnego i powtarzalnego przebiegu (rys. 1). Na podstawie tych danych Mai i Marquardt [29] stwierdzili, iż automatyczne i nieautomatyzowane ruchy pisania różnią się od siebie profilem prędkości i przyspieszenia. Jeżeli są w pełni zautomatyzowane i płynne, obserwuje się tylko jeden zwrot kierunku w profilu prędkości (szybsze vs.

wolniejsze pisanie). Więcej zwrotów w obrębie jednego załamania wskazuje na zaburzenia płynności lub automatyzacji pisma [30, 31]. Oznacza to, iż im więcej obserwuje się ich u osoby badanej, tym gorzej opanowane są przez nią ruchy pisania. Dodatkowe informacje dają również maksymalna prędkość i przyspieszenie ruchów w obrębie jednego załamania [29]. Liczne badania ujawniają znaczne różnice w płynności, maksymalnej prędkości i przyspieszeniu ruchów pomiędzy osobami zdrowymi a dorosłymi pacjentami z zaburzeniami psychiatrycznymi bądź neurologicznymi. Różnice te są istotne klinicznie, wskazują bowiem na zaburzenia kontroli motorycznej, które mogą powodować znaczne upośledzenia w życiu codziennym osoby chorej i być przyczyną niepowodzeń, np. utraty pracy [32]. Zapobieganie takim trudnościom jest szczególnie istotne w przypadku dzieci, które mogą doświadczać frustracji i niepowodzeń szkolnych w rezultacie zaburzeń umiejętności pisania. Wartość kliniczna kinematycznej analizy pisma jest wzmocniona danymi świadczącymi o tym, iż zaburzenia pisania mogą być złagodzone poprzez leczenie farmakologiczne lub interwencję psychoedukacyjną [32–37].



Rys. 1. Powtarzalne pisanie kombinacji liter „ll” przez zdrową osobę wraz z odpowiadającym mu profilem prędkości i przyspieszenia. Linie ciągłe odpowiadają ruchom pisania na kartce papieru. Linie kropkowane przedstawiają ruchy, podczas których długopis znajdował się ponad kartką. A: Zapis ruchów pisania. B: Odpowiadający im profil prędkości ( $v$ ). Profil stanowi gładkie, powtarzalne, pojedyncze wierzchołki. C: Odpowiadający im profil przyspieszenia ( $a$ ): Profil jest gładki i powtarzalny.

W badaniach przeprowadzonych przez Tuchę i Langego [38] sprawdzono zmiany wywołane terapią symulantami, zarówno w zakresie jakościowych, jak i ilościowych (kinematycznych) aspektów pisma chłopców z ADHD. Badanym dzieciom podyktowano krótki tekst zawierający wielokrotne kombinacje liter „ll”. W celu rejestracji ruchów

pisania wykorzystano rysownicę cyfrową (WACOM IV). Opracowania danych dokonano za pomocą programu komputerowego CS do analizy ruchów pisania [29]. Dzieci w trakcie badania nie były instruowane odnośnie do szybkości lub rozmiaru pisma, ani też co do pisania starannie, dokładnie czy czytelnie. Do parametrów włączonych w analizę danych należały średnia liczba zwrotów kierunku przypadająca na jedno załamanie w profilu prędkości i przyspieszenia. Zmierzona została zarówno średnia maksymalna i minimalna prędkość załamań, jak i ich maksymalne pozytywne i negatywne przyspieszenie (zwalnianie). Każda próbka pisma została oceniona pod kątem formy, uporządkowania, odstępów pomiędzy słowami/literami, czytelności i jednorodności tekstu. Działanie metylofenidatu zbadano, porównując pismo chłopców w trakcie działania leku i podczas jego odstawienia. Efekty zaobserwowane przez Tuchę i Langego [38] potwierdzają doniesienia z poprzednich badań [39] i wskazują na gorszą jakość pisma u dzieci z ADHD w czasie odstawienia metylofenidatu w porównaniu z dziećmi zdrowymi oraz znaczną poprawę jakościowych parametrów pisma w czasie leczenia [25]. Ponieważ dzieci z ADHD wykonują gorzej zadania mierzące koordynację ruchową i sprawność motoryczno-percepcyjną niż dzieci zdrowe, poprawa jakości pisania podczas farmakoterapii jest przypisana wywołanej symulantami poprawie tych funkcji [24]. Analiza kinematyczna pisma pokazała jednak, iż chłopcy z ADHD manifestują więcej zwrotów kierunku w profilu zarówno prędkości, jak i przyspieszenia ruchów w trakcie leczenia metylofenidatem niż w czasie odstawienia leku [38]. Wskazuje to na mniejszą płynność ruchów podczas farmakoterapii [29]. Chłopcy z ADHD, którzy nie otrzymali leku, nie różnili się pod względem kinematycznych aspektów pisma od dzieci zdrowych. Z uwagi na to, iż metylofenidat przyczynia się do poprawy wykonania zadań złożonego rysowania przez dzieci z ADHD [40], opisywana redukcja płynności pisma nie może być efektem zaburzeń sprawności wzrokowo-przestrzennych lub wzrokowo-konstrukcyjnych. Obserwacje Tuchy i Langego [38] mogą być natomiast wtórnym efektem działania farmakoterapii stymulującej.

W licznych badaniach zaobserwowano poprawę w zakresie koncentracji uwagi, mniejszą impulsywność i podatność na dystraktory u dzieci z ADHD w wyniku działania metylofenidatu [1, 41–46]. Kompleksowe studia Tuchy i wsp. [41], bazujące na wieloczynnikowym modelu uwagi van Zomerena i Brouwera [47], rozpatrują poszczególne komponenty uwagi u dzieci z ADHD w czasie leczenia metylofenidatem i w okresie jego odstawienia. Dzieci z ADHD manifestują znaczne zaburzenia w zakresie różnych aspektów uwagi w porównaniu z dziećmi zdrowymi [41]. Leczenie metylofenidatem skutkuje poprawą dokładności wykonania zadań badających poszczególne aspekty funkcjonowania uwagi. Jakkolwiek Tucha i wsp. [41] zaobserwowali znaczne skrócenia czasu reakcji w zadaniu badającym podzielność uwagi w wyniku działania metylofenidatu, uzyskane przez nich rezultaty potwierdzają wcześniejsze badania [17, 48] pokazujące, iż główny efekt leku widoczny jest w redukcji błędów i pominięć w czasie wykonywania zadań.

Rezultaty badań Tuchy i Langego [38] sugerują, iż pozytywny efekt metylofenidatu pozwala chłopcom z ADHD skupić uwagę na pisaniu. Świadoma kontrola ruchów, która może być efektem chęci pisania staranniej w wyniku nacisku kładzionego przez nauczyciela na dokładne i „porządne” pismo, koliduje z płynnym czy automatycznym

procesem. Whalen i wsp. [25] zauważyli, że dzieci z ADHD ze słabą umiejętnością pisania są często źle oceniane przez nauczycieli – jako pozbawione motywacji. Stres i frustracja z tym związane mogą być zmniejszone poprzez staranniejsze pisanie. Dzieci z ADHD są w stanie tworzyć czytelne pismo, ale nie mogą przy tym osiągnąć automatyczności ruchów pisania [26], czynności zautomatyzowane nie wymagają bowiem świadomej kontroli [49]. Zatem jeżeli dzieci te mogłyby zautomatyzować czynność pisania, więcej uwagi poświęciłyby na rozumienie zadań i rozwiązywanie problemów. Wnioski te zgodne są z zasadami psychologii przetwarzania informacji. Istotność automatyzacji pisma u dzieci z ADHD nie powinna być jednak przeceniana, gdyż automatyczność bez czytelności prowadzi do płynnego, ale nieczytelnego pisma. Ważne jest zatem, aby wysiłki terapeutyczne nastawione na zmniejszenie prawdopodobieństwa niepowodzeń szkolnych i frustracji pojawiających się w wyniku trudności w pisaniu koncentrowały się w tym samym stopniu na płynności i jakości pisma.

### **Świadoma kontrola a sprawność grafomotoryczna**

W badaniach Tuchy i Langego z wykorzystaniem placebo [50] została sprawdzona hipoteza, iż u dzieci z ADHD leczonych symulantami wzrasta poziom uwagi, którą kierują na proces pisania, a więc jego świadoma kontrola. Analiza kinematyczna pisma dzieci pokazała, że w porównaniu z placebo metylofenidat skutkuje redukcją płynności pisania. Automatyczne ruchy pisania zaobserwowano w czasie podawania metylofenidatu, jeżeli dzieci poinstruowano, aby pisały szybciej niż normalnie lub – z zamkniętymi oczami; bez tych instrukcji nie były w stanie pisać płynnie [50].

Dodatkowo, w celu potwierdzenia wcześniej postawionej hipotezy dotyczącej wpływu świadomej kontroli na płynność ruchów pisma Tucha i wsp. [51] przeprowadzili eksperyment z udziałem zdrowych studentów. Ruchy pisania przebadano w różnych warunkach pod kątem wzrokowej i mentalnej kontroli. Wybrano zdrowych studentów, ponieważ pisanie u dorosłych jest wyćwiczoną sprawnością motoryczną składającą się z automatycznych ruchów i nie wymagającą monitoringu. W eksperymencie tym użyto pięciu różnych instrukcji dotyczących pisania: pisanie normalne, pisanie z zamkniętymi oczami, pisanie staranne, pisanie ze wzrokowym śledzeniem końcówki długopisu oraz pisanie z zamkniętymi oczami i śledzeniem w myślach najwyższego punktu każdej litery. Odnośnie do automatyczności ruchów pisma nie zaobserwowano różnic między pisanem normalnym a z zamkniętymi oczami. Natomiast podczas pisania starannego, pisania ze wzrokowym śledzeniem końcówki długopisu oraz z zamkniętymi oczami i śledzeniem w myślach najwyższego punktu każdej litery ruchy były mniej płynne w porównaniu z pismem normalnym. Pozwala to stwierdzić, iż automatyczne pisanie jest niezależne od wzrokowej informacji zwrotnej [51]. Wyniki te korespondują z wcześniejszymi obserwacjami Marquarda i wsp. [52], którzy zademonstrowali, że automatyczne pisanie może być wykonywane bez kontroli wzrokowej. Ponadto rezultaty badań Tuchy i Langego [50] sugerują, iż uwaga kierowana na pisanie staranne, ze wzrokową informacją zwrotną i kontrolą mentalną skutkuje mniej płynnym pismem. Uwaga osób badanych poświęcana na pisanie utrudnia generację automatycznych ruchów. Automatyczne działanie jest zatem nie tylko niezależne od świadomej kontroli,

jak sugeruje Näätänen [49], ale jest wręcz przez nią zakłócanie. Jeżeli świadoma kontrola zakłóca automatyczność pisania u dorosłych, płynność wykonywania ruchów będzie w jej wyniku zaburzona tym bardziej u dzieci, które nie mają tak dobrze przyswojonej tej umiejętności. Obserwacje te mogą wyjaśnić rezultaty wcześniejszych badań Tuchy i Langego [38], w których zaobserwowano poprawę jakościowych aspektów pisma u chłopców z ADHD leczonych metylofenidatem, jednakże analiza kinematyczna pisania wskazała na mniejszą płynność ruchów u tych chłopców w porównaniu z okresem odstawienia leku oraz z grupą kontrolną dzieci zdrowych. Mniejsza płynność pisania w trakcie farmakoterapii może być zatem rezultatem mobilizowania się dzieci do pisania staranniej.

Rezultaty opisanych powyżej badań [50, 51] sugerują, iż zarówno wzrokowa, jak i mentalna kontrola ruchów pisania wpływa na ich automatyczność. Zgodnie z tym odkryciem zaburzenie płynności ruchów pisania u dzieci z ADHD leczonych metylofenidatem nie może być przypisywane wywołanym działaniem leku zmianom obwodowym lub w aktywności mózgu. Zaburzenia te mogą być wtórnym efektem farmakoterapii stymulującej. Jest prawdopodobne, iż jej pozytywne działanie umożliwia dzieciom z ADHD skupienie uwagi na pisaniu. Jednakże kontrola ruchów w celu pisania bardziej starannie skutkuje zaburzeniem płynności. Płynne pisanie może być jednak osiągnięte w sytuacjach, gdy zapobiega się tej kontroli poprzez wydawanie prostych instrukcji werbalnych. Opisane wyżej obserwacje mogą mieć istotne znaczenie w nauce pisania dzieci z ADHD, podczas której powinny być wzięte pod uwagę nie tylko forma, rozmiar i czytelność pisma, ale także jego automatyczność.

Płynność pisania może nie być jedynym obszarem funkcjonowania osób z ADHD zaburzonym w wyniku działania metylofenidatu skutkującą zwiększoną uwagą. Dorosli i dzieci z ADHD mogą mieć trudności z umiejętnościami, których nabywanie rozpoczyna się ćwiczeniem i świadomym procesem uczenia, po czym osiąga się automatyzm w czasie ich konsekwentnej i powtarzalnej praktyki. Umiejętności, które mogą być w ten sposób dotknięte, to czytanie, pisanie na komputerze czy prowadzenie samochodu.

Doniesienia podsumowane w tym artykule wskazują ponadto na to, iż samo leczenie metylofenidatem jest niewystarczające do skutecznej terapii dzieci z ADHD, oraz na konieczność wprowadzania programów psychoedukacyjnych, pokazujących, jak najlepiej wykorzystywać pojemność uwagi zwiększoną w wyniku działania leku.

### **Влияние метилофенидата на графомоторные функции у детей с синдромом психодвигательного возбуждения (ADHD)**

#### **Содержание**

Настоящая статья содержит литературный обзор, посвященный функциям писания-графометрии, у детей с синдромом ADHD, а также изменениями, которые происходят как в качественных, так и количественных аспектах писания в результате применения стимулирующего характера (метилофенидата). Литературные данные указывают на связи между функционированием внимания и реализацией, графомоторной функции у детей с ADHD во время лечения метилофенидатом. Сравнение движения руки во время писания в процессе лечения метилофенидатом, а также во время его отставления показало, что фармакотерапия способствует улучшению качественных аспектов письма. Однако, с другой стороны, приводит к ухудшению его каллиграфии и времени писания измеренной во время

кинематического анализа. Многочисленные исследования показали, что у детей с ADHD проявляются нарушения в области функционирования внимания. Лечение метилофендатом приводит к улучшению различных компонентов этой функции. Улучшение концентрации внимания у детей с ADHD позволяет использовать ее для исполнения заданий (писание), которые не зависят от сознательного контролирования и т.о. может быть нарушено. Это открытие указало на возможность терапии нарушений писания у детей с ADHD. Дети могут подвергаться простым тренировкам, содержащих инструкции как лучше использовать концентрацию внимания.

### **Einfluss von Methylphenidat auf die graphomotorischen Fertigkeiten bei Kindern mit Aufmerksamkeitsdefizit – Hyperaktivitätsstörung (ADHS)**

#### **Zusammenfassung**

Der vorliegende Artikel ist die Literaturübersicht zum Thema graphomotorische Fertigkeiten (Schreiben) bei Kindern mit ADHS und zu den Veränderungen, die sowohl in qualitativen als auch quantitativen Aspekten des Schreibens infolge der Anwendung der stimulierenden Pharmakotherapie (Methylphenidat) erscheinen. Dieser Artikel zeigt die Zusammenhänge zwischen dem Funktionieren der Aufmerksamkeit und Realisierung der graphomotorischen Fertigkeit bei Kindern mit ADHS während der Behandlung mit Methylphenidat. Der Vergleich der Bewegungen während des Schreibens bei der Behandlung mit Methylphenidat und beim Entzug des Medikaments zeigte, dass die Pharmakotherapie zur Verbesserung der qualitativen Aspekte des Schreibens beiträgt, dagegen aber verschlechtert sich seine Flüssigkeit gemessen während der kinematischen Analyse. Zahlreiche Studien bewiesen, dass Kinder mit ADHS Störungen mit der Aufmerksamkeit haben. Die Pharmakotherapie mit Methylphenidat bewirkt die Verbesserung unterschiedlicher Komponenten dieser Funktion. Die größere Aufmerksamkeit können die Kinder mit ADHS zur Konzentration auf einer Aufgabe (Schreiben) benutzen, das unabhängig von der bewussten Kontrolle ist und durch sie gestört werden kann. Diese Entdeckung zeigte auf die Möglichkeit der Therapie der Störungen beim Schreiben bei Kindern mit ADHS. Sie können Nutzen aus einfachen Trainings ziehen, die eine Anweisung enthalten, wie man die größere Aufmerksamkeitsquantität gebrauchen kann.

### **Les fonctions graphomotrices des enfants souffrant de TDAH (Trouble déficitaire de l'attention-hyperactivité – ADHD)**

#### **Résumé**

Cet article donne une revue des recherches concernant la fonction graphomotrice (écriture) des enfants souffrant de TDAH et les changements dans les aspects qualitatifs et quantitatifs de l'écriture résultant de l'application de la pharmacothérapie stimulante (methylphenidate). L'article indique encore les corrélations de l'attention et la fonction graphomotrice des enfants avec le TDAH pendant la thérapie de methylphenidate. La comparaison des mouvements pendant l'action d'écrire durant cette thérapie et après démontre que cette pharmacothérapie cause l'amélioration des aspects qualitatifs de l'écriture pourtant elle diminue sa fluence mesurée par l'analyse cinématique. Plusieurs études démontrent encore que les enfants avec le TDAH souffrent aussi des troubles d'attention. La pharmacothérapie de methylphenidate améliore plusieurs aspects de l'attention. Les enfants avec le TDAH peuvent en profiter pour se mieux concentrer à l'écriture qui est indépendante du contrôle conscient et elle en peut être troublée.

#### **Piśmiennictwo**

1. Hoza B, Pelham WE. *Attention-deficit hyperactivity disorder*. W: Ammerman RT, Last CG, Hersen M, red. *Handbook of prescriptive treatments for children and adolescents*. Boston: Allyn and Bacon; 1993, s. 64–84.

2. Peebles EE, Searls DT, Wellingham JP. *Attention-deficit hyperactivity disorder: a longitudinal case study of handwriting characteristics*. Percept. Mot. Skills 1995; 81 (3, Pt 2): 1243–1252.
3. Zametkin AJ, Rapoport JL. *Neurobiology of attention deficit disorder with hyperactivity: where have we come in 50 years?* J. Am. Acad. Child Adolesc. Psychiatry 1987; 26 (5): 676–686.
4. Seeman P, Madras BK. *Anti-hyperactivity medication: methylphenidate and amphetamine*. Mol. Psychiatry 1998; 3 (5): 386–396.
5. Wilens TE. *Effects of methylphenidate on the catecholaminergic system in attention-deficit/hyperactivity disorder*. J. Clin. Psychopharmacol. 2008; 28 (3, suppl. 2): 46–53.
6. DuPaul GJ, Barkley RA, Connor DF. *Stimulants*. W: Barkley RA, red. *Attention-deficit hyperactivity disorder. A handbook for diagnosis and treatment*. New York: The Guilford Press; 1998, s. 510–551.
7. Hynd GW, Hern KL, Novey ES, Eliopoulos D, Marshall R, Gonzalez JJ i in. *Attention deficit-hyperactivity disorder and asymmetry of the caudate nucleus*. J. Child Neurol. 1993; 8 (4): 339–347.
8. Semrud-Clikeman M, Filipek PA, Biederman J, Steingard R, Kennedy D, Renshaw P i in. *Attention-deficit hyperactivity disorder: magnetic resonance imaging morphometric analysis of the corpus callosum*. J. Am. Acad. Child Adolesc. Psychiatry 1994; 33 (6): 875–881.
9. Castellanos FX, Giedd JN, Marsh WL, Hamburger SD, Vaituzis AC, Dickstein DP i in. *Quantitative brain magnetic resonance imaging in attention-deficit hyperactivity disorder*. Arch. Gen. Psychiatry 1996; 53 (7): 607–616.
10. Filipek PA, Semrud CM, Steingard RJ, Renshaw PF, Kennedy DN, Biederman J. *Volumetric MRI analysis comparing subjects having attention-deficit hyperactivity disorder with normal controls*. Neurol. 1997; 48 (3): 589–601.
11. Bush G, Valera EM, Seidman LJ. *Functional neuroimaging of attention-deficit/hyperactivity disorder: a review and suggested future directions*. Biol. Psychiatry 2005; 57 (11): 1273–1284.
12. Cook EH Jr, Stein MA, Krasowski MD, Cox NJ, Olkon DM, Kieffer JE i in. *Association of attention-deficit disorder and the dopamine transporter gene*. Am. J. Hum. Genet. 1995; 56 (4): 993–998.
13. LaHoste GJ, Swanson JM, Wigal SB, Glabe C, Wigal T, King N i in. *Dopamine D4 receptor gene polymorphism is associated with attention deficit hyperactivity disorder*. Mol. Psychiatry 1996; 1 (2): 121–124.
14. Thapar A, Langley K, Owen MJ, O'Donovan MC. *Advances in genetic findings on attention deficit hyperactivity disorder*. Psychol. Med. 2007; 37 (12): 1681–1692.
15. Heilman KM, Voeller KK, Nadeau SE. *A possible pathophysiologic substrate of attention deficit hyperactivity disorder*. J. Child Neurol. 1991; 6, suppl.: 76–81.
16. Marrocco RT, Davidson MC. *Neurochemistry of attention*. W: Parasurman R, red. *The attentive brain*. Cambridge: MIT Press; 1998: 35–50.
17. Riccio CA, Waldrop JJ, Reynolds CR, Lowe P. *Effects of stimulants on the continuous performance test (CPT): implications for CPT use and interpretation*. J. Neuropsychiatry Clin. Neurosc. 2001; 13 (3): 326–335.
18. Shaywitz SE, Shaywitz BA. *Attention deficit disorder: diagnosis and the role of ritalin in management*. W: Greenhill LL, Osmanm BB, red. *Ritalin: theory and patient management*. New York: Liebert; 1991, s. 45–67.
19. Schachar R, Tannock R. *Childhood hyperactivity and psychostimulants: a review of extended treatment studies*. J. Child Adolesc. Psychopharmacol. 1993; 3: 81–97.
20. Swanson JM, McBurnett K, Wigal T, Pfiffner LJ, Lerner MA, Williams L i in. *Effect of stimulant medication on children with attention deficit disorder: a „review of reviews”*. Except. Child 1993; 60: 154–162.



21. Whalen CK, Henker B, Buhrmester D, Hinshaw SP, Huber A, Laski K. *Does stimulant medication improve the peer status of hyperactive children?* J. Consult. Clin. Psychol. 1989; 57 (4): 545–549.
22. Barkley RA. *The ecological validity of laboratory and analogue assessment methods of ADHD symptoms.* J. Abnorm. Child Psychol. 1991; 19 (2): 149–178.
23. Barkley RA. *Attention-deficit hyperactivity disorder.* Scient. Am. 1998; 9: 45–49.
24. Lerer RJ, Artner J, Lerer MP. *Handwriting deficits in children with minimal brain dysfunction: effects of methylphenidate (Ritalin) and placebo.* J. Learn. Disabil. 1979; 12 (7): 450–455.
25. Whalen CK, Henker B, Finck D. *Medication effects in the classroom: three naturalistic indicators.* J. Abnorm. Child Psychol. 1981; 9 (4): 419–433.
26. Ackerman PT, Anhalt JM, Holcomb PJ, Dykman RA. *Presumably innate and acquired automatic processes in children with attention and/or reading disorders.* J. Child Psychol. Psychiatry 1986; 27: 513–529.
27. Van Galen GP. *Handwriting: issues for a psychomotor theory.* Hum. Movem. Sc. 1991; 10 (2–3): 165–191.
28. Thomassen AJWM, van Galen GP. *Handwriting as a motor task: experimentation, modelling, and simulation.* W: Summers JJ, red. *Approaches to the study of motor control and learning.* Amsterdam, Netherlands: North-Holland, 1992, s. 113–144.
29. Mai N, Marquardt C. *CS – computer-assisted movement analysis in handwriting. Operational manual.* Munich: MedCom Verlag; 1992.
30. Tucha O, Aschenbrenner S, Lange KW. *Mirror writing and handedness.* Brain Lang. 2000; 73 (3): 432–441.
31. Tucha O, Trumpp C, Lange KW. *Limitations of the dual-process-theory regarding the writing of words and non-words to dictation.* Brain Lang. 2004; 91 (3): 267–273.
32. Mai N, Marquardt C. *Treatment of writer's cramp. Kinematic measures as an assessment tool for planning and evaluating training procedures.* W: Faure C, Keuss P, Lorette G, Vinter A, red. *Advances in handwriting and drawing. A multidisciplinary approach.* Paris: Télécom; 1994, s. 445–461.
33. Tucha O, Aschenbrenner S, Eichhammer P, Putzhammer A, Sartor H, Klein HE i in. *The impact of tricyclic antidepressants and selective serotonin re-uptake inhibitors on handwriting movements of patients with depression.* Psychopharmacol. 2002; 159: 211–215.
34. Tucha O, Mecklinger L, Thome J, Reiter A, Alders GL, Sartor H i in. *Kinematic analysis of dopaminergic effects on skilled handwriting movements in Parkinson's disease.* J. Neural. Transm. 2006; 113 (5): 609–623.
35. Tucha O, Walitza S, Mecklinger L, Stasik D, Sontag TA, Lange KW. *The effect of caffeine on handwriting movements in skilled writers.* Hum. Mov. Sc. 2006; 25 (4–5): 523–535.
36. Tucha O, Lange KW. *Effects of nicotine chewing gum on a real-life motor task: a kinematic analysis of handwriting movements in smokers and non-smokers.* Psychopharmacol. 2004; 173 (1–2): 49–56.
37. Lange KW, Mecklinger L, Walitza S, Becker G, Gerlach M, Naumann M i in. *Brain dopamine and kinematics of graphomotor functions.* Hum. Mov. Sc. 2006; 25 (4–5): 492–509.
38. Tucha O, Lange KW. *Effects of methylphenidate on kinematic aspects of handwriting in hyperactive boys.* J. Abnorm. Child Psychol. 2001; 29 (4): 351–356.
39. Resta SP, Eliot J. *Written expression in boys with attention deficit disorder.* Percept. Mot. Skills 1994; 79 (3, Pt 1): 1131–1138.
40. Seidman LJ, Benedict KB, Biederman J, Bernstein JH, Seiverd K, Milberger S i in. *Performance of children with ADHD on the Rey-Osterrieth complex figure: a pilot neuropsychological study.* J. Child Psychol. Psychiatry 1995; 36 (8): 1459–1473.

41. Tucha O, Prell S, Mecklinger L, Bormann-Kischkel C, Kubber S, Linder M i in. *Effects of methylphenidate on multiple components of attention in children with attention deficit hyperactivity disorder*. Psychopharmacol. 2006; 185 (3): 315–326.
42. Reid MK, Borkowski JG. *Effects of methylphenidate (Ritalin) on information processing in hyperactive children*. J. Abnorm. Child Psychol. 1984; 12 (1): 169–185.
43. Cohen NJ, Douglas VI, Morgenstern G. *The effect of methylphenidate on attentive behavior and autonomic activity in hyperactive children*. Psychopharmacol. 1971; 22 (3): 282–294.
44. Keith RW, Engineer P. *Effects of methylphenidate on the auditory processing abilities of children with attention deficit-hyperactivity disorder*. J. Learn. Disabil. 1991; 24 (10): 630–636.
45. Kempton S, Vance A, Maruff P, Luk E, Costin J, Pantelis C. *Executive function and attention deficit hyperactivity disorder: stimulant medication and better executive function performance in children*. Med. 1999; 29 (3): 527–538.
46. Van der Meere J, Gunning B, Stemerink N. *The effect of methylphenidate and clonidine on response inhibition and state regulation in children with ADHD*. J. Child Psychol. Psychiatry 1999; 40: 291–298.
47. Van Zomeren AH, Brouwer WH. *Clinical neuropsychology of attention*. New York: Oxford University Press; 1994.
48. Losier BJ, McGrath PJ, Klein RM. *Error patterns on the continuous performance test in non-medicated and medicated samples of children with and without ADHD: a meta-analytic review*. J. Child Psychol. Psychiatry 1996; 37 (8): 971–987.
49. Näätänen R. *Attention and brain function*. Hillsdale. Lawrence Erlbaum Associates; 1992.
50. Tucha O, Lange KW. *The effect of conscious control on handwriting in children with attention deficit hyperactivity disorder*. J. Atten. Disord. 2005; 9 (1): 323–332.
51. Tucha O, Mecklinger L, Walitza S, Lange KW. *Attention and movement execution during handwriting*. Hum. Mov. Sc. 2006; 25 (4–5): 536–552.
52. Marquardt C, Gentz W, Mai N. *On the role of vision in skilled handwriting*. W: Simner ML, Leedham CG, Thomassen AJWM, red. *Handwriting and drawing research: Basic and applied issues*. Amsterdam: IOS Press; 1996, s. 87–97.

Adres: Dorota Stasik  
Institut für Experimentelle Psychologie  
Lehrstuhl Prof. K.W. Lange  
Universität Regensburg  
93040 Regensburg  
Niemcy

Otrzymano: 16.06.2008  
Zrecenzowano: 14.10.2008  
Otrzymano po poprawie: 5.01.2009  
Przyjęto do druku: 6.01.2009