

WYDZIAŁ NAUK O ZDROWIU  
UNIwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

Bartosz Grobelny

**Wpływ zaburzenia koordynacji psychomotorycznej na ruchy oka w trakcie  
poszukiwania wizualnego u dzieci z grupy ryzyka dysleksji**

(opracowanie stanowi rozprawę na stopień doktora nauk o zdrowiu)

Rozprawa doktorska napisana w Katedrze i Zakładzie Psychologii Klinicznej  
pod kierunkiem prof. dr hab. Ewy Mojs

Poznań, 2019

Niniejsza rozprawa doktorska została zrealizowana przy wsparciu projektu „Wyrównywanie szans – podnoszenie kompetencji dzieci z deficytami”. Część badań została przeprowadzona dzięki finansowaniu uzyskanemu przez grant unijny NCBiR, numer projektu IS-2/24. Numer umowy IS-2/24/NCBR/2015.

Projekt pt. "Wyrównywanie szans – podnoszenie kompetencji dzieci z deficytami"

Realizatorzy projektu:



Współpraca:



Fundacja Aktywności Lokalnej – Biuro w Poznaniu

ul. 28 czerwca 1956r. nr 398, 61-441 Poznań

tel. +48.61.6686808, tel. kom. +48.663836373, e-mail: [biuro@fal.org.pl](mailto:biuro@fal.org.pl)

Koordynator projektu – tel. kom. 519 457 888, [szanse@fal.org.pl](mailto:szanse@fal.org.pl)

Metoda Tomatisa

Trening Uwagi Słuchowej

os. Piastowskie 36/1, 61-151 Poznań,

tel: 61 87 70 131; tel. kom.: 502348094



Narodowe Centrum  
Badań i Rozwoju



INNOWACJE  
SPOŁECZNE

Projekt współfinansowany  
w ramach Programu *Innowacje Społeczne*  
Narodowego Centrum Badań i Rozwoju

## O Ś W I A D C Z E N I E

.....  
imię i Nazwisko

.....  
nr albumu

Oświadczam, że moja praca pt.:

.....  
.....

1. została przygotowana przeze mnie samodzielnie,\*
2. nie narusza praw autorskich w rozumieniu ustawy z dnia 4 lutego 1994 roku o prawie autorskim i prawach pokrewnych (Dz. U. Nr 24, poz. 83 z późn. zm.) oraz dóbr osobistych chronionych prawem,
3. nie zawiera danych i informacji, które uzyskałem w sposób niedozwolony,
4. nie była podstawą nadania dyplomu uczelni wyższej lub tytułu zawodowego ani mnie, ani innej osobie.

Ponadto oświadczam, że treść pracy przedstawionej przeze mnie do obrony, zawarta na przekazywanym nośniku elektronicznym, jest identyczna z jej wersją drukowaną.

....., dn. ....

.....  
*podpis*

\* Uwzględniając merytoryczny wkład promotora (w ramach prowadzonego seminarium dyplomowego).

Promotorowi

prof. dr hab. **Ewie Mojs**

składam serdeczne podziękowania  
za cierpliwość, wyrozumiałość,  
serdeczność oraz cenne rady w  
trakcie pisania niniejszej pracy.

## Spis treści

<b>Spis symboli</b> .....	7
<b>Wstęp</b> .....	8
<b>Rozdział 1. Dysleksja</b> .....	11
1.1 Definicja dysleksji .....	11
1.2 Klasyfikacja typów dysleksji.....	13
1.3 Objawy dysleksji .....	15
1.4 Przyczyny dysleksji .....	18
1.5 Mechanizm dysleksji .....	21
1.6 Wskazania do opieki nad dzieckiem z dysleksją.....	24
1.7 Strategie terapeutyczne .....	25
<b>Rozdział 2. Okulografia</b> .....	29
2.1 Definicja i historia eyetrackingu.....	30
2.2 Rodzaje eyetrackerów.....	31
2.3 Teoria przypadkowych spojrzeń.....	34
2.4 Sakady w badaniach eyetrackerem.....	36
2.5 Ruchy oka w procesie czytania .....	40
2.6 Prezentacja danych z eyetrackera.....	44
<b>Rozdział 3. Psychomotoryka, pamięć wzrokowo przestrzenna i fonologiczna</b> .....	46
3.1 Psychomotoryka w dysleksji.....	46
3.2 Rola mózdzku w dysleksji .....	54
3.3 Pamięć wzrokowo przestrzenna w dysleksji.....	55
3.4 Pamięć fonologiczna w dysleksji .....	57
<b>Rozdział 4. Materiał i metody badań</b> .....	63
4.1 Cel badań.....	63
4.2 Cele szczegółowe.....	64
4.3 Hipotezy badawcze.....	64
4.4 Model badawczy.....	66
4.5 Operacjonalizacja zmiennych.....	66
4.6 Narzędzia badawcze .....	67
4.6.1. Skala inteligencji rozwoju dla dzieci.....	67
4.6.2. Eyetracker .....	69

4.7 Grupa badana.....	72
4.8 Dobór badanych.....	74
4.9 Procedura badania.....	77
4.9.1. Przebieg badania.....	78
<b>Rozdział 5. Wyniki badań własnych .....</b>	<b>80</b>
5.1 Ogólna charakterystyka uzyskanych wyników .....	80
5.1.1. Statystyki opisowe dla wszystkich badanych.....	80
5.1.2. Statystyki opisowe dla grupy badanych i kontrolnej.....	82
5.1 Statystyczna weryfikacja hipotez .....	84
5.1.1. Statystyczna weryfikacja założeń hipotezy 1 .....	84
5.1.2. Statystyczna weryfikacja założeń hipotezy 2.....	86
5.1.3. Statystyczna weryfikacja założeń hipotezy 3 .....	88
5.1.4. Statystyczna weryfikacja założeń hipotezy 4.....	90
5.1.5. Statystyczna weryfikacja założeń hipotezy 5.....	92
5.1.6. Statystyczna weryfikacja założeń hipotezy 6.....	94
5.1.7. Statystyczna weryfikacja założeń hipotezy 7.....	96
5.1.8. Statystyczna weryfikacja założeń hipotezy 8.....	98
5.1.9. Statystyczna weryfikacja założeń hipotezy 9.....	99
5.1.10. Statystyczna weryfikacja założeń hipotezy 10.....	100
<b>Rozdział 6. Dyskusja.....</b>	<b>101</b>
<b>Rozdział 7. Wnioski .....</b>	<b>106</b>
Streszczenie.....	108
Summary .....	110
Bibliografia .....	112
<b>Rozdział 8. Załączniki .....</b>	<b>118</b>
Algorytm badania eyetrackerem .....	118
Formularz informacji dla pacjenta ochotnika .....	121
Formularz świadomej zgody pacjenta .....	123
Zgoda komisji bioetycznej.....	126
Spis tabel.....	127
Spis rysunków .....	129

## **Spis symboli**

**ADHD** – zespół nadpobudliwości ruchowej z deficytem uwagi (eng: attention deficit hyperactivity disorder)

**DCDC2** – białko zawierające domenę podwójnej kortyny (eng: doublecortin domain containing 2)

**DSM 5** - Klasyfikacja Zaburzeń Psychiczych Amerykańskiego Towarzystwa Psychiatrycznego (eng: Diagnostics and Statistical Manual)

**DYX1C1** – białko wrażliwe dysleksji kandydujące gen 1 (eng: dyslexia susceptibility 1 candidate gene 1 protein)

**FM** – modulacja częstotliwości (eng: frequency modulation)

**ICD 10** – Międzynarodowa Statystyczna Klasyfikacja Chorób i Problemów Zdrowotnych (eng: International Classification of Diseases)

**IDS** – Skala Inteligencji i Rozwoju dla Dzieci (eng: Intelligence and Development Scales)

**IQ** – iloraz inteligencji (eng: intelligence quotient)

**KIAA0319** – białko związane z dysleksją kodujące gen KIAA0319 (eng: dyslexia associated protein)

**LCD** – wyświetlacz ciekłokrystaliczny (eng: liquid crystal display)

**LED** – dioda elektroluminescyjna (eng: light emitting diode)

**M** – średnia wyników (eng: mean)

**MRI** – rezonans magnetyczny (eng: magnetic resonance imaging)

**NCBiR** – Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

**p** – poziom istotności (eng: probability)

**RT** – czas reakcji (eng: reaction time)

**SD** – odchylenie standardowe (eng: standard deviation)

**SPSS** – pakiet statystyczny: nauk społecznych (eng: Statistical Package for Social Sciences)

**WAIS-R** – Skala inteligencji Wechslera dla dorosłych (eng: Wechsler Adult Intelligence Scale - Revised)

**WISC-R** – Skala inteligencji Wechslera dla dzieci (eng: Wechsler Intelligence Scale for Children – Revised)

## Wstęp

Dysleksja jest zaburzeniem neurorozwojowym, dotyczącym umiejętności czytania. Zaburzenie to negatywnie wpływa na szybkość i dokładność rozpoznawania słów, a w konsekwencji utrudnia płynność czytania i rozumienie tekstu. Szacuje się, że dotyczy 5-10% populacji [1]. Do dzisiaj nie udało się w pełni zrozumieć przyczyn dysleksji – ilość zmiennych, jakie należy wziąć pod uwagę, analizując genezę tego zaburzenia, może prowadzić do wniosku, że dysleksja generuje problemy z czytaniem nie mające wyraźnej przyczyny. Próba zrozumienia dysleksji jest więc ciągle dużym wyzwaniem dla badaczy. Tym bardziej, że nadal nie ma wśród nich zgody, co do jej dokładnej definicji.

Choć ogólnie uważa się, że wczesna interwencja jest najlepszą formą wsparcia dla dzieci z dysleksją, nadal brakuje skutecznych i obiektywnych środków, które pomogą zidentyfikować osoby zagrożone zaburzeniem w pierwszych latach nauki szkolnej [1].

Motywacją do napisania rozprawy doktorskiej, dotyczącej dysleksji, jest stworzenie systemu, umożliwiającego zidentyfikowanie w sposób obiektywny osób zagrożonych trudnościami z czytaniem. W badaniach wykorzystano metody służące do mechanicznego śledzenia oczu podczas procesu czytania. W przeciwieństwie do obecnych analiz przesiewowych, które opierają się na testach ustnych lub pisemnych, śledzenie wzroku nie zależy od podmiotu, który udziela jawnej odpowiedzi, a zatem zapewnia naturalny sposób obiektywnej oceny procesu czytania, który rozwija się w czasie rzeczywistym [2]. Co ważne, ten sposób pomiaru nie wymaga jawnej odpowiedzi, związanej z samym procesem odczytu, a zatem umożliwia ocenę wydajności odczytu bez umieszczania dodatkowych wymagań na podmiocie. Opiswane podejście różni się w istotny sposób od obecnie stosowanych metod badawczych. Testy, polegające na ręcznym wykonaniu zadania, wymagają od badanych zaangażowania umiejętności motorycznych, wykraczających poza umiejętność czytania, co z kolei może wpływać na wyniki indywidualne i wprowadzać w błąd [2]. Z drugiej strony, testy oparte na wymawianiu słów na głos wymagają personalnej oceny, która jest wrażliwa na subiektywne osądy, co również wprowadza niespójność w wynikach. Chociaż od dawna wiadomo, że ruchy oka u osób z zaburzeniami dysleksji są inne niż w przypadku zdrowych osób, poprzednie badania skupiały się prawie wyłącznie na identyfikacji różnic na poziomie grupy [3]. W badaniu, realizowanym na potrzeby rozprawy doktorskiej, zostało wykorzystane uczenie maszynowe i modelowanie predyktywne, potwierdzające możliwość przejścia od opisów na poziomie grupy do prognoz na poziomie indywidualnym z wysoką czułością i specyficznością. Celem badania jest wykazanie, że śledzenie wzroku, połączone z uczeniem



maszynowym może zostać wykorzystane do opracowania szybkich, obiektywnych i dokładnych modeli przesiewowych przydatnych do identyfikacji dzieci w wieku szkolnym zagrożonych dysleksją. Opisywane ryzyko wystąpienia objawów odnosi się do wczesnych lat, gdzie analizie podlega historia rodzinna, wcześniactwo, niska waga urodzeniowa (poniżej 1500g) oraz opóźnienie wczesnej mowy w wieku 3-4 lat [1,2].

Większość badań, dotyczących dysleksji, koncentruje się na patologii. Próbując dowiedzieć się, co jest "nie tak" z osobami z dysleksją, skupia się uwagę przede wszystkim na znalezieniu środków zaradczych. Istnieje również pogląd, że osoby z dysleksją są utalentowane w obszarach wizualno-przestrzennych i że dysleksja wiąże się nie tylko z deficytem [2]. Powyższe stwierdzenie jest efektem obserwacji, co jednak ważne, zauważono wysoki rozwój umiejętności wizualno-przestrzennych wśród dzieci z dysleksją. Jednak dowody na związek opisywanych talentów z dysleksją nie są jeszcze jasno opisane. W zależności od zadania wykazano, że osoby z zaburzeniami czytania osiągają wyniki poniżej przeciętnego, średnie, a nawet wyższe niż norma populacyjna [4]. Niezgodność wyników jest prawdopodobnie spowodowana użyciem bardzo różnych miar zdolności wizualno-przestrzennych. Niemniej jednak w celu zweryfikowania korelacji między poszczególnymi pomiarami w badaniu przy użyciu eyetrackera (urządzenia do śledzenia ruchów gałek ocznych) użyto miarę poznawczą, dotyczącą pamięci wzrokowo przestrzennej, pochodzącą z testu IDS (Intelligence Development Scale).

Zbadanie wpływu wybranych funkcji poznawczych dzieci z grupy ryzyka dysleksji na proces odczytu wizualnego może pozwolić na pełną analizę opisywanego problemu:

- Pamięć wzrokowo przestrzenna ma wpływ na analizę fonologiczną.
- Pamięć wzrokowo przestrzenna ma wpływ na proces odczytu wizualnego.
- Umiejętności psychomotoryczne mają wpływ na analizę fonologiczną.
- Umiejętności psychomotoryczne mają wpływ na proces odczytu wizualnego.
- Proces odczytu wizualnego wpływa na analizę fonologiczną.

Badanie opiera się na próbie 30 osób podwyższonego ryzyka dysleksji z wczesnym rozpoznaniem trudności w dekodowaniu słów i grupą kontrolną 30 osób niskiego ryzyka zaburzeń dyslektycznych. Korzystając z modelowania predykcyjnego i technik repróbkiowania statystycznego, opracowano modele klasyfikacji z zapisów śledzenia oka. Chociaż dysleksja jest zasadniczo językową niezdolnością do uczenia się, wyniki sugerują, że

ruchy oka podczas czytania mogą w wysokim stopniu przewidywać indywidualną zdolność czytania. Śledzenie oczu może być skutecznym sposobem identyfikacji dzieci zagrożonych długotrwałymi trudnościami z czytaniem.

Sposoby radzenia sobie z dysleksją w ujęciu neuropsychologicznym z roku na rok cieszą się coraz większym zainteresowaniem. Dzięki obiektywnym metodom, zastosowanym w badaniu, jesteśmy w stanie wzbogacić wiedzę na temat dysleksji o kolejne zmienne, określające wczesne wykrycie zaburzeń. Stworzenie algorytmu postępowania badawczego przy użyciu urządzenia do eyetrackingu pozwoli na analizę dzieci z grupy ryzyka dysleksji. Możliwość podjęcia działań korekcyjnych w oparciu o nowe metody diagnozy umożliwi wczesną interwencję i polepszenie jakości życia osób z dysleksją.

## Rozdział 1. Dysleksja

### 1.1 Definicja dysleksji

Dysleksje zazwyczaj charakteryzuje się jako "nietypową równowagę umiejętności"[1]. Określa ona zespół powiązanych cech, które różnią się w zależności od osoby [1,2]. Cechy te obejmują nie tylko charakterystyczne grupy problemów związanych z zaburzeniem, ale czasami także niezwykle talenty. Zespół dysleksji jest obecnie powszechnie uznawany za specyficzną niezdolność do uczenia się o podłożu neurologicznym [1,2]. Nie implikuje on w swoich założeniach niskiej inteligencji lub słabego potencjału edukacyjnego [1,3]. Jest również niezależny od rasy i pochodzenia społecznego. W dzieciństwie skutki dysleksji mogą być błędnie przypisane zaburzeniom emocjonalnym lub behawioralnym [2,5]. Do czasu dorosłości wiele osób z dysleksją opracowuje wyrafinowane strategie kompensacyjne, które pomagają im maskować ich trudności. Chociaż dysleksja wydaje się bardziej rozpowszechniona wśród mężczyzn niż kobiet, dokładny stosunek populacyjny jest nieznanym [5]. Najczęściej cytowane zależności to między 3:1 a 5:1 z przewagą chłopców [5]. Dowody wskazują, że w większości przypadków dysleksja ma podłoże genetyczne [1,2]. W niektórych przypadkach problemy zauważone w okresie płodowym mogą odgrywać rolę etiologiczną [1]. Większość ekspertów zgadza się, że w znacznym stopniu dysleksją dotkniętych jest około 5-10% populacji [2]. Liczba ta jest oparta na częstości występowania uczniów, którzy otrzymali normalne wykształcenie i którzy nie mają znaczących zaburzeń emocjonalnych, społecznych lub medycznych. U tych osób rozwój umiejętności szkolnych pod koniec szkoły podstawowej jest na poziomie blisko dwa lata niższym niż oczekuje się od nich na podstawie wieku [2].

Dysleksja, znana jest również jako zaburzenie czytania, występujące pomimo statystycznie normalnego poziomu inteligencji. Zaburzenia w tym obszarze mogą się różnić ilością objawów i poziomem ich nasilenia. Problemy mogą obejmować trudności w pisowni, czytaniu, pisaniu, wymawianiu słów w formie artykulacji, czytaniu na głos i rozumieniu tego, co się czyta [2]. Często trudności dziecka zauważane są dopiero w szkole. Specyficzny przypadek, który może się wydarzyć, to aleksja, o której można mówić wtedy, kiedy ktoś, kto wcześniej potrafił czytać, traci tę zdolność. Trudności są mimowolne, a ludzie z tym zaburzeniem mają podobnie jak inni pragnienie uczenia się [2]. Uważa się, że dysleksja jest spowodowana zarówno przez czynniki genetyczne, jak i środowiskowe [1]. Często występuje u osób z zespołem nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi i wiąże się z problemami związanymi z umiejętnościami matematycznymi. Może rozpocząć się w wieku

dorośli w wyniku urazu, udaru mózgu lub demencji. Podstawowymi mechanizmami dysleksji są problemy w przetwarzaniu języka [1].

Dysleksja jest diagnozowana za pomocą szeregu testów pamięci, pisowni, wzroku i umiejętności czytania. Należy ją jednak wyraźnie odróżnić od trudności w czytaniu, spowodowanych problemami ze słuchem, wzrokiem lub niewystarczającą ilością czasu poświęconego na kształtowanie tych cech [2]. Rozróżnienie typów dysleksji fonologicznej i powierzchniowej ma wyłącznie charakter opisowy i nie zawiera żadnych etiologicznych założeń, dotyczących mechanizmów mózgowych. Badania wskazują jednak na potencjalne różnice, spowodowane zmiennością wyników [5]. Leczenie polega na dostosowaniu metod korekcyjnych do potrzeb danej osoby. Nie zajmując się podstawowym problemem, można zwiększyć nasilenie się objawów. Według badań zabiegi ukierunkowane np. tylko na problemy ze wzrokiem nie są skuteczne [6]. Dysleksja jest bardzo popularna w kategorii zaburzeń, dotyczących problemów z uczeniem się i występuje we wszystkich częściach świata. Wpływa na 5-10% populacji, natomiast do 20% może dotyczyć tylko pewnych wybranych objawów [6]. Niektórzy uważają również, że dysleksję należy traktować jako „inny sposób uczenia się”, posiadający w swojej istocie zarówno korzyści, jak i wady [6].

Dysleksję zidentyfikował Oswald Berkhan w 1881 r., jednak nazwę zaburzeniom nadał w 1887 r. Rudolf Berlin, okulista z Stuttgartu [8]. Użył tego określenia, aby odnieść się do przypadku młodego chłopca, który miał poważne zaburzenia w nauce czytania i pisania, pomimo wykazywania poziomu typowej inteligencji i zdolności fizycznych we wszystkich innych aspektach. W 1896 r. Pringle Morgan, brytyjski lekarz z Seaford, East Sussex, opublikował w raporcie dla „British Medical Journal” zatytułowanym „Poznawcza ślepotą słów” opis specyficznego dla czytania zaburzenia uczenia się [7]. W 1925 r. amerykański neurolog, dr Samuel T. Orton, zaproponował pierwszą teorię, dotyczącą trudności z czytaniem [5]. Położył on duży nacisk na dominację jednej półkuli mózgu. Strategie nauczania, które opracował podczas swoich badań, są w użyciu do dzisiaj. W tym okresie badano liczne formy specyficznych trudności edukacyjnych. Zyskały one szerokie uznanie w 1939 r., kiedy dr Alfred Struss i R. Heinz Werner opublikowali swoje odkrycia, dotyczące dzieci z szerokim zakresem trudności w nauce [6]. Ich praca podkreślała różnorodność tych problemów i znaczenie indywidualnej oceny potrzeb edukacyjnych każdego dziecka. Dopiero w połowie dwudziestego wieku dzieci z określonymi trudnościami w czytaniu i pisaniu nie były już uważane za podlegające jurysdykcji medycznej. W tym czasie nasiliły się badania pedagogiczne i psychologiczne, poszerzające wiedzę i udoskonalające koncepcje rozwoju dziecka [6].

## 1.2 Klasyfikacja typów dysleksji

Uważa się, że dysleksja ma dwa rodzaje przyczyn. Jedną związaną z przetwarzaniem języka, a drugą – z przetwarzaniem wizualnym [1]. Uznaje się, że jest to zaburzenie poznawcze, a nie problem z inteligencją [2]. Często jednak z tego powodu pojawiają się problemy emocjonalne. Niektóre opublikowane definicje mają czysto opisowy charakter, podczas gdy inne proponują opis przyczyn zaburzeń [9]. Te ostatnie zwykle obejmują wiele deficytów umiejętności czytania lub specyficzne objawy w opozycji do jednego konkretnego zaburzenia [5]. Definicja „National Institute of Neurological Disorders” opisuje dysleksję jako "trudności z przetwarzaniem fonologicznym (manipulacja dźwiękami), pisownią i/lub szybką reakcją wizualno-werbalną" [9]. Definicja stowarzyszenia „British Dyslexia” opisuje natomiast dysleksję jako "trudność w uczeniu się, która wpływa przede wszystkim na umiejętności związane z dokładnym i płynnym czytaniem i pisownią" i charakteryzuje się "trudnościami w świadomości fonologicznej, pamięci werbalnej i prędkości przetwarzania werbalnego" [9].

Nabyta dysleksja lub aleksja może być spowodowana uszkodzeniem mózgu spowodowanym udarem lub atrofią. Formy aleksji obejmują czystą aleksję bez agrafii, dysleksję powierzchniową, dysleksję semantyczną, dysleksję fonologiczną i głęboką dysleksję [9].

Istnieje pewna zmienność definicji dysleksji. Niektóre źródła, takie jak np. amerykańskie krajowe instytuty zdrowia, definiują ją jako zaburzenie uczenia się [9]. Inne źródła definiują dysleksję po prostu jako niezdolność do czytania w kontekście normalnej inteligencji [9]. Rozróżniają dysleksję rozwojową (zaburzenie uczenia się) i dysleksję nabytą (utrata umiejętności czytania spowodowaną uszkodzeniem mózgu) [9]. ICD 10, podręcznik diagnostyki medycznej obejmuje odrębne diagnozy, dotyczące dysleksji rozwojowej i aleksji [10]. DSM 5, podręcznik diagnozy psychiatrycznej nie definiuje nominalnie dysleksji, uzasadniając tę decyzję stwierdzeniem, że "wiele definicji dysleksji i dyskalkulii oznaczało, że terminy te nie byłyby użyteczne jako nazwy zaburzeń lub kryteriów diagnostycznych" [11]. Zamiast tego umieszcza dysleksję w kategorii zwanej zaburzeniami uczenia się [11].

Patrząc na dysleksję z punktu widzenia językowego, warto również scharakteryzować ją jako zaburzenie przejawiające się problemami z wizualnym przekształcaniem alfabetu w dźwięk mowy. W większości języków pochodzenia europejskiego pojawiają się bowiem problemy z systemem alfabetycznego pisania, który ma konstrukcję fonetyczną. Cechy dysleksji zidentyfikowano głównie na podstawie badań w językach z alfabetycznym

systemem pisania. Wiele z tych cech jednak można przenosić na inne typy systemów zapisu języka [12].

Przyczyny dysleksji nie są jasno opisane, mimo, że większość neuropsychologów uważa, że dysleksja jest zaburzeniem przetwarzania fonologicznego i że dyslektycy mają trudności z czytaniem, ponieważ nie są w stanie „zobaczyć” ani usłyszeć słowa, rozbić go na poszczególne dźwięki, a następnie skojarzyć każdy dźwięk z literą/literami, które tworzą słowo [12]. Niektórzy badacze uważają, że podgrupa osób z dysleksją ma deficyty wzrokowe oprócz deficytów w przetwarzaniu fonemu [12]. Ten pogląd nie jest powszechnie akceptowany. Istnieją dowody, że osoby z dysleksją dosłownie "widzą" litery w tył lub w odwrotnej kolejności w słowach [12]. Z punktu widzenia badania, będącego istotą rozprawy doktorskiej, wiedza na temat widzenia słów w aspekcie poznawczym ma kluczowe znaczenie dla konstrukcji testów.

**Tabela 1:** Przegląd definicji dysleksji według Bogdanowicz.

Typ dysleksji	Definicja
Typ wzrokowy	Podłoże zaburzeń upatrywane jest w problemach z percepcją i pamięcią wzrokową. Pojawiają się również zaburzenia koordynacji wzrokowo przestrzennej.
Typ słuchowy	Zaburzone funkcje językowe współwystępujące z problemami, dotyczącymi pamięci słuchowej, która zaś dotyczy dźwięków mowy.
Typ integracyjny	Charakteryzuje się zaburzeniami integracji percepcyjno motorycznej w przypadku braku występowania innych zakłóceń.
Typ mieszany	Kiedy współwystępują zaburzenia zarówno wyobraźni przestrzennej, pamięci wzrokowej, słuchowej oraz percepcji.
Typ wizualny	Pojawia się wtedy, gdy mamy do czynienia z „nieładem” [5].
Dysortografia	Objawia się trudnościami w pisaniu, licznymi błędami ortograficznymi mimo znajomości zasad pisowni.
Dyskalkulia	Liczne trudności związane z prostymi zadaniami matematycznymi.
Dysgrafia	Przejawiające się pod postacią licznych zniekształceń graficznych oraz brzydkim pismem [5].
Dysfonia	Pojawia się cichy głos, charakteryzujący się trudnością w zrozumieniu komunikatu osoby z dysfonią [96].

Źródło: opracowanie własne na podstawie doniesień Bogdanowicz [5]

### 1.3 Objawy dysleksji

We wczesnym dzieciństwie objawy, które korelują z późniejszą diagnozą dysleksji, obejmują opóźniony początek mowy dziecka, brak świadomości fonologicznej, a także łatwość rozpraszania się przez hałasy w tle [1]. Powszechny mit ściśle wiąże dysleksję z pisanem lustrzanym i czytaniem liter lub słów wstecz [12]. Te zachowania są postrzegane u wielu dzieci uczących się czytać i pisać, nie są jednak uważane za definiujące cechy dysleksji [11]. Stanowią one jednak bardzo trudny aspekt diagnostyczny w przypadku przewidywania późniejszych zmian i prawidłowego rozwoju dziecka.

Dzieci w wieku szkolnym z dysleksją mogą wykazywać oznaki trudności w rozpoznawaniu lub generowaniu słów rymowanych lub liczeniu sylab w słowach, co zależne jest od świadomości fonologicznej [12]. Mogą również wykazywać trudność w dzieleniu słów na pojedyncze dźwięki lub mieszać dźwięki podczas tworzenia słów, co wskazuje na zmniejszoną świadomość fonologiczną [12]. Trudności związane z odtwarzaniem słów lub nazywaniem rzeczy wiążą się również z dysleksją [12]. Osoby te mają zwykle również problemy z pisanem – mówimy wtedy o dysortografii lub dysgrafii, które zależą od kodowania ortograficznego [11]. Problemy z dysleksją utrzymują się w okresie dojrzewania i w wieku dorosłym. Mogą towarzyszyć trudnościom w streszczaniu historii, zapamiętywaniu, czytaniu na głos lub uczeniu się języków obcych [11]. Osoby dorosłe z dysleksją często potrafią czytać ze zrozumieniem, mają jednak tendencję do czytania wolniej [11]. Wypadają oni gorzej w testach pisowni lub podczas procesu czytania słów nonsensownych. Tego typu badania dotyczą miary świadomości fonologicznej [12]. Najczęstsze oznaki i objawy związane z dysleksją mogą być zauważone w każdym wieku, najczęściej zaś występują w dzieciństwie. Objawy dysleksji u dzieci to:

- Trudności w nauce czytania - wiele dzieci z dysleksją ma normalną inteligencję i wsparcie bliskich, ale ma trudności w nauce czytania [2].
- Kamienie milowe osiągają później - dzieci z dysleksją mogą nauczyć się czworakować, chodzić, rozmawiać i jeździć na rowerze później niż większość innych zdrowych dzieci [2].
- Opóźnienie rozwoju mowy - dzieci z dysleksją mogą potrzebować więcej czasu, aby nauczyć się mówić, mogą błędnie interpretować słowa, zdarza się, że nie potrafią rozróżnić dźwięków między różnymi słowami [2].

- Powolny rozwój nauki - w szkole dzieci z dysleksją mogą potrzebować więcej czasu na naukę liter i ich wymowę. Mogą występować problemy z zapamiętywaniem dni tygodnia, kolorów i niektórych tabel arytmetycznych [2].
- Koordynacja - dzieci mogą wydawać się bardziej niezgrabne niż ich rówieśnicy. Złapanie piłki może być dla nich trudne. Słabsza koordynacja oko-ręka może być objawem innych podobnych stanów neurologicznych, w tym dyspraksji [2].
- Lewo i prawo - dzieci mogą mylić pojęcie lewej i prawej strony [2].
- Odwrócenie - mogą odwracać cyfry i litery, zmieniając ich znaczenie, nie zdając sobie z tego sprawy [2].
- Pisownia - niektóre dzieci z dysleksją mogą nauczyć się zapisu nowego słowa i całkowicie o nim zapomnieć kolejnego dnia [2].
- Problemy z mową - jeśli czytane słowo ma więcej niż dwie sylaby, przetwarzanie fonologiczne staje się znacznie trudniejsze [2].
- Zakres koncentracji - dzieciom z dysleksją zwykle trudno jest się skoncentrować [2].
- Sekwencjonowanie pomysłów - kiedy osoby z dysleksją wyrażają sekwencję pomysłów, mogą wydawać się one nielogiczne lub niepołączone w spójną całość [2].
- Warunki autoimmunologiczne - osoby z dysleksją są bardziej narażone na problemy immunologiczne, takie jak katar sienny, astma, egzema i inne alergie [2].

Z powodu problemów z czytaniem, osoba z dysleksją może mieć również trudności z pisaniem [13]. Zaburzenia tego typu obejmują wolniejszą prędkość pisania niż średnia, słabe pismo, charakteryzujące się nieregularnie uformowanymi literami lub niemożność pisania prosto na czystym papierze bez żadnych linii [13]. Badania donoszą również o ciężkich zaburzeniach ruchowych w dysleksji, w tym zaburzeniach motorycznych [14]. Ta trudność jest opisywana przez niezdarność i słabą koordynację [14]. Związek pomiędzy zdolnościami motorycznymi a trudnościami z czytaniem jest słabo poznany, ale może być powiązany z rolą mózdzku i ucha wewnętrznego w rozwoju umiejętności czytania i funkcji motorycznych [14]. Dysleksja i dyskalkulia to dwa zaburzenia uczenia się o różnych profilach poznawczych. Różnią się głównie deficytem fonologicznym w przypadku dysleksji oraz niedostatecznym modulem liczbowym w przypadku dyskalkulii. Osoby z dysleksją mogą być obdarzone silnymi predyspozycjami matematycznymi, a jednocześnie mieć ubogie umiejętności czytania [12]. Mogą mieć problemy z przetwarzaniem tekstu (np. matematyka



opisowa, inżynieria lub fizyka, które opierają się na tekście pisanym, a nie na liczbach). Spoglądając na stadia rozwoju człowieka, obserwujemy następujące objawy:

Przed szkołą:

- opóźnienie rozwoju mowy i uczenia się słownictwa,
- trudności z formowaniem słów, mieszanie słów, które brzmią podobnie,
- problemy z zapamiętywaniem informacji, takich jak liczby, alfabet i kolory [2].

Wiek szkolny:

- niski poziom umiejętności czytania w odniesieniu do swojej grupy wiekowej,
- trudności z przetwarzaniem informacji,
- problemy z zapamiętywaniem sekwencji obiektów lub informacji,
- niemożność wypowiedzenia nieznanego słowa,
- czytanie i pisanie zdań zajmuje nienaturalnie dużo czasu,
- unikanie zajęć wymagających czytania [2].

Nastoletnie lata i dorosłość:

- trudności z czytaniem na głos,
- czytanie i pisanie wymaga dużego nakładu pracy,
- problemy z pisownią,
- unikanie zadań wymagających czytania,
- błędne wymawianie słów,
- problemy ze zrozumieniem znaczenia dowcipów oraz idiomów,
- trudności w uczeniu się języka obcego,
- trudności w zapamiętywaniu lub rozwiązywaniu problemów matematycznych,
- brak umiejętności streszczenia przeczytanego fragmentu tekstu [2].

Dysleksji często towarzyszą inne trudności w uczeniu się, ale nie jest jasne czy mają one wspólne przyczyny neurologiczne [2]. Te powiązane objawy są następujące:

- Dysgrafia - zaburzenie, które przede wszystkim wyraża się poprzez trudności z pisanem, a w niektórych przypadkach również poprzez trudności związane z koordynacją ręka-oko. Pojawiają się wówczas problemy ukierunkowane na

sekwencyjne procesy, takie jak wiązanie węzłów lub wykonywanie powtarzalnych zadań. W dysleksji dysgrafia jest często wieloczynnikowa, spowodowana zaburzeniami pisowni oraz upośledzonego wizualnego formowania słów, co finalnie utrudnia uzyskanie obrazu mentalnego słów potrzebnych w trakcie procesu pisania [2].

- Zaburzenie przetwarzania słuchowego - upośledzenie słuchu, które wpływa na zdolność przetwarzania informacji słuchowych. Może ono prowadzić do problemów z pamięcią i sekwencją słuchową. Wiele osób z dysleksją ma problemy z przetwarzaniem dźwięku i może opracowywać własne wskazówki graficzne w celu zrekompensowania deficytu. Niektóre badania wskazują, że umiejętności przetwarzania dźwięku mogą być głównym zaburzeniem w dysleksji [2].
- Zaburzenie koordynacji - stan neurologiczny, charakteryzujący się znaczną trudnością w wykonywaniu rutynowych zadań, związanych z równowagą, kontrolą ciała, koordynacją kinestetyczną i problemami z pamięcią krótkotrwałą [2].

#### 1.4 Przyczyny dysleksji

Naukowcy, odkąd dysfunkcja została po raz pierwszy zidentyfikowana w 1881 r. przez Oswalda Berkhana, próbowali znaleźć neurobiologiczne podstawy dysleksji [8]. Niektórzy próbowali skojarzyć powszechny problem wśród osób z dysleksją, polegający na tym, że nie widzą wyraźnie liter, z nieprawidłowym rozwojem ich wizualnych komórek nerwowych [15].

Od tamtego czasu pokolenia naukowców badają, czym jest dysleksja i próbują zidentyfikować przyczyny biologiczne. Teorie, dotyczące etiologii dysleksji rozwijają się i ewoluują wraz z każdym nowym pokoleniem badaczy, a coraz to nowsze tezy mają tendencję do wzmacniania jednej lub większej ilości poprzednich stwierdzeń. Same teorie nie powinny być jednak postrzegane jako konkurencyjne, ale jako próba wyjaśnienia podstawowych przyczyn podobnego zestawu objawów z różnych perspektyw badawczych.

Dużą ilością zwolenników cieszy się **neuroanatomiczne** podejście. Nowoczesne techniki obrazowania, takie jak funkcjonalny rezonans magnetyczny i pozytronowa tomografia emisyjna wykazały korelację między różnicami funkcjonalnymi i strukturalnymi w mózgach dzieci z trudnościami w czytaniu [16]. Niektórzy dyslektycy wykazują mniejszą aktywację elektryczną w obszarach lewej półkuli mózgu związanych z czytaniem, takich jak dolny zakręt czołowy, płat ciemieniowy dolny oraz środkowa

i czaszkowa kora skroniowa [16]. W ostatnim dziesięcioleciu badania przy użyciu pozytonowej tomografii emisyjnej, dotyczące aktywacji mózgu w trakcie nauki języka, stworzyły przełom w zrozumieniu neuronalnych podstaw języka. Zaproponowano teorię na temat podstaw neuronalnych dla soczewek optycznych człowieka i słownych elementów pamięci krótkotrwałej. Uznano, że obserwowana neuronalna manifestacja dysleksji rozwojowej jest specyficzna dla zadania (tj. funkcjonalna, a nie strukturalna) [16]. Funkcjonalny rezonans magnetyczny w dysleksjach dostarczył również ważnych informacji, które wskazują na interakcję roli mózdzku i kory mózgowej, a także innych struktur mózgu [16].

Teoria dysleksji **móźdkowej** sugeruje, że upośledzenie ruchu mięśni kontrolowanych przez mózdzek wpływa na formowanie się słów przez mięśnie języka i twarzy, co powoduje problemy z płynnością, które są charakterystyczne dla niektórych osób z dysleksją [16]. Móźdek jest również zaangażowany w automatyzację niektórych zadań, takich jak czytanie [17]. Fakt, że niektóre dzieci z dysleksją mają zaburzenia czynności motorycznych i równowagi, został wykorzystany jako dowód na rolę mózdzku w ich trudnościach z czytaniem. Teoria mózdzku nie jest jednak poparta wiarygodnymi badaniami naukowymi [16].

Badania nad potencjalnymi **genetycznymi przyczynami** dysleksji mają swoje korzenie w badaniu autopsyjnym mózgow osób z dysleksją [17]. Zaobserwowane w trakcie badań różnice anatomiczne w centrach językowych mózgu obejmują mikroskopijne deformacje korowe, znane jako ektopia, rzadziej mikropęcherzyki naczyniowe [17]. Cytowane wcześniej badania sugerują, że nieprawidłowy rozwój kory prawdopodobnie miał miejsce przed lub w szóstym miesiącu rozwoju mózgu w okresie płodu, co prawdopodobnie było przyczyną zaburzeń [17]. Nieprawidłowe formacje komórek u osób z dysleksją odnotowano również w niejęzykowych i podkorowych strukturach mózgu. Kilka genów zostało związanych z dysleksją, w tym DCDC2 i KIAA0319 na chromosomie 6, i DYX1C1 na chromosomie 15 [18].

Udział interakcji **gen-środowisko** wśród osób z deficytami czytania został intensywnie zbadany za pomocą bliźniaczych badań, które szacują proporcję wariancji związanej ze środowiskiem badanego i wpływu genów. Przeprowadzono badania oceniające wpływ czynników środowiskowych, takich jak wsparcie rodziców i jakość edukacji wczesnoszkolnej [16]. Wykazały one, że genetyka ma większy wpływ w przypadku osób wychowujących się w środowisku wspierającym rozwój niż w mniej optymalnych warunkach [18]. Bardziej optymalne otoczenie może po prostu pozwolić, aby genetyczne czynniki ryzyka

uwzględniały większą zmienność wyniku, ponieważ czynniki ryzyka środowiskowego zostaną w takim przypadku zminimalizowane [18]. Ponieważ środowisko odgrywa dużą rolę w uczeniu się i pamięci, prawdopodobne jest, że modyfikacje epigenetyczne odgrywają ważną rolę w umiejętności czytania [19]. Do badania procesów epigenetycznych wykorzystuje się eksperymenty głównie na zwierzętach oraz pomiary ekspresji i metylacji genów. Oba typy badań mają wiele ograniczeń w przełożeniu wyników do zastosowania w ludzkim mózgu.

Teoria **ewolucyjna** zakłada, że czytanie jest aktem nienaturalnym, rozwijanym przez bardzo krótki okres w historii ewolucji człowieka [20]. Dopiero w ciągu ostatnich stu lat lektura wizualnej formy mowy była promowana jako główna forma komunikacji. W wielu społeczeństwach na całym świecie większość populacji nie używa wizualnej notacji mowy jako formy komunikacji i nie korzysta z umiejętności czytania. Wśród takich populacji nie mamy do czynienia z terminem dysleksji [20].

Dysleksja należy do najczęstszych **zaburzeń neurorozwojowych**. Na poziomie fenotypowym można wyróżnić różne komponenty poznawcze, które umożliwiają czytanie i pisanie, a które są zakłócone u dotkniętych nimi osób. W zależności od badanego wymiaru fenotypu, czynniki dziedziczne szacuje się na około 80% [17]. Ustalenia powiązań w dysleksji są stosunkowo spójne we wszystkich badaniach w porównaniu z wynikami, dotyczącymi innych zaburzeń neuropsychiatrycznych. Jest to szczególnie prawdziwe w przypadku regionów chromosomowych 1p34 – p36, 6p21 – p22, 15q21 i 18q11 [17]. Cztery kandydujące geny zostały zidentyfikowane poprzez badania systematycznej nierównowagi sprzężeń w regionie łączącym 6p21 – p22 oraz poprzez podejście klonowania w punktach przerwania chromosomów [17]. Wyniki wskazują, że zaburzenie migracji neuronów jest patologicznym korelatem dysleksji na poziomie funkcjonalnym [17].

Wiele dysleksji rozwojowych w znacznym stopniu kompensuje objawy i oznaki **przedsionkowo-mózdkowe**. Większość zdrowych małych dzieci wykazuje zależne od wieku objawy podobne do dysleksji i niedojrzałości mózdkowo-przedsionkowej [21]. W związku z tym wysunięto hipotezę, że dysleksja genetyczna może reprezentować ontogenetyczną rekapitulację stanu przed nauką czytania w filogenezie i że ontogeneza rozprzestrzenia się poza zarodek w dzieciństwie, a czasami poza nim, co może wyjaśniać późne zmiany [21]. Rozwój czytania i związanego z nim pisanie i funkcjonowania ortograficznego, a także odpowiednia ontogenetyczna CV-mózgowa hipoteza, opóźniająca rozwój dysleksji, jest pośrednio wspierana przez badania sugerujące, że mózdek powiększył się tylko trzy do czterech razy w ciągu minionego miliona lat w ewolucji [21].

Kolejna teoria dotyczy pojęcia **percepcyjnego niedoboru**, związanego z wyłączeniem hałasu (upośledzone filtrowanie behawioralnie nieistotnych informacji wizualnych w dysleksji lub szumie wizualnym) jest rodzącą się hipotezą, popartą badaniami pokazującymi, że osoby z dysleksją mają trudności w wykonywaniu zadań wzrokowych (takich jak wykrywanie ruchu w obecności rozproszenia percepcji), ale nie wykazują tego samego upośledzenia, gdy czynniki rozprasające są usuwane w warunkach eksperymentalnych [22]. Naukowcy dokonali analogii swoich ustaleń, dotyczących zadań związanych z dyskryminacją wizualną, z wynikami innych badań związanych z dyskryminacją słuchową [22]. Twierdzą, że symptomy dysleksji pojawiają się z powodu upośledzenia zdolności do odfiltrowywania zarówno wizualnych, jak i dźwiękowych czynników rozprasających oraz kategoryzowania informacji w celu odróżnienia ważnych danych sensorycznych od nieistotnych [22].

Teoria **deficytu fonologicznego** sugeruje, że osoby z dysleksją mają określone zaburzenia manipulacji dźwiękiem, co wpływa na ich pamięć słuchową, zdolność przywoływania słów i umiejętności kojarzenia dźwięku podczas przetwarzania mowy [23]. Teoria fonologiczna wyjaśnia upośledzenie czytania przy użyciu alfabetycznego systemu pisanego, który wymaga poznania korespondencji grafem/fonemem, związku między literowymi symbolami i dźwiękami mowy, które reprezentują [23].

Pojawiła się również teoria **szybkiego przetwarzania słuchowego** jako alternatywa dla teorii deficytu fonologicznego, która precyzuje, że pierwotny deficyt polega na percepcji krótkich lub szybko zmieniających się dźwięków [23]. Poparcie dla tej teorii wynika z dowodów, że ludzie z dysleksją wykazują słabe wyniki w szeregu czynności słuchowych, w tym w zakresie dyskryminacji częstotliwości dźwięków [23].

Teoria **wizualna** reprezentuje tradycyjną perspektywę dysleksji, jako wynik zaburzenia widzenia, stwarzającego problemy podczas przetwarzania informacji z tekstu pisanego [23]. Obejmuje problemy z przetwarzaniem obrazu, słabą wertykulację i wizualne tłumienie. Teoria wizualna nie zaprzecza możliwości alternatywnych przyczyn dysleksji [23].

## 1.5 Mechanizm dysleksji

W 2017 r. badanie przeprowadzone na Uniwersytecie w Rennes wykazało, że receptory światła w tylnej części oka są ułożone inaczej u osób z dysleksją i bez niej. Konkretnie, w dołku jest mała łata, która nie ma receptorów dla niebieskiego światła [24]. U większości ludzi plamka ta jest okrągła w dominującym oku i nieregularnie ukształtowana

w drugim oku, co powoduje, że sygnały z obu oczu docierają do mózgu w nieco innym czasie [25]. U osób z dysleksją jest ona okrągła. Autorzy spekulują, że może to utrudnić mózgowi uszeregowanie wiadomości z jednego oka nad drugim, a więc odróżnić od siebie obiekty symetryczne od siebie [26]. Najnowsze badania rzucają nam światło na istotny czynnik obiektywnego mechanizmu o podłożu anatomicznym w procesie wyjaśniania dysleksji.

W ubiegłym stuleciu pojawiła się i została opisana teoria dwutorowa na temat czytania na głos [26]. Sugeruje ona, że istnieją dwa oddzielne mechanizmy umysłowe lub ścieżki poznawcze zaangażowane w proces czytania na głos [26]. Jednym z mechanizmów jest ścieżka leksykalna, czyli proces, w którym wykwalifikowani czytelnicy mogą rozpoznawać znane słowa z widzenia poprzez procedurę wyszukiwania ze "słownika" [26]. Drugim mechanizmem jest nieleksykalna lub sub-leksykalna droga, czyli proces, w którym czytelnik może "rozdzielić" słowo pisane. Odbywa się to poprzez identyfikację części składowych słowa (liter, fonemów, grafemów) i zastosowanie wiedzy o tym, jak te części są ze sobą powiązane [26]. Jednym z przykładów jest to, w jaki sposób ciąg sąsiednich liter wydaje razem dźwięk. System dwóch dróg może wyjaśnić różne wskaźniki występowania dysleksji między poszczególnymi językami [26].

W zależności od mechanizmu rozróżniamy odmienne typy zaburzeń. **Centralne dysleksje** obejmują dysleksję powierzchniową, dysleksję semantyczną, dysleksję fonologiczną i głęboką dysleksję [26]. ICD-10 przeklasyfikowało poprzednie rozróżnienie między dysleksją i aleksją na pojedynczą klasyfikację jako R44,0 [12]. Terminy te stosowane są w odniesieniu do dysleksji rozwojowej i dziedzicznej dysleksji oraz rozwojowej afazji i dziedzicznej aleksji, które są uważane za synonimy [12].

W typie **dysleksji powierzchniowej** słowa o regularnej wymowie (wysocze zgodne z ich pisownią, np. mięta) są czytane dokładniej niż słowa o nieregularnej wymowie, takie jak np. pułkownik. Trudności w rozróżnianiu homofonów to forma diagnostyki stosowana w niektórych formach dysleksji powierzchniowej [26]. Zaburzeniu temu towarzyszy zwykle agafonia powierzchniowa i płynna afazja. Dysleksja powierzchniowa nabyta powstaje, gdy osoba uprzednio potrafiąca pisać doświadcza uszkodzenia mózgu, co powoduje błędy wymowy, które wskazują na upośledzenie drogi leksykalnej [26].

W **dysleksji fonologicznej** chorzy potrafią czytać znane słowa, ale mają trudności z nieznanymi oraz wymyślonymi pseudo-słowa [12]. Dysleksja fonologiczna wiąże się ze zmianami w częściach mózgu zaopatrywanymi w krew przez tętnicę środkową mózgu [17]. Co więcej, dysleksja powoduje kompensacje przez nadużywanie regionu przedniego mózgu - obszaru Broca, który jest powiązany z aspektami języka i mowy [17]. Program „Lindemood

Phoneme Sequencing Program” jest stosowany w leczeniu dysleksji fonologicznej [27]. System ten opiera się na trójstopniowej procedurze sprzężenia zwrotnego czuciowego, wykorzystującej umiejętności słuchowe, wizualne i ustne, aby nauczyć się rozpoznawać słowa i wzory słów. W przypadku wszystkich pacjentów stwierdzono znaczną poprawę zdolności rozumienia pisowni i czytania po użyciu opisanego programu [27].

Osoby z **głęboką dysleksją** doświadczają zarówno paralaksji semantycznej, jak i dysleksji fonologicznej, która powoduje, że osoba czyta słowo, a następnie mówi powiązane znaczenie zamiast prawdziwego znaczenia [26]. Głęboka dysleksja wiąże się z wyraźnymi zaburzeniami przetwarzania fonologicznego. Jest spowodowana rozległymi uszkodzeniami mózgu, które często obejmują lewą półkulę. Hipoteza „kontinuum” głosi, że z dysleksji fonologicznej rozwija się głęboka dysleksja [26]. **Dysleksje obwodowe** zostały opisane jako mające wpływ na wizualną analizę liter w wyniku obrażeń mózgu. „Hemianopsia” jest związana z tym stanem i dotyczy utraty pola widzenia po lewej lub prawej stronie [30].

**Czysta** lub oparta na fonologii **dysleksja**, znana również jako dysleksja agnostyczna lub ślepoty słowa, to dysleksja spowodowana trudnością w rozpoznawaniu zapisanych ciągów liter (takich jak słowa), a czasem nawet liter [28]. Jest uważana za "czystą", ponieważ nie towarzyszą jej inne znaczące zaburzenia związane z językiem. Czysta dysleksja nie wpływa na mowę, styl pisma ręcznego lub zaburzenia językowe [28]. Jest spowodowana zmianami w wizualnym obszarze formy tekstowej [28]. Składa się on z lewego bocznego obszaru bruzdy potylicznej i jest aktywowany podczas czytania. Uszkodzenie w tym obszarze zatrzymuje transmisję między korą wzrokową a lewym zakrętem kątowym [28]. Może być również spowodowane zmianą obejmującą lewy płat potyliczny. Wielokrotne ponowne czytanie ustne jest formą leczenia tego typu dysleksji [28]. Technika tego typu nazwano przetwarzaniem odgórnym, w której osoby dotknięte zaburzeniami czytają wielokrotnie teksty z góry określoną liczbą razy lub do momentu, gdy prędkość odczytu lub dokładność się poprawi [28].

Dysleksja w kolejnym typie jest powszechnie uważana za pochodną utraty pola widzenia z powodu uszkodzenia pierwotnej kory wzrokowej [28]. Chorzy mogą skarżyć się na wyjątkowo powolne czytanie, ale są w stanie normalnie czytać pojedyncze słowa. Jest to najczęstsza forma peryferyjnej dysleksji z dużą ilością dowodów skutecznego leczenia [28].

W typie dysleksji z zaniedbania niektóre litery, najczęściej te na początku lub po lewej stronie słowa, są pomijane lub błędnie czytane. Ta forma dysleksji wiąże się z uszkodzeniem ciemieniowym. Wykazano, że użycie okularów pryzmatycznych znacznie łagodzi ten stan [28]. Osoby z dysleksją uwagi skarżą się na „zatłoczenie liter” lub migrację, czasami łącząc

elementy dwóch wyrazów w jeden [29]. Cierpiący czytają lepiej, gdy słowa są prezentowane w izolacji, a nie obudowane innymi słowami i literami. Korzystanie z dużego szkła powiększającego może pomóc złagodzić ten stan, zmniejszając efekt flankowania [29]. Od 2014 r. jednak nie opublikowano żadnych badań ani żadnej innej terapii dla tego typu zaburzeń [29].

## **1.6 Wskazania do opieki nad dzieckiem z dysleksją**

Dzięki zastosowaniu strategii kompensacyjnych, terapii i wsparcia edukacyjnego osoby z dysleksją mogą nauczyć się czytać i pisać. Istnieją techniki i pomoce techniczne, które pozwalają opanować lub ukryć objawy zaburzenia. Samo usuwanie stresu i lęku może czasami poprawić zaburzone funkcje [30]. W przypadku interwencji w obrębie dysleksji przy użyciu pisania alfabetycznego, podstawowym celem jest zwiększenie świadomości dzieci, dotyczącej zgodności między literami i dźwiękami oraz odniesienie ich do czytania i pisowni (jak dźwięki wtapiają się w słowa) [30]. Stwierdzono, że kursy uzupełniające, koncentrujące się na czytaniu i pisowni, przynoszą większe korzyści niż tylko ćwiczenia fonologiczne [31]. Wczesna interwencja u dzieci w młodym wieku może być skuteczna w ograniczaniu problemów z czytaniem później [31].

Istnieją dowody na to, że użycie specjalnie dopasowanych czcionek może pomóc w dysleksji. Czcionki te zostały stworzone w oparciu o koncepcję, że wiele liter alfabetu łacińskiego jest wizualnie podobnych i dlatego może mylić funkcje poznawcze ludzi z dysleksją [32]. Koncepcja kładzie nacisk na to, aby każda litera była bardziej charakterystyczna, aby łatwiej było ją zidentyfikować [32]. Korzyści w tym przypadku mogą być jednak po prostu spowodowane dodatkowymi odstępami między poszczególnymi wyrazami. Nie ma również dowodów na to, że wykorzystanie edukacji muzycznej jest skuteczne w poprawie umiejętności czytania wśród dyslektycznych nastolatków [32].

Osoby z dysleksją wymagają więcej praktyki, aby opanować umiejętności w swoich obszarach deficytu. W sytuacji, gdy typowo rozwijające się dzieci potrzebują 30-60 godzin treningu, liczba godzin w przypadku dysleksji wzrasta i wynosi od 80 do 100 godzin [33]. Tylko około 20% dorosłych z trudnościami z rozpoznawaniem wizualnym na wczesnym etapie opanowało umiejętność czytania w wieku dorosłym [33]. Funkcjonalne badania rezonansem magnetycznym wykazały zmiany neurologiczne u dzieci z dysleksją i dorosłych, którzy stosowali interwencje fonologiczne, z lepszymi wynikami w testach świadomości fonologicznej i dekodowania tekstu [33]. Badania funkcjonalnym rezonansem magnetycznym



wykazały również zmiany w mózgu i poprawę pisowni u dzieci z dysleksją, które uczyły się pisowni fonetycznie [33]. Dzieci z dysleksją wymagają od wczesnego wieku specjalnych instrukcji do analizy słów oraz pisowni. Istnieją czcionki, które mogą pomóc osobom z dysleksją lepiej wspomóc naukę za pomocą metod standardowych, wykorzystujących uniwersalne czcionki [33]. Prognozy dla dzieci z wcześniej zidentyfikowaną dysleksją są pozytywne, o ile takie osoby otrzymują wystarczające wsparcie od rodziców i opieki szkolnej [30].

Odsetek osób z dysleksją jest nieznany, ale szacuje się, że mieści się w przedziale między 5-10% populacji. Podczas gdy zdiagnozowana jest ona częściej u mężczyzn, niektórzy uważają, że dotyka on w równym stopniu mężczyzn i kobiety [1]. Istnieją różne definicje dysleksji stosowane na całym świecie, ale pomimo znacznych różnic w systemach pisania, dysleksja występuje w różnych populacjach. Dysleksja nie ogranicza się do trudności w przekształcaniu liter w dźwięki. Chińscy dyslektycy mogą mieć również trudności z przekształceniem chińskich znaków w ich znaczenia fonologiczne. W chińskim słownictwie stosuje się zapis logograficzny, nie-alfabetyczny, w którym np. jedna ikona nie reprezentuje pojedynczego fonemu [2]. Hipoteza przetwarzania fonologicznego stara się wyjaśnić, dlaczego dysleksja występuje w wielu różnych językach. Ponadto wydaje się, że na związek między zdolnością fonologiczną a czytaniem w dużym stopniu wpływa ortografia [1].

Istnieją testy, które mogą wskazać z dużym prawdopodobieństwem czy dana osoba posiada dysleksję. Pozwalają one na ocenę diagnostyczną w celu określenia zakresu i charakteru zaburzenia. Testy mogą być wykorzystane przez nauczyciela lub można je użyć zdalnie za pośrednictwem komputera. Niektóre wyniki takich badań wskazują strategię i dają informację, w jaki sposób programować strategie nauczania. Jednym z celów rozprawy doktorskiej jest analiza nowego sposobu diagnozy dysleksji za pomocą urządzeń okulograficznych.

## **1.7 Strategie terapeutyczne**

Terapia dysleksji zależy od wielu zmiennych; nie ma jednej konkretnej strategii lub zestawu strategii, które będą odpowiednie dla wszystkich osób, którzy mają dysleksję. Niektóre metody są ukierunkowane na określone obszary umiejętności czytania, jak np. dekodowanie fonetyczne. Inne podejścia mają szerszy zakres, łącząc techniki w celu zajęcia się podstawowymi umiejętnościami oraz strategiami służącymi poprawie zrozumienia tekstu czytanego. Wiele programów ma charakter multisensoryczny, co oznacza, że instrukcje

zawierają elementy wzrokowe, słuchowe i kinestetyczne lub dotykowe. Powszechnie uważa się, że takie formy nauczania są bardziej skuteczne dla osób z dysleksją [30]. Pomimo twierdzenia, że niektóre programy mają być "oparte na badaniach", niewiele jest empirycznych lub ilościowych badań, wspierających stosowanie jakiegokolwiek konkretnego podejścia do nauki czytania używanego do pracy z dziećmi z dysleksją [31].

Opracowano różnorodne metody edukacji specjalnej dla uczniów z dysleksją. Technologia adaptacyjna, taka jak np. wyspecjalizowane oprogramowanie komputerowe, zaowocowała innowacjami, które są pomocne dla wielu osób z dysleksją. Obecnie metody leczenia obejmują nawet suplementy diety, homeopatię, akupunkturę i manipulacje osteopatyczne [30].

Wczesna identyfikacja objawów i wdrożenie metod leczenia jest kluczem do pomocy osobom z dysleksją, aby osiągnąć odpowiedni rozwój. Mimo, iż nie ma specyficznej metody terapii ani lekarstw na dysleksję, istnieje wiele technik, które mogą pomóc uczniom z dysleksją w klasie, podczas gdy umiejętności czytania są rozwijane. Należą do nich następujące metody:

- Testy ustne oraz audiobooki na wyposażeniu szkoły
- Eliminacja lub zmniejszenie ilości testów pisowni
- Minimalizowanie czytania zadań na głos
- Upraszczenie poleceń
- Korzystanie z lektora
- Pozwalanie uczniom nagrywać na dyktafon nauczyciela wyjaśniającego zadania
- Zredukowanie obciążenia pracą domową, dotyczącą pisania tekstów
- Ocena na podstawie treści, nie pisowni
- Używanie materiałów, które nie są wizualnie przepełnione
- Korzystanie z nowoczesnych technologii – podświetlanie tekstu

W celu zwiększenia motywacji należy dawać zadania w dziedzinach, w których uczeń ma duże zainteresowania, na przykład historie sportowe, biografie wynalazców lub muzyków lub fikcyjne teksty na temat problemów nastolatków [42]. Należy użyć odpowiedniego układu czcionki, w tym większego jej rozmiaru, odstępu między wierszami (1.5) i czystej czcionki - zazwyczaj zalecane są bezszeryfowe [34]. Niektóre osoby z dysleksją są również wrażliwe na

kolor papieru. Biały, jasnozielony lub bladofioletowy papier może ułatwić czytanie osobie z dysleksją [34]. Czcionka nie powinna być za mała. Istnieje kilka czcionek i krojów zaprojektowanych dla dysleksji, w tym np. OpenDyslexic [34]. Mimo, że dyslektycy mogą preferować niektóre z tych specjalnych czcionek, nie ma dowodów na to, że którakolwiek z czcionek nominalnie zaprojektowanych dla osób z dysleksją pomaga im czytać łatwiej lub lepiej [34].

Torgesen [35] podkreślił znaczenie wyraźnych instrukcji, jak również wyraźną potrzebę intensywności zadań, która jest całkowicie odmienna od regularnych instrukcji w klasie prowadzonej dla ogółu dzieci. Aby zyskać odpowiednie wyniki w czytaniu, uczniowie potrzebują wysoce uporządkowanych, sekwencyjnych interaktywnych działań i ścisłego monitorowania. Takie zadania powinny bezpośrednio łączyć znaną wiedzę ze świeżymi informacjami oraz dawać wystarczającą ilość czasu na ćwiczenie nowych umiejętności w celu zbudowania automatyzmu i płynności. Ważna jest również wielkość grupy, w której owe działania mają miejsce [35].

Funkcjonalne badania MRI (obrazowanie metodą rezonansu magnetycznego) wykazały zmiany neurologiczne u dzieci z dysleksją i u dorosłych, którzy stosowali podczas badań interwencje fonologiczne. Uzyskali oni w analizie lepsze wyniki w testach świadomości fonologicznej i dekodowania tekstu [24]. Badania MRI wykazały również zmiany w mózgu i poprawienie pisowni u dzieci z dysleksją, które uczyły się pisowni fonetycznie [24].

Niedawne badania wykazały, że zastosowanie systemu FM (modulacji częstotliwości) stymuluje plastyczność neuronalną u dzieci z dysleksją. [36] System FM to osobiste urządzenie wspomagające słuchanie, składające się z mikrofonu bezprzewodowego noszonego przez nauczyciela i odbiornika bezprzewodowego podobnego do odbiornika Bluetooth noszonego na uszach. Pomiarzy reakcji mózgu na dźwięki mowy wykazały, że dzieci, które nosiły urządzenie przez rok, reagowały bardziej konsekwentnie na bardzo miękkie i szybko zmieniające się elementy dźwięków, które pomagają odróżnić jedną spółgłoskę od innej. Ta progresja była związana z poprawą czytania w oparciu o wystandaryzowane miary czytelności, które, jako długoterminowa korzyść, wskazują na plastyczność mózgu [36].

Dysleksja to stan trwający całe życie, który pozostawia swoje piętno nawet wśród ludzi w podeszłym wieku. Kora mózgowa i mózdzek zostały uznane przez dr Levinsona [37] jako elementy odgrywające główną rolę kompensacyjną w dysleksji. Z jego badań wynika, że biofeedback (biologiczne sprzężenie zwrotne) i wszelkie związane z nim terapie warunkujące

lub uczące, które stymulują i usprawniają funkcje mózgu, mogą znacząco poprawić dysleksję i dysfunkcję kory mózgowej [37]. Tradycyjne neurologiczne podejście do dysleksji było w znacznym stopniu kierowane przez błędne przekonanie, że to zaburzenie było spowodowane pierwotną, a nie wtórną dysfunkcją mózgu - obszaru funkcjonowania języka.

## Rozdział 2. Okulografia

### 2.1 Definicja i historia eyetrackingu

W ciągu ostatnich czterdziestu lat naukowcy stali się coraz bardziej świadomi faktu, że metodologia, dotycząca śledzenia oka, jest bardzo cennym narzędziem do badania różnych aspektów ludzkiego przetwarzania poznawczego. Tradycyjne śledzenie wzroku zostało połączone z badaniami nad przetwarzaniem wizualnym i przetwarzaniem języka pisanego. W ciągu ostatnich dziesięciu lat testy tego typu zaczęły być stosowane we wszystkich aspektach badań psychologicznych. W świecie optometrystów pojawia się wiele badań, które analizują ruchy oczu i ich cechy podczas czytania. Istnieje jednak stosunkowo mało prac, analizujących ruchy gałek ocznych u dzieci z dysleksją. Może to być zaskakujące, biorąc pod uwagę głębokość tego obszaru badań i jego znaczący potencjał w zakresie wprowadzania zmian w odniesieniu do dzieci i praktyk pedagogicznych. Z milionami dzieci z dysleksją, które reprezentują około trójkę osób w każdej klasie, lepsze teoretyczne zrozumienie trudności z czytaniem pomogłoby w silniejszym wspieraniu praktycznego kształcenia młodzieży, zmagającej się z zaburzeniami dysleksji. Rozprawa doktorska ma na celu wdrożenie nowatorskiego podejścia do badania czytania poprzez testowanie dzieci urządzeniem do śledzenia ruchów gałek ocznych.

Eyetracking jest procesem mierzenia ruchu gałek ocznych. Bada się punkt spojrzenia (miejsce padania wzroku) albo ruchu oka względem głowy [38]. Urządzenie służy do mierzenia pozycji oczu i ruchu gałek ocznych. Tego typu maszyny, śledzące wzrok, są wykorzystywane w badaniach systemu wizualnego takich dziedzin jak: psychologia, psycholingwistyka, marketing, jako urządzenie wejściowe do interakcji człowiek-komputer oraz w projektowaniu użytecznych produktów [38]. Istnieje wiele metod pomiaru ruchu gałek ocznych. Najbardziej popularny wariant wykorzystuje obrazy wideo, z których pozyskiwana jest pozycja oka. Inne metody wykorzystują cewki lub są oparte na elektrokulogramie [38].

W 1800 r. badania ruchu gałek ocznych wykonywane były za pomocą bezpośredniej obserwacji oka [39]. W 1879 r. w Paryżu Louis Émile Javal zauważył, że czytanie nie wymaga płynnego przesuwania wzroku wzdłuż tekstu, jak wcześniej zakładano, ale serii krótkich postojów (zwanymi fiksacjami) i szybkich sakad [39]. Ta obserwacja wzbudziła istotne pytania, dotyczące procesu czytania, pytania, które zostały zbadane dopiero po 1900 r. [40]. Brzmiały one: „na których słowach zatrzymują się oczy?”, „jak długo?”, „kiedy wzrok cofa się do już widzianych słów?” [40].

Edmund Huey zbudował pierwszy eyetracker, używając soczewek kontaktowych z wbudowaną dziurką dla źrenicy oka [41]. Soczewka była połączona z aluminiowym wskaźnikiem, który poruszał się w odpowiedzi na ruch oka. Huey studiował i kwantyfikował regresje (tylko niewielka część sakad to regresje), wskazał też, że istnieją słowa w czytanim zdaniu, które nie są utrwalane na drodze fiksacji [41].

Pierwsze nieinwazyjne eyetrackery zostały zbudowane przez Guy'a Thomasa Buswella w Chicago [42]. Wykorzystał on wiązki światła, które odbijały się w oku, a następnie nagrywał je na filmie. Buswell przeprowadził systematyczne badania czytania i przeglądania zdjęć [42]. W latach pięćdziesiątych Alfred L. Yarbus przeprowadził ważne z punktu widzenia historii okulografii badania nad śledzeniem oka [42]. Udowodnił, że konkretne z góry narzucone zadanie dla podmiotu ma bardzo duży wpływ na ruchy oka [42]. Napisał także o związku między utrwaleniem wiadomości a samymi zainteresowaniami osoby [33]. Wszystkie analizy pokazują jednoznacznie, że charakter ruchu gałek ocznych jest całkowicie niezależny lub bardzo nieznacznie zależny od materiału zdjęcia i jego wykonania, pod warunkiem, że jest płaski lub prawie płaski. Cykliczna zmiana obrazów w badaniu zależy nie tylko od tego, co widać na obrazie, ale także od problemu, z którym mierzy się obserwator i informacji, które ma on nadzieję uzyskać z obrazu [42]. To właśnie badanie Yarbus z 1967 r. jest często określane jako dowód na to, jak zadanie powierzone danej osobie wpływa na ruch jego oczu [42].

Zapisy ruchów oczu pokazują, że uwaga obserwatora jest zwykle utrzymywana tylko przez pewne elementy obrazu [43]. Ruch oczu odzwierciedla ludzkie procesy myślowe, więc myśl obserwatora może być do pewnego stopnia śledzona z zapisów gałki ocznej (myśl towarzysząca badaniu danego obiektu) [43]. Łatwo jest ustalić z tych zapisów, które elementy przyciągają oko obserwatora (w konsekwencji jego myśl) oraz w jakiej kolejności i jak często. Uwaga obserwatora jest często przyciągana do elementów, które nie dają ważnych informacji, ale które, jego zdaniem, mogą to zrobić. Często obserwator skupi swoją uwagę na elementach, które są nietypowe w danych okolicznościach, nieznanne lub niezrozumiałe [43]. Oko obserwatora wielokrotnie powraca do tych samych elementów obrazu, a dodatkowy czas spędzony na percepcji nie jest wykorzystywany do badania elementów drugorzędnych, ale do ponownej analizy najważniejszych zmiennych [43].

W badaniu przeprowadzonym przez Hunzikera w 1970 r. na temat śledzenia ruchów gałek ocznych wykorzystano zwykłą folię 8 mm do śledzenia sakad. W ten sposób sfilmowano obiekty przez szklany talerz, na którym wyświetlany był problem wizualny do analizy przez badaczy [42].

W latach siedemdziesiątych badania śledzące wzrok szybko się rozwinęły, szczególnie w zakresie czytania [43]. W 1980 r. Just i Carpenter sformułowali hipotezę, dotyczącą „siły oczu”. Stwierdzili, że nie ma znacznego opóźnienia między tym, co jest utrwalone, a tym, co jest przetwarzane. Jeśli ta hipoteza jest prawidłowa, to w przypadku, gdy podmiot patrzy na słowo lub obiekt, on również o tym myśli (proces poznawczy) dokładnie tak długo, jak pojawia się utrwalona fiksacja [43]. Hipotezę często przyjmują naukowcy, używający metody śledzenia wzroku. Techniki związane z uwagą poznawczą stanowią interesującą opcję, aby odróżnić to, co zostało utrwalone, a co przetworzone [43].

W latach osiemdziesiątych hipotezy oko-umysł często były kwestionowane w świetle procesów, dotyczących ukrytej uwagi poznawczej [42]. Jeśli opisywany proces jest powszechny podczas rejestrowania za pomocą eyetrackingu, finalna ścieżka skanowania i utrwalania często wskazywałyby nie na naszą uwagę, ale tylko na miejsce, gdzie patrzyło oko, nie dodając przetwarzania poznawczego [42]. W latach osiemdziesiątych ubiegłego stulecia wykorzystano metodę śledzenia ruchu gałek ocznych do odpowiedzi na pytania, dotyczące interakcji człowiek-komputer. Naukowcy badali w szczególności, w jaki sposób użytkownicy wyszukują polecenia w menu komputera. Ponadto komputery umożliwiły naukowcom wykorzystywanie wyników śledzenia oczu w czasie rzeczywistym, głównie w celu pomocy niepełnosprawnym użytkownikom [42].

## 2.2 Rodzaje eyetrackerów

Eyetrackery mierzą ruchy oka na jeden z kilku sposobów, ale zasadniczo dzielą się na trzy kategorie [44]:

- pomiar ruchu obiektu (zwykle specjalnej soczewki) przymocowanej do oka,
- śledzenie optyczne bez bezpośredniego kontaktu z okiem,
- pomiar potencjałów elektrycznych za pomocą elektrod umieszczonych wokół oczu.

Śledzenie pod obserwacją wykorzystuje mocowanie do oka, takie jak specjalna soczewka kontaktowa z wbudowanym lustrem lub czujnikiem pola magnetycznego. Ruch osprzętu jest mierzony przy założeniu, że nie zsuwa się znacząco wraz z obrotem oka [44]. Pomiar z ciasno dopasowanymi soczewkami kontaktowymi dostarczyły niezwykle czułych zapisów ruchu gałek ocznych, a cewki magnetyczne są metodą z wyboru dla naukowców

badających dynamikę oka i leżącą u podstaw fizjologię ruchu gałek ocznych [44]. Ta metoda umożliwia pomiar w kierunkach: poziomym, pionowym i skrętnym.

W przypadku metody optycznego śledzenia eyetracker zamontowany jest na głowie. Każde oko w tym badaniu ma swoje źródło światła LED (metal w kolorze złotym) z boku soczewki i kamerę pod soczewką wyświetlacza [45].

Ostatnia kategoria wykorzystuje bezdotykową, optyczną metodę pomiaru ruchu oczu. Światło, zwykle w podczerwieni, odbija się od oka i jest wykrywane przez kamerę wideo lub inny specjalnie zaprojektowany czujnik optyczny. Informacje są następnie analizowane, aby odróżnić rotację oka od zmian w odbiciu światła. Oparte na wideo urządzenia do śledzenia wzroku zazwyczaj wykorzystują odbicie rogówki (obszar Purkiniego) i środek źrenicy jako cechy do śledzenia w czasie [46]. Jeszcze bardziej czułą metodą śledzenia jest obrazowanie obiektów z wnętrza oka, takich jak naczynia krwionośne siatkówki oraz śledzenie ich, gdy oko się obraca [46]. Metody optyczne, szczególnie te oparte na nagrywaniu wideo, są szeroko stosowane do śledzenia wzroku i w opinii badaczy są bardziej preferowane ze względu na stosunkowo małą inwazyjność oraz niski koszt badania [46].

Najczęściej stosowane obecnie urządzenia są oparte o eyetrackery z użyciem wideo nagrywania. Kamera skupia się na jednym lub obu oczach i rejestruje ruchy gałek, gdy widz patrzy na jakiś bodziec [46]. Większość współczesnych eyetrackerów wykorzystuje środek źrenicy i światło podczerwone/bliskie podczerwieni do tworzenia odbić rogówkowych. Wektor między centrum źrenicy a odbiciami rogówkowymi może być wykorzystany do obliczenia punktu widzenia na powierzchni lub kierunku spojrzenia. Najprostsza procedura kalibracji badanego jest zwykle potrzebna przed użyciem urządzenia do śledzenia wzroku [46]. Stosuje się dwa ogólne rodzaje technik śledzenia oka w podczerwieni (zwane również aktywnym światłem): jasne źrenice i ciemne źrenice. Różnica polega na lokalizacji źródła światła w odniesieniu do optyki. Jeśli oświetlenie jest współosiowe ze ścieżką optyczną, to oko działa jak retro reflektor, ponieważ światło odbija się od siatkówki, tworząc jasny efekt źrenicy podobny do efektu czerwonych oczu. Jeśli źródło światła jest przesunięte względem ścieżki optycznej, źrenica wydaje się ciemna, ponieważ odbłask z siatkówki jest odsunięty od kamery [46].

Śledzenie jasnych źrenic zapewnia większy kontrast tęczówki/źrenicy, pozwalając na bardziej dokładne śledzenie oczu z pigmentacją tęczówki i znaczną redukuje zakłócenia powodowanego przez rzęsy i inne przeszkody [47]. Ta metoda umożliwia również śledzenie w warunkach oświetlenia od całkowitej ciemności do jasnego pomieszczenia. Technika ta



jednak nie jest skuteczna do śledzenia oka na zewnątrz, ponieważ zewnętrzne źródła podczerwieni, występujące z promieniami słońca, kolidują z monitorowaniem [47].

Czasami w badaniach stosuje się również metodę, wykorzystującą światło pasywne. Używa się wtedy światła widzialnego do oświetlenia, co może powodować udział dodatkowych dystraktorów dla badanego [47]. Innym wyzwaniem związanym z tą metodą jest to, że kontrast źrenicy jest mniejszy niż w metodach światła aktywnego, dlatego zamiast tego stosuje się środek tęczówki do obliczenia wektora [47]. Obliczenia te muszą wykryć granicę tęczówki i twardówki. To stanowi kolejne wyzwanie dla pionowych ruchów gałek ocznych z powodu stojących na przeszkodzie powiek [47].

Konfiguracje eyetrackerów są bardzo różne. Niektóre są zamontowane na głowie, niektóre wymagają stabilizacji głowy, a niektóre funkcjonują zdalnie i automatycznie śledzą głowę podczas ruchu [47]. Najczęściej używają częstotliwości próbkowania co najmniej 30 Hz. Choć częstotliwość 50/60 Hz jest również powszechna, obecnie wiele opartych na obrazach eyetrackerów pracuje z częstotliwościami 240, 350 lub nawet 1000/1250 Hz, niezbędnymi do przechwytywania ruchów gałek ocznych lub prawidłowego pomiaru dynamiki sakady [47].

Ruchy oka są zazwyczaj podzielone na fiksacje i sakady pojawiające się, gdy wzrok spogląda w stronę obiektu i następnie porusza się w inne miejsce. Wynikowa seria fiksacji i sakad nazywana jest ścieżką skanowania [48]. Stałymi ruchami oczu są mikroskopijne sakady oraz małe, mimowolne sakady, które pojawiają się podczas usiłowania utrzymania wzroku w jednym miejscu. Większość informacji z oka jest dostępna podczas utrwalania lub sprawnego podążania, ale nie podczas sakady [48]. Centralny jeden lub dwa stopnie kąta widzenia zapewniają większość informacji wizualnej; dane wejściowe z większych obwodów mają mniejszą rozdzielczość i mało koloru, mimo że kontrast i ruch są lepiej wykrywane w widzeniu peryferyjnym [48]. Stąd lokalizacja fiksacji lub płynne poszukiwanie wzdłuż drogi skanowania pokazują, jakie informacje na bodźcu zostały przetworzone podczas sesji śledzenia wzroku. Średnio fiksacja trwa około 200 ms podczas czytania tekstu i 350 ms podczas oglądania krótkiej sceny. Przygotowanie sakady do skupienia wzroku na nowym obiekcie zajmuje około 200 ms [48].

Ścieżki skanowania są przydatne do analizy intencji poznawczej i zainteresowań [46]. Inne czynniki biologiczne (jak np. płeć) mogą również wpływać na ścieżkę skanowania. Śledzenie oka w interakcji człowiek-komputer zazwyczaj bada ścieżkę skanowania dla celów użyteczności lub jako metoda analizowania ekranów aplikacji za pomocą drogi wzroku, znanych również jako interfejsy oparte na spojrzeniu. [46]

### 2.3 Teoria przypadkowych spojrzeń

Model paradygmatu przypadkowych spojrzeń jest ogólnym terminem, określającym techniki, umożliwiające zmianę wyświetlania ekranu komputera w zależności od tego, gdzie patrzy użytkownik. Badania nad tym procesem stanowią główny rdzeń badań psychologicznych z użyciem eyetrackera.

Z punktu widzenia analizy systemu aplikacji do śledzenia oczu powinny być odróżniane od diagnostycznego lub interaktywnego systemu. W trybie diagnostycznym eyetracker dostarcza danych na temat procesów wizualnego wyszukiwania i uwagi obserwatora [49]. W trybie interaktywnym eyetracker jest używany jako urządzenie wejściowe. Z ogólnego punktu widzenia system interaktywny reaguje na działania obserwatora i współdziała z nim. Spojrzenie na przypadkowość można zaliczyć do interaktywnych aplikacji do śledzenia oczu [49].

W celu wyjaśnienia zjawiska należy opisać kilka współczesnych wariantów tego zadania. Niektóre z najwcześniejszych metodologii spojrzeń zostały skonstruowane przez Stephena Redera w 1973 r. [50]. W ramach tego opisał on kilka paradygmatów, które koncentrują się wokół bodźca prezentowanego, gdy spojrzenie uczestnika zostało utrwalone na wcześniej ustalonej lokalizacji. Reakcję na nowo prezentowane bodźce można następnie zmierzyć i porównać z innymi rodzajami prezentowanych bodźców (np. czas reakcji na zdjęcia różnych twarzy) lub reakcjami innych uczestników badań [50]. Reder opisał eksperymentalną konfigurację, w której tylko niewielki obszar przeszukiwania tablicy stymulacyjnej jest wyświetlany wyraźnie podczas każdej fiksacji. Jest to obecnie znane jako paradygmat "ruchomego okna" i opiera się w dużej mierze na blokowaniu widoku peryferyjnego w taki sposób, że wszelkie informacje spoza tego zakresu są okludowane [50]. Ten scenariusz został zastosowany zarówno do bodźców opartych na obrazie, jak i tekstowych [50].

Po drugie, w odwrócenie powyższego paradygmatu może wystąpić blokowanie widoku wzrokowego, co pozostawia jedynie peryferyjną informację wizualną. Wizja uczestnika jest znacznie bardziej ograniczona, pozwalając konkretnym zadaniom zbadać, jak zewnętrzna część widzenia reaguje na scenę [50].

Po trzecie, informacje peryferyjne mogą być również powiększane, aby skompensować zmniejszoną rozdzielczość wizualną, do której zdolne jest oko (tak, że informacja wizualna, otaczająca obszar skupienia, jest widoczna w wyniku zwiększenia rozmiaru w stosunku do odległości od dołka) [50].

Model paradygmatu spojrzenia jest wciąż szeroko stosowany, a wraz z malejącymi technologicznymi trudnościami w tym eksperymencie, zwiększyła się również łatwość konfiguracji i wykonania [50]. Podczas gdy paradygmaty opisane przez Redera pozostają użyteczne i są stosowane w dzisiejszych badaniach, pojawiły się również inne dodatki do repertuaru układów eksperymentalnych, wykorzystujących tego typu doświadczenia [50]. Przykładem takiej konfiguracji jest zadanie, dotyczące perspektywy uwagi skupionej na afektach. Podobne badanie zostało wykorzystane w ramach rozprawy doktorskiej, a dokładny proces został opisany w rozdziale, dotyczącym narzędzi. W ramach tego zadania uczestnikom najpierw pokazuje się punkt skupienia, po którym następują dwa obrazy (jeden po lewej, jeden po prawej), a następnie punkt fiksacji, który pojawia się w tym samym miejscu, co jeden z obrazów [50]. Jeśli umiejscowienie punktu fiksacji jest zgodne z wcześniej utrwalonym obrazem, czas skupienia na nim wzroku będzie krótki. I odwrotnie, jeśli jest pokazany w miejscu drugiego obrazu (który nie był na nim utrwalony), wówczas czas na utrwalenie wzroku na punkcie fiksacji będzie dłuższy. Szybkość skupienia wzroku sugeruje preferencję, gdy lokalizacja jest atrakcyjna i sugeruje niechęć, gdy lokalizacja punktu jest niezgodna [50]. Jeśli podobna konfiguracja zostanie powtórzona w wielu próbach, eksperymentator może przetestować wszystkie wersje tego paradygmatu i wyciągnąć wniosek, który typ obrazu jest preferowany [50].

Niedawne badania wykazały również wstępny sukces w stosowaniu paradygmatu w pracy z autystycznymi dziećmi w wieku szkolnym w celu podtrzymywaniu wzroku i uwagi [51]. Modyfikowanie reakcji wzrokowej jest tylko jednym z aspektów, dotyczących spojrzeń, ale może okazać się przydatne jako nieinwazyjne i tanie podejście do zmiany zachowań. Inne scenariusze mogą zawierać obrazowanie mózgu (np. FMRI) lub pomiary psychofizjologiczne, aby uzupełnić dane, które są zbierane i dać głębszy wgląd w procesy poznawcze bliskie tym zadaniom [51].

Model opisanego paradygmatu może być używany na wiele sposobów – jako narzędzie do wykrywania, np. uprzedzeń w zakresie różnych zaburzeń lub stanów psychicznych. Wymaganie minimalnego wysiłku umysłowego od uczestników zapewnia, że ten eksperymentalny zestaw badań może być szeroko stosowany. Technika została również dostosowana do innych zadań, jak np. czytanie. W ramach rozprawy doktorskiej badani zostali poddani testowi, który sprawdzał, w jaki sposób wzrok jest skupiony na obiekcie podczas otrzymywania bodźców, mających na celu wpłynięcie na finalną decyzję oraz skupienie wzroku na konkretnym miejscu.

## 2.4 Sakady w badaniach eyetrackerem

Sakada jest szybkim, jednoczesnym ruchem obu oczu w tym samym kierunku pomiędzy dwiema lub więcej fazami fiksacji [52]. W przeciwieństwie do ruchów podążania, oczy poruszają się w tym przypadku płynnie, nie wykonują skoków. Zjawisko to może być związane ze zmianą częstotliwości sygnału w obrazie lub ruchem części ciała, urządzenia. Sakady kontrolowane są korowo przez pola czołowe lub podkorowo przez górny węzełek. Służą jako mechanizm utrwalania. Wykorzystują mechanizm, polegający na szybkim ruchu gałek ocznych i szybkiej fazie oczopląsu optokinetycznego [52].

Zarówno ludzie, jak i zwierzęta nie patrzą ze stałym poziomem skupienia. Zamiast tego, oczy poruszają się, lokalizując interesujące nas sceny i budują mentalną, trójwymiarową "mapę" odpowiadającą scenie (w przeciwieństwie do graficznej mapy, która często polega na wykryciu ruchu kąтового na siatkówce) [52]. Podczas skanowania bezpośredniego otoczenia lub czytania, ludzkie oczy wykonują gwałtowne ruchy sakadyczne i zatrzymują się kilka razy, poruszając się bardzo szybko między każdym przystankiem. Szybkość ruchu podczas każdej sakady nie może być kontrolowana. Oczy poruszają się tak szybko, jak tylko potrafią [40]. Jedną z przyczyn sakadycznego ruchu ludzkiego oka jest to, że centralna część siatkówki, która zaopatruje obszar widzenia o wysokiej rozdzielczości jest u ludzi bardzo mała. Odgrywa natomiast kluczową rolę w rozpoznawaniu obiektów [52].

Sakady są jednym z najszybszych ruchów wytwarzanych przez ludzkie ciało (mignięcia mogą osiągać jeszcze wyższe prędkości szczytowe). Szczytowa prędkość kąтова oka podczas sakady osiąga u ludzi do 900 °/s. U niektórych małp szczytowa prędkość może osiągnąć 1000°/s.[52]. Zmiana poziomu skupienia w kierunku nieoczekiwanego bodźca zwykle trwa około 200 milisekund, aby rozpocząć ruch, a następnie trwa od około 20-200 ms, w zależności od amplitudy (20-30 ms jest typowe dla odczytu języka). W pewnych warunkach laboratoryjnych, opóźnienie lub czas reakcji na produkcję sakady można zmniejszyć prawie o połowę (pojawiają się wtedy tzw. wyraziste sakady). Są one generowane przez mechanizm neuronalny, który omija czasochłonne obwody i aktywuje bezpośrednio mięśnie oka [52]. Specyficzne oscylacyjne i przemijające aktywności występujące w korze bocznej kory ciemieniowej i korze potylicznej również charakteryzują ekspresowe sakady [52].

Amplituda sakady jest odległością kątową, którą oko porusza się podczas ruchu. Dla amplitud do 15 lub 20° prędkość liniowa sakady zależy od amplitudy. Dla amplitud większych niż 20° prędkość szczytowa zaczyna się (nieliniowo) w kierunku maksymalnej

prędkości osiąganą przez oko przy około  $60^\circ$ . Amplituda  $10^\circ$  jest związana z prędkością  $300^\circ/\text{s}$ , a  $30^\circ$  jest związana z  $500^\circ/\text{s}$ . [53]. Dlatego, dla większych zakresów amplitudy, główną sekwencję najlepiej modelować za pomocą funkcji odwrotnej. [53] Wysokie prędkości szczytowe i główną zależność sekwencji można również wykorzystać do odróżnienia mikrosakad od innych ruchów oka, takich jak np. drżenie oczu. Algorytmy oparte na prędkości są powszechnym podejściem do wykrywania sakady w śledzeniu wzroku [53]. Chociaż, w zależności od wymagań dotyczących dokładności pomiaru czasu, metody oparte na przyspieszeniu są bardziej precyzyjne [53].

Sakada może „obracać” oczami w dowolnym kierunku, natomiast, aby przenieść kierunek spojrzenia (kierunek widzenia), zwykle sakada nie obraca oczu skrętnie [53]. Skręt jest zgodny z ruchem wskazówek zegara lub przeciwnie do ruchu wskazówek zegara wokół linii wzroku, gdy oko znajduje się w jego centralnym położeniu pierwotnym. Tak zdefiniowane prawo Listinga mówi, że gdy głowa jest nieruchoma, skręcanie utrzymuje się na poziomie zero [53].

Sakady można podzielić na kategorie według intencji ruchu, jaki mają wykonać. We wzrokowo sterowanej sakadzie oczy przesuwają się w kierunku bodźca wzrokowego. Parametry wizualnie sterowanych sakad (amplituda, opóźnienie, prędkość szczytowa i czas trwania) są często mierzone jako linia podstawowa podczas pomiaru innych typów sakad [54]. Wizualnie prowadzone sakady można dodatkowo podzielić na kategorie:

- **Refleksyjna sakada** jest wywoływana egzogennie przez pojawienie się bodźca obwodowego lub przez zniknięcie bodźca utrwalającego [54].
- **Skaningowa sakada** jest uruchamiana endogennie w celu zbadania środowiska wizualnego [54].
- W **antysakadzie** oczy oddalają się od wizualnego początku. Są one bardziej opóźnione niż wzrokowo sterowane sakady, a obserwatorzy często wykorzystują błędne sakady. Skuteczna antysekwencja wymaga zahamowania odruchowej sakady do miejsca wystąpienia i dobrowolnego przesunięcia oka w innym kierunku.
- W **sakadzie prowadzonej z pamięci** oczy przesuwają się w kierunku zapamiętanego punktu bez wizualnego bodźca [54].
- W sekwencji **proroczych sakad** oczy są trzymane na obiekcie poruszającym się w sposób czasowy i/lub przestrzenny. W tym przypadku przewidywany ruch oka często pokrywa się z ruchem obiektu [54].

W odniesieniu do powyższego, użyteczne jest również kategoryzowanie sakad przez opóźnienie (czas pomiędzy początkiem sygnału a początkiem ruchu). W tym przypadku kategoryzacja jest binarna: albo dana sakada jest wyrazistą sakadą, albo nią nie jest. Odcięcie opóźnienia wynosi około  $\sim 200\text{ms}$ , dłużej niż poza zasięgiem wyraźnej sakady [54]. Mikrosakady są rodzajem stałego ruchu gałek ocznych - to małe, szarpane, mimowolne ruchy, podobne do miniaturowych wersji dobrowolnych sakad. Zazwyczaj występują podczas długotrwałej stabilizacji wzrokowej (trwającej co najmniej kilka sekund), nie tylko u ludzi, ale także u zwierząt. Amplitudy mikrosakad różnią się od 2 do 120 minut kątowych [54].

Patofizjologiczne sakady są odchyleniem od zdrowej lub normalnej formy ruchu gałek ocznych. Oczopląs dla przykładu charakteryzuje się połączeniem "powolnych faz", które zazwyczaj odrywają wzrok od punktu widzenia, z "szybkimi fazami" podobnymi do sakad, które służą do przyciągnięcia oka do celu [55]. Patologiczne powolne fazy mogą być spowodowane brakiem równowagi w układzie przedsionkowym lub uszkodzeniem pnia mózgu "integratora nerwowego", który normalnie utrzymuje oczy w miejscu [55]. Z drugiej strony, takie intensywne ruchy oka składają się wyłącznie z ruchów sakadowych oka w fazie szybkiej. Bez użycia obiektywnych technik zapisu, może być bardzo trudno odróżnić poszczególne warunki, dotyczące opisywanych sakad [55].

Kiedy mózg jest „przekonany”, że wytwarzane przez niego sakady są zbyt duże lub zbyt małe (przez eksperymentalną manipulację, w której cel sakady cofa się do przodu lub do tyłu w kierunku ruchu gałek ocznych w celu jego pozyskania); stopniowo maleje amplituda sakady [55]. Adaptacja (określana również mianem adaptacji wzmocnienia), powszechnie postrzegana jako prosta forma uczenia się motorycznego, prowadzona jest przez próbę skorygowania błędu wizualnego. Efekt ten po raz pierwszy zaobserwowano u ludzi z porażeniem mięśni gałki ocznej [55]. W tych przypadkach zauważono, że pacjenci wykonywali hipometryczne (małe) sakady z uszkodzonym okiem i byli w stanie poprawić błędy w czasie. Doprowadziło to do uświadomienia sobie, że błąd wzrokowy lub siatkówkowy (różnica między posakadycznym punktem widzenia a pozycją docelową) odegrał rolę w homeostatycznej regulacji amplitudy sakady. Od tego czasu wiele badań naukowych poświęcono różnym eksperymentom wykorzystującym adaptację sakady [55].

Powszechnym, aczkolwiek fałszywym przekonaniem jest, że podczas sakady żadna informacja nie przechodzi przez nerw wzrokowy do mózgu. Podczas gdy niskie częstotliwości przestrzenne są tłumione, wyższe częstotliwości przestrzenne (delikatne szczegóły obrazu), które w innym przypadku byłyby zamazane przez ruch gałek ocznych, pozostają nienaruszone. Zjawisko to, znane jako maskowanie lub tłumienie, zaczyna się przed

sakadycznymi ruchami gałek ocznych u każdego badanego, sugerując neurologiczne przyczyny tego efektu, a nie po prostu rozmycie ruchu obrazu [53]. Zjawisko to prowadzi do tzw. iluzji zatrzymanej, czyli chronostazy [53].

Osoba może obserwować efekt maskowania, stojąc przed lustrem i patrząc od jednego oka do drugiego. Nie będzie wtedy odczuwała żadnego ruchu oczu ani żadnego objawu, że nerw wzrokowy chwilowo przestał przekazywać informacje. Z powodu maskowania sakadycznego system oko/mózg nie tylko ukrywa ruchy oczu od jednostki, ale także ukrywa dowody na to, że coś zostało ukryte. Oczywiście drugi obserwator eksperymentu zobaczy, jak oczy badanego poruszają się w obu kierunkach [53]. Głównym celem tej funkcji jest zapobieganie znacznemu rozmazywaniu obrazu [53].

Kiedy bodziec wzrokowy jest widziany przed sakadą, badani wciąż są w stanie wykonać kolejną, która pozwoli na powrót do pierwotnego obrazu, nawet jeśli nie jest on już widoczny [56]. To pokazuje, że mózg jest w stanie uwzględnić interweniujący ruch gałek ocznych. Uważa się, że robi on to tymczasowo, rejestrując kopię ruchu gałek ocznych i porównuje z zapamiętanym obrazem celu. Nazywa się to aktualizacją przestrzenną [56]. Neurofizjolodzy, którzy zarejestrowali obszary kory dla sakad podczas aktualizacji przestrzennej, odkryli, że sygnały związane z pamięcią zostają zmapowane podczas każdej sakady [47]. Uważa się również, że pamięć percepcyjna jest aktualizowana podczas sakad tak, że informacje zebrane przez fiksacje można porównać i zsyntetyzować. Jednak cały obraz wizualny nie jest aktualizowany podczas każdej sakady. Niektórzy naukowcy uważają, że jest to dokładnie to samo, co wizualna pamięć robocza, ale podobnie jak w przypadku aktualizacji przestrzennej, ruch oczu musi zostać uwzględniony [56]. Proces zatrzymywania informacji przez sakadę nazywany jest pamięcią trans-sakadową [56].

W przypadku dysleksji pojawiło się kilka badań ruchów gałek ocznych, które ujawniły różnice w kontroli sakadycznej [57]. W badaniu dużej populacji dzieci wykazano zmniejszoną skuteczność w zadaniu anty-sakadowym [57]. W innym badaniu, w którym zastosowano dwustopniowe ruchy gałek ocznych, zaobserwowano zwiększone opóźnienia ortogonalnych (ale nie współliniowych) sakad wśród osób z dysleksją [57]. Podczas gdy badania te dostarczają wskazówek na temat mechanizmów nerwowych, które mogą być przyczynami dysleksji, opisywane problemy nie są bezpośrednimi przyczynami zaburzeń odczytu u dzieci z dysleksją [58]. Z drugiej strony kontrola dokładności i precyzji sakady ma kluczowe znaczenie dla płynnego czytania i w przypadku korelacji z innymi zmiennymi może determinować ryzyko wystąpienia dysleksji.

## 2.5 Ruchy oka w procesie czytania

Ruch oczu w trakcie procesu czytania obejmuje wizualne przetwarzanie tekstu pisanego. Został on opisany przez francuskiego okulistę Louisa Émile Javala pod koniec XIX wieku [59]. Stwierdził on, że oczy nie poruszają się w sposób ciągły wzdłuż linii tekstu, ale wykonują krótkie, szybkie ruchy (sakady) wymieszane z krótkimi przerwami (utrwaleniami) [59]. Badania Javala skupiały się na obserwacji ruchu gołego oka przy braku zastosowania jakiegokolwiek technologii. Od końca XIX do połowy XX wieku badacze korzystali z technologii śledzenia, aby wspomagać obserwację ruchów gałek ocznych [59]. Podkreślali dzięki tym badaniom pomiar ludzkich zachowań i umiejętności w celach edukacyjnych. To wtedy uzyskano najbardziej podstawową wiedzę na temat ruchu gałek ocznych. Od połowy XX wieku nastąpiły trzy duże zmiany. Rozwój nieinwazyjnego sprzętu do śledzenia ruchów oka, wprowadzenie technologii komputerowej w celu zwiększenia mocy sprzętu do zbierania danych, rejestrowania i przetwarzania ogromnej ilości danych generowanych przez ruchy oczu [59]. W tym czasie pojawiła się również psychologia poznawcza, wyznaczająca ramy teoretyczne i metodologiczne, w odniesieniu do których badane są procesy czytania [50]. Sereno i Rayner w 2003 r. zauważyli, że najlepszym sposobem na odkrywanie natychmiastowych znaków rozpoznawania słów są zapisy ruchów oczu i potencjału związanego z obiektami widzianymi [60].

Do drugiej połowy XIX wieku naukowcy mieli do dyspozycji trzy metody badania ruchu gałek ocznych [60]. Pierwsze nieuzasadnione obserwacje dostarczyły niewielkich ilości danych, które zgodnie z dzisiejszymi standardami naukowymi byłyby uznane za niewiarygodne. Ten brak niezawodności wynika z faktu, że ruch gałek ocznych następuje często, szybko i pod niewielkimi kątami, w stopniu, w którym doświadczony eksperymentator nie może w pełni i dokładnie odczytać i zarejestrować danych bez pomocy nowoczesnej technologii [60]. Inną metodą była samoobserwacja, uważana obecnie za wątpliwą metodę w kontekście naukowym. Mimo to wydaje się, że większość wiedzy pochodzi z introspekcji i obserwacji gołym okiem. Ibn al Haytham, medyk w XI-wiecznym Egipcie, opisał, że czytanie następuje w kategoriach serii szybkich ruchów oka i zdał sobie sprawę, że czytelnicy używają zarówno obwodowej, jak i centralnej wizji [60].

Leonardo da Vinci, być może jako pierwszy w Europie rozpoznał pewne szczególne cechy optyczne oka [60]. Jego poglądy czerpały częściowo z introspekcji, ale głównie poprzez proces, który można opisać jako modelowanie optyczne. Na podstawie rozbioru ludzkiego oka wykonał eksperymenty z kryształowymi kulkami wypełnionymi wodą. Jego



głównym eksperymentalnym odkryciem było to, że istnieje tylko wyraźna i jasna wizja "linii widzenia", linii optycznej, która kończy się w dołku oka [60]. Mimo, że dosłownie nie użył tych słów, w rzeczywistości jest on ojcem nowoczesnego rozróżnienia między wzrokiem bezpośrednim (bardziej precyzyjnym określeniem dla widzenia centralnego) a widzeniem peryferyjnym [60].

Wydaje się, że nie było żadnych zapisów badań ruchu gałek ocznych aż do początku XIX wieku. Początkowo głównym problemem było opisanie oka jako fizjologicznego i mechanicznego obiektu ruchomego. Najpoważniejszą próbą stało się główne dzieło Hermanna von Helmholtza „Handbook of physiological optics” (1866) [61]. Podejście fizjologiczne stopniowo zastępowane było zainteresowaniem aspektami psychologicznymi oraz ich wkładem w ruch gałek ocznych jako funkcjonalnych komponentów zadań wzrokowych [62]. Już w latach czterdziestych XIX w. pojawiły się spekulacje na temat związku między wzrokiem centralnym a peryferyjnym [62]. W następnych dziesięcioleciach podjęto się bardziej skomplikowanych prób interpretacji ruchu oczu, w tym sformułowano twierdzenie, że przeczytanie dużej ilości tekstu wymaga mniej fiksacji niż przeprowadzenie tej samej czynności, ale w odniesieniu do losowych ciągów liter [62]. W 1879 r. francuski okulista Louis Émile Javal użył zwierciadła po jednej stronie oka, aby obserwować ruchy oczu w tzw. cichym czytaniu i odkrył, że obejmuje ono szereg nieciągłych indywidualnych ruchów, dla których stworzył termin „sakada” [62]. W 1898 r. Erdmann & Dodge użyli ręcznego lusterka, aby oszacować średni czas trwania fiksacji i długość sakady z zaskakującą dokładnością.

Pierwsze urządzenia do śledzenia ruchu gałek ocznych przyjmowały dwie główne formy. Część opierała się na mechanicznym połączeniu między uczestnikiem a instrumentem rejestrującym. Inne działały w ten sposób, że światło lub energię elektromagnetyczną kierowano na oczy uczestnika, a ich odbicie mierzono i rejestrowano. W 1883 r. Lamare jako pierwszy użył połączenia mechanicznego, umieszczając tępą igłę na górnej powiece uczestnika [63]. Igła podnosiła sygnał wytwarzany przez każdą sakadę i przekazywała ją jako słabe kliknięcie do ucha eksperymentatora przez wzmacniającą membranę i gumową rurkę. Przesłanką tego badania było to, że sakady są łatwiejsze do postrzegania i rejestrowania wizualnie [63]. W 1889 r. Edmund B. Delabarre wynalazł system rejestrowania ruchu gałek ocznych bezpośrednio na obracającym się bębnie za pomocą pióra połączonego mechanicznie z rogówką [63]. Inne urządzenia związane z fizycznym kontaktem z powierzchnią oka zostały opracowane i wykorzystane od końca XIX wieku do dzisiaj [63]. Obejmowały one takie elementy jak gumowe balony i nasadki na oczy [63].

Układy mechaniczne w badaniach procesu czytania miały trzy poważne wady. Wątpliwa dokładność, wynikająca z połączenia, znaczny dyskomfort spowodowany przez bezpośrednie połączenie mechaniczne (w konsekwencji duża trudność w przekonaniu osób do udziału w badaniu) [63]. Pomimo tych wad, urządzenia mechaniczne zostały wykorzystane w badaniach ruchu gałek ocznych w XX wieku [63].

Wkrótce podjęto próby przezwyciężenia tych problemów. Jednym z rozwiązań było użycie energii elektromagnetycznej zamiast połączenia mechanicznego. W "technice unikowej" wiązka światła została skierowana na rogówkę, skupioną przez układ soczewek, a następnie zarejestrowana na ruchomej płycie fotograficznej [63]. Erdmann i Dodge zastosowali opisywaną technikę, aby stwierdzić, że podczas sakad towarzyszy nam niewielka percepcja, co zostało następnie potwierdzone przez Utall & Smith przy użyciu bardziej wyrafinowanego sprzętu. Talerz fotograficzny w technice Dodge został wkrótce zastąpiony kamerą filmową [63]. Wciąż pojawiały się jednak problemy z dokładnością, ze względu na trudności w utrzymaniu podczas próby wszystkich elementów wyposażenia idealnie wyrównanych i dokładnego wyrównania zniekształceń spowodowanych przez dyfrakcję soczewek fotograficznych. Ponadto zwykle konieczne było zafiksowanie głowy uczestnika badania za pomocą zacisku na głowę [63]. W 1922 r. Schott stał się pionierem kolejnego postępu zwanego elektro-okulografią, metody rejestrowania potencjału elektrycznego między rogówką a siatkówką [64]. Elektrody przed umieszczeniem na skórze zostają pokryte specjalną pastą kontaktową, co eliminuje konieczność wykonywania nacięć w skórze pacjenta. Powszechnym błędnym przekonaniem o elektrookulografii jest twierdzenie, że mierzony potencjał stanowi elektromiogram mięśnia zewnątrzgałkowego [64]. W rzeczywistości jest to tylko rzut dipola oka na skórę, ponieważ wyższe częstotliwości, odpowiadające elektromiografii są odfiltrowywane. Porozumienie elektrookulografii przyczyniło się do znacznej poprawy dokładności i niezawodności, co wyjaśnia jego dalsze stosowanie przez eksperymentatorów od wielu dziesięcioleci [64].

Istnieją 4 główne systemy poznawcze zaangażowane w ruch gałek ocznych podczas procesu czytania: przetwarzanie języka, uwaga, wzrok i kontrola okulomotoryczna [54]. Urządzenia do śledzenia oka odbijają się w podczerwieni od wnętrza gałki ocznej i monitorują odbicie w oku, aby określić położenie spojrzenia. Dzięki tej technice możliwe jest określenie dokładnej pozycji utrwalenia oka na ekranie [54]. Wang w 2011 r. wspominał, że oparty na rejestracji wideo eyetracker, który wykorzystuje kamery do zlokalizowania pozycji oczu, analizuje również poszerzenie źrenicy i ruchy oczu. Takie urządzenie może być wykorzystane do zbadania, w jaki sposób fiksacja, sakady i reakcje poszerzenia źrenicy wiążą

się z informacjami na ekranie i wyborami zachowań podczas eksperymentu [54]. Według Wanga, "dostrzeżenie związku między tymi zmiennymi może pomóc nam zrozumieć, w jaki sposób na ludzkie zachowanie mogą wpływać informacje z otoczenia". Interesuje nas, gdzie koncentruje się uwaga, jaki jest stan emocjonalny oraz jaki rodzaj aktywności mózgu zostaje zaangażowany [54]. Jest tak dlatego, że fiksacje i sakady pokazują, w jaki sposób ludzie uzyskują informacje (i co widzą), czas trwania fiksacji wskazuje na uwagę, a reakcje poszerzenia źrenicy wskazują emocje, podniecenie, stres, ból lub obciążenie poznawcze [54].

Wykwalifikowani czytelnicy poruszają oczami podczas czytania średnio co kwadrans [55]. W czasie, gdy oko jest utrwalone, do systemu przetwarzania danych wprowadzane są nowe informacje. Średni czas trwania fiksacji wynosi 200-250 ms (tysięczne sekundy), zakres wynosi od 100 ms do ponad 500 ms. [42]. Odległość, jaką oko porusza się w każdej sakadzie (lub krótkim, szybkim ruchu), wynosi od 1 do 20 znaków, przy czym średnia wynosi 7-9 znaków. Sakada trwa 20-40 ms i w tym czasie obszar widzenia jest stłumiony, aby nie zdobywać nowych informacji [43]. Występuje wtedy znaczna zmienność w fiksacjach i sakadach między poszczególnymi czytelnikami, a nawet dla tej samej osoby, czytającej pojedynczy fragment tekstu. Wykwalifikowani czytelnicy dokonują regresji wstecz do materiału już przeczytanego, zajmuje im to 15 procent czasu przeznaczanego na cały proces czytania [53]. Główną różnicą między szybszymi i wolniejszymi czytelnikami jest to, że ta druga grupa konsekwentnie przejawia dłuższy średni czas trwania fiksacji, krótsze sakady i więcej regresji [52]. Te podstawowe fakty, dotyczące ruchów gałek ocznych znane są od prawie stu lat, ale dopiero niedawno badacze zaczęli postrzegać zachowania ruchów oka jako odbicie przetwarzania poznawczego podczas czytania [54].

Osoby z dysleksją wykazują zmniejszoną prędkość odczytu, która może być spowodowana wieloma różnymi zmiennymi [54]. Istnieje dużo środków, które pozwolą zwalczyć te deficyty, w zależności od tego, na jakiej podstawie opiera się biologiczna teoria dysleksji [54]. Jedną z takich koncepcji jest deficyt wielokomórkowy, w którym szlaki wielokomórkowe są nieskoordynowane, co powoduje przeskakiwanie lub ponowne czytanie linii [55]. W ramach rozprawy doktorskiej zostaje postawione pytanie, w jaki sposób umiejętność czytania wpływa na inne obiektywne cechy warunkujące pojawienie się dysleksji u badanego dziecka.

## 2.6 Prezentacja danych z eyetrackera

Do interpretacji danych zapisywanych przez różne typy eyetrackerów wykorzystuje się różnorodne oprogramowanie, które animuje lub wizualnie reprezentuje dane, aby graficzne zachowanie jednego lub więcej użytkowników mogło zostać odwzorowane [56]. Film jest z reguły kodowany ręcznie w celu identyfikacji obszaru zainteresowania lub w najnowocześniejszych urządzeniach przy użyciu sztucznej inteligencji [56]. Prezentacja graficzna rzadko jest podstawą wyników badań, ponieważ są one ograniczone pod względem tego, co można analizować. Badania polegające na śledzeniu wzroku wymagają zwykle ilościowych pomiarów zdarzeń ruchu gałek ocznych i ich parametrów [56]. Poniżej najczęściej spotykane wizualizacje.

Animowane reprezentacje punktu na interfejsie graficznym. Metoda jest stosowana, gdy zachowanie wizualne jest badane indywidualnie, wskazując, gdzie użytkownik skupił wzrok w badanym momencie, uzupełniony małą ścieżką wskazującą poprzednie ruchy sakady [56].

Statyczne przedstawienia ścieżki sakadowej jest podobne do opisanego powyżej sposobu. Główna różnica wynika z faktu, że jest to metoda statystyczna. W celu interpretacji, wymagany jest wyższy poziom wiedzy specjalistycznej niż w przypadku bardzo przystępnych animacji ruchu oka [56].

Mapy ciepłe stanowią alternatywną formę reprezentacji statystycznej, stosowaną głównie w przypadku aglomeracyjnej analizy wzorców poszukiwań wizualnych w grupie użytkowników, różniących się od obu opisanych wcześniej metod. W tych badaniach wynik przedstawiają strefy "gorące" lub strefy o większej gęstości, które oznaczają, że użytkownicy skupili wzrok (nie uwagę) na badanym obiekcie. Mapy ciepła są najbardziej znaną techniką wizualizacji w badaniach eyetrackingowych [56].

Mapy stref niewidocznych lub mapy ostrości to uproszczona wersja map ciepła, w której widzimy strefy rzadziej odwiedzane przez użytkowników. W tej reprezentacji jesteśmy wzbogaceni o informację, które strefy nie były widziane przez badanych [57].

Analizie mechanizmów i dynamice rotacji gałek ocznych poświęcono wiele badań, dlatego współczesna psychologia skupia się głównie na oszacowaniu kierunku spojrzenia. Badacze próbują dociec, na przykład, jakie cechy obrazu przyciągają wzrok. Ważne jest, aby zdać sobie sprawę, że urządzenie do śledzenia wzroku nie zapewnia absolutnego kierunku spojrzenia, ale może mierzyć tylko zmiany kierunku spojrzenia [57]. Pragnąc dowiedzieć się dokładnie, na co patrzy osoba badana, wymagana jest procedura kalibracji, w której podmiot

patrzy na punkt lub serię punktów, podczas gdy urządzenie do śledzenia oka rejestruje wartość odpowiadającą każdej pozycji spojrzenia [58]. Nawet te techniki, które śledzą cechy siatkówki, nie mogą zapewnić dokładnego kierunku spojrzenia, ponieważ nie ma żadnej konkretnej cechy anatomicznej, która wyznacza precyzyjny punkt, w którym oś wzrokowa spotyka się z siatkówką [58]. Jeśli oczywiście rzeczywiście istnieje taki pojedynczy, stabilny punkt. Dokładna i niezawodna kalibracja jest niezbędna do uzyskania ważnych i powtarzalnych danych, dotyczących ruchów gałek ocznych, co może stanowić istotne wyzwanie dla osób mających problemy z ustabilizowaniem spojrzenia [58].

Każda metoda śledzenia oka ma swoje zalety i wady. Sam wybór systemu śledzenia oczu zależy od kosztów badania i zastosowania urządzenia. Istnieją metody „offline” i procedury „online”, takie jak np. „attention tracking” [59]. Istnieje kompromis między kosztem a wrażliwością, przy czym najbardziej wrażliwe systemy kosztują dziesiątki tysięcy złotych i wymagają do działania odpowiedniej wiedzy badacza. Postępy w technologii komputerowej i wideo doprowadziły do opracowania stosunkowo tanich systemów, które są przydatne w wielu badaniach i dość łatwe w użyciu. Interpretacja wyników wciąż wymaga pewnego poziomu wiedzy, ponieważ źle wyregulowany lub źle skalibrowany system może generować błędne dane [56].

Wiele różnych dyscyplin wykorzystuje metody śledzenia oczu, w tym nauki kognitywne; psychologia (w szczególności psycholingwistyka); interakcje człowiek-komputer; badania marketingowe i badania medyczne (diagnostyka neurologiczna) [58]. Konkretnie zastosowanie tego typu metod obejmuje śledzenie ruchu gałek ocznych w czytaniu języka, rozpoznawaniu aktywności człowieka, postrzeganiu reklamy czy też uprawianiu sportu [58].

## Rozdział 3. Psychomotoryka, pamięć wzrokowo przestrzenna i fonologiczna

### 3.1 Psychomotoryka w dysleksji

Na poziomie behawioralnym dysleksja pojawia się jako względnie heterogenny zespół objawów. Zmienność fenotypu wynika z kilku czynników: nasilenia deficytu czytania oraz podtypów dysleksji w zależności od profilu upośledzenia językowego lub ich współwystępowania. Zaproponowano kilka teorii dysleksji. Teoria fonologiczna podkreśla centralną rolę upośledzenia reprezentacji fonologicznych, gdzie główny deficyt związany jest z niestabilnością odczytu wyróżniających się podjednostek języka [65].

Brak tak stabilnego repertuaru w pamięci długotrwałej zapobiega tworzeniu skutecznych połączeń fonemu do grafemu podczas uczenia się czytania, a tym samym odpowiada za uporczywe zaburzenia czytania. [65] Ta teoria ma wobec siebie wiele konkurencyjnych, które mogą być postrzegane jako tzw. "oddolne" podejścia do dysleksji. Inne teorie podkreślają wagę upośledzenia różnych procesów czuciowo-motorycznych związanych z tak złożoną umiejętnością, jak czytanie [65]. Na przykład dysfunkcje mózdkowe zostały opisane w celu uwzględnienia przynajmniej niektórych często obserwowanych objawów dysleksji jako konsekwencje upośledzenia (wzrokowego i/lub słuchowego) wielkokomórkowych ścieżek albo jako zjawiska autonomiczne [65].

Upośledzenie funkcji motorycznych u dzieci z dysleksją rozwojową występuje w badaniach naukowych od dawna. Niemniej jednak ich częstość różni się w zależności od badań. Nicolson zgłosił obecność zaburzeń ruchowych u około 80% przypadków [65]. Prawie wszystkie dzieci z dysleksją, które badał, wykazywały zaburzenia równowagi, napięcia mięśniowego lub zaburzenia koordynacji, które autorzy interpretowali jako konsekwencje dysfunkcji mózdku. Niektóre badania neuroimmunologiczne z użyciem pozytronowej tomografii emisyjnej, spektroskopu lub strukturalnego obrazowania metodą rezonansu magnetycznego potwierdziły tę hipotezę, pokazując nieprawidłowości aktywacji, sygnałów metabolicznych w regionach mózdku osób z dysleksją w odróżnieniu do normalnych czytelników. Konceptualizacja dysleksji Nicolsona jest dwojaka [65]. Po pierwsze i najważniejsze, dysleksja jest postrzegana jako jedna z najbardziej oczywistych konsekwencji ogólnego zaburzenia uczenia się, które wynikałoby z globalnego upośledzenia automatyzacji procedur czuciowo-ruchowych, które są obowiązkowym warunkiem wstępnym dla pojawienia się umiejętności czytania [65]. Płynne umiejętności czytania opierają się na "podstawowych" funkcjach asocjatywnych, które zostały już dawno nabyte i stały się

automatyczne (tj. postrzeganie dźwięków mowy i graficznej reprezentacji słów) i wyjściowymi jednostkami językowymi (wymawiana mowa i pisownia). Po drugie, ten pierwotny deficyt ma podstawę neurologiczną, polegającą na dysfunkcji mózdzku [65].

Dysleksja odzwierciedla wpływ upośledzenia uczenia się w dziedzinie języka pisanego. W tym kontekście upośledzenie zdolności czuciowo-ruchowych uważa się za konsekwencje globalnego upośledzenia automatyzacji w dziedzinie niewerbalnej [66]. Inni autorzy odnotowali rzadsze występowanie objawów czuciowo-ruchowych w dysleksji. Ramus wykrył tylko 33% i 59% takich objawów odpowiednio u dorosłych i dzieci z dysleksją [6]. W ramach fonologicznej teorii dysleksji autorzy ci zaproponowali inną neurologiczną podstawę dla tego zespołu czuciowo-motorycznego [66]. Uważa się, że deficyty fonologiczne wynikają z zaburzeń korowych (ektopia i/lub dysplazja) w lewej korze, podczas gdy objawy czuciowo ruchowe byłyby związane z anomaliami zgłaszanymi w jądrach wzgórza w bardzo niewielu przypadkach dysleksji [66]. W tym podejściu objawy ruchowe są uważane za współwystępujące, bez bezpośredniego związku przyczynowego z upośledzeniem odczytu tekstu [66].

Kaplan wykazał w swoich badaniach wysoki stopień współzachorowalności w przypadku szeregu zaburzeń rozwojowych [67]. Autorzy stwierdzili, że niepełnosprawność czytania występuje u 55% dzieci, u których zdiagnozowano zaburzenie koordynacji rozwojowej i odwrotnie do tego stwierdzenia uznano, że upośledzenie ruchowe wśród 63% przypadków dzieci z dysleksją [67]. Ustalili także współistnienie dysleksji z zespołem deficytu uwagi i nadpobudliwości, który może nasilać objawy motoryczne. Wimmer zaobserwował zaburzenia równowagi tylko u dzieci z dysleksją z zespołem nadpobudliwości ruchowej i podkreślał możliwą mylącą jego rolę w objawach zaburzeń motorycznych [67].

Wielu rodziców dzieci z dysleksją pamięta, że ich dzieci miały problemy ruchowe we wczesnych latach życia – chodziły nieporadnie, powoli mówiły. Te raporty zostały poddane analizie przez Jean Augura [68]. Godne uwagi były konsekwentne problemy z umiejętnościami motorycznymi wśród dzieci z dysleksją. Problemy z umiejętnościami motorycznymi stanowiły pięć pierwszych punktów w definiowaniu dysleksji według Augura razem z "trudnościami w realizowaniu więcej niż jednego zadania naraz" i "nadmiernym zmęczeniem ze względu na wymaganą koncentrację i wysiłek" [68].

Testy, które najbardziej korelują z dysleksją to: balansowanie na jednej nodze, chodzenie do tyłu, sortowanie i dopasowywanie przedmiotów [68]. Niedawna seria badań Wolffa wykazała uporczywe problemy z rozpoznawaniem rytmu wśród dzieci z dysleksją, zwłaszcza, gdy poproszono je o niesynchroniczne klaskanie [68].

W przeciwieństwie do pracy behawioralnej i obserwacyjnej, wielu badaczy analizowało leżący pod nią aspekt neuronalny [69]. Znowu dysleksja dostarczyła intrygujących nieprawidłowości. Badania bliźniaczych i rodzinnych pokrewieństw wykazały określone różnice zarówno w chromosomie 15, jak i chromosomie 6 [69]. Badania aktywności elektrycznej mózgu w odpowiedzi na różne typy bodźców wykazały nieprawidłowości w przetwarzaniu bodźców językowych [69]. Badania rezonansu magnetycznego ujawniły różnice morfologiczne, w tym fascynujące wskazania różnic w symetrii poszczególnych obszarów mózgu [69]. Najbardziej bezpośrednio badania neuroanatomiczne mózgu dyslektyków wykazały "równomierny brak asymetrii lewostronnej w obszarze językowym i dysgenezję ogniskową, która odnosi się do przeciążenia poznawczego, mającego szerokie reperkusje cytoarchitektoniczne [69]. Oba typy zmian w mózgu są związane z zwiększoną liczbą neuronów i połączeń oraz jakościowo odmiennymi wzorami architektury komórkowej połączeń neuronalnych [69].

W nowym potencjalnym związku między szybkością przetwarzania a zaburzeniami neuroanatomicznymi i dysleksją wykryto anomalie w szybkim przetwarzaniu wizualnym [70]. Lovegrove i jego współpracownicy wykazali, że dzieci z dysleksją mają upośledzoną wrażliwość na wykrywanie migotania [70]. Co więcej, deficyt ten został powiązany z nieprawidłowościami neuroanatomicznymi w drodze wielokomórkowej, łączącej oko z korą wzrokową za pośrednictwem bocznego jądra kolczastego [70]. Deficyty wzrokowe zostały również zidentyfikowane przez Stein i jego współpracowników [70].

W innych badaniach przyjęto perspektywę uczenia się lub nabywania umiejętności. Oczywiście jest, że taka perspektywa powinna być użyteczna w analizach problemów z czytaniem [70]. Badania laboratoryjne wskazują, że najważniejszym czynnikiem płynnego czytania słów jest umiejętność rozpoznawania liter, wzorów ortograficznych i całych słów bez wysiłku, automatycznie i wizualnie [70]. Główny cel całej instrukcji czytania - rozumienia - zależy od tej zdolności. Powodem, dla którego teoretycy nie traktowali poważnie uczenia się jako realnej struktury, jest to, że nie wyjaśnia ona wyraźnej specyfiki deficytu w dysleksji. Jeśli dzieci mają ogólny problem w uczeniu się, dlaczego dzieci z dysleksją nie wykazują problemów we wszystkich umiejętnościach poznawczych i motorycznych [70]? Uważna obserwacja dzieci z dysleksją sugeruje, że chociaż wydają się zachowywać normalnie, wykazują one podczas wykonywania czynności niezwykłą utratę koncentracji i szybciej się męczą niż ich rówieśnicy [70]. Według słów rodzica, życie dla dziecka z dysleksją może być jak życie w obcym kraju, gdzie można przetrwać, ale tylko kosztem ciągłej koncentracji i wysiłku. Jedną z kluczowych koncepcji zdobywania



umiejętności jest automatyzacja - proces, w którym wykwalifikowana wydajność staje się dokładniejsza i wymagająca mniejszego wysiłku, po zastosowaniu dużej ilości praktyki [60]. Ta wiara w deficyt uczenia się doprowadziła do sformułowania i przetestowania dwóch powiązanych hipotez: po pierwsze, hipotezy, że dzieci z dysleksją mają niezwykłą trudność w automatyzacji wszelkich umiejętności, zarówno motorycznych, jak i kognitywnych; a po drugie, hipotezę "świadomej rekompensaty", mianowicie, że dzieci z dysleksją zwykle są w stanie przezwyciężyć swój deficyt automatyzacji poprzez świadome wyrównywanie go, to znaczy, poprzez usilniejsze próby i/lub stosując strategie minimalizacji lub maskowania deficytów [70].

W rygorystycznej analizie mającej na celu zbadanie umiejętności motorycznych, a zwłaszcza ich wady, objęto analizą 23 dzieci z dysleksją w wieku około 13 lat i 8 dzieci, osiągających normalne wyniki, w grupach dopasowanych do wieku i IQ [71]. Monitorowano ich działanie w trzech zadaniach: stojąc na obu stopach (jedna noga bezpośrednio przed drugą); stojąc na jednej stopie i chodząc [71]. Wszystkie trzy zadania odbyły się na niskiej belce wykonanej z dużych plastikowych cegieł [71]. Wydajność balansu została określona przez nagrywanie wideo każdej sesji, oddzielnymi kamerami dla rąk i stóp, a następnie oceniano sesje pod kątem wahań, przypisując pół punktu za małe odchylenie (10-20), jeden punkt za średnie (20-50) i dwa punkty za duże wachanie (przekroczenie lub obniżenie stopy). Punktacja była niezależnie sprawdzana przez badaczy, którzy nie znali tożsamości każdego pacjenta [71]. Zadania związane z równowagą były wykonywane w ramach dwóch warunków: równowagi pojedynczego zadania, w której podmioty miał jedynie utrzymać równowagę [71]. Druga forma zadania polegała na tym, że oprócz balansu trzeba było wykonać zadanie drugorzędne związane z liczeniem lub wyborem dystraktora. Wyniki były dokładnie takie, jak przewidywano. W warunkach równowagi pojedynczego zadania nie było różnicy w równowadze między grupami. W warunkach podwójnego zadania dzieci z dysleksją wykazywały bardzo istotne zaburzenie równowagi, podczas gdy dzieci z grupy kontrolnej nie wykazywały deficytu. Jeszcze bardziej przekonujące, poza znacznymi różnicami na poziomie grupy, wzorzec wydajności dotyczył również prawie wszystkich osób, 22 z 23 dzieci z dysleksją wykazały ubytek w warunkach podwójnego zadania, podczas gdy większość grupy kontrolnej poprawiła się w zadaniu (z powodu praktyki). Niedawno rozszerzono wyniki badania, uzyskując jakościowo podobne wyniki u młodszych dzieci z dysleksją [71]. Użyto wtedy zasłonięcia oczu, zastępując podwójne zadanie jego równoważnym odpowiednikiem [71].

Najnowsze badania wykazały, że w przypadku dysleksji rozwojowej istnieje większe prawdopodobieństwo trudności z koordynacją, wpływającą na wiele aspektów życia [62]. Należą do nich wyzwania z zarówno silnymi motorycznymi umiejętnościami, jak i drobnymi zadaniami ruchowymi, upośledzeniem sprawności, szybkością manipulacji przedmiotami, precyzją ruchów, postawą ręki, umiejętnością pisania, a także wpływaniem na zadania funkcjonalne, takie jak: używanie nożyczek, monet, ołówków i pisanie [62]. Opisano również problemy z równowagą, kontrolą motoryczną, rytmem, szybkością oraz automatyzacją ruchu. **Związek między dysleksją a zmianami w koordynacji ruchowej wskazano jako istotny [72].**

Trudności ruchowe a konkretniej zaburzenia koordynacji rozwojowej często współistnieją z dysleksją [73]. Literatura wskazuje, że współistnienie tych zaburzeń i dysleksji może wystąpić od 35 do 50% przypadków. Zaburzenie koordynacji rozwojowej zgodnie z DSM 5, jest klasyfikowane jako zaburzenie ruchowe, stan charakteryzujący się wydajnością motoryczną, która jest znacznie poniżej oczekiwanych poziomów, biorąc pod uwagę wiek chronologiczny danej osoby i poprzednie możliwości zdobycia tych umiejętności [73]. Złe wyniki ruchowe mogą objawiać się jako problemy z koordynacją, słabą równowagą, niezdarnością, upuszczaniem lub wpadaniem na rzeczy [63]. Znaczne opóźnienia w osiągnięciu rozwojowych kamieni milowych (np. chodzenie, czworakowanie i siedzenie) lub w nabywaniu podstawowych umiejętności motorycznych (np. łapanie, rzucanie, kopanie, bieganie, skakanie, przeskakiwanie, przycinanie, kolorowanie, drukowanie i pisanie). Zakłócenia te, znacząco zakłócają codzienne czynności lub osiągnięcia w nauce. Ogólnie rzecz biorąc, zaburzenia koordynacji rozwojowej dotyczą około 5% do 6% dzieci w wieku szkolnym [73].

Powszechnie przyjmuje się, że trudności ruchowe często współistnieją z trudnościami w czytaniu lub dysleksją. Częstość występowania trudności ruchowych w populacji osób z dysleksją oszacowano na około 60% [73]. Jednak niewiele wiadomo na temat możliwych powiązań między rozwojem motorycznym a prekursorami czytania we wczesnym dzieciństwie [73]. Tylko kilka badań podłużnych, dotyczących dysleksji miało na celu analizę dzieci od bardzo wczesnego dzieciństwa lub niemowlęctwa. Jednym z takich badań jest Jyväskylä Longitudinal Study of Dyslexia, w którym porównywano rozwój wczesnych kamieni milowych w dwóch grupach: jedna z rozwijającymi się czynnikami ryzyka dla dysleksji i inna bez takiego ryzyka. Ponadto zaobserwowano powiązania między wczesnym rozwojem motorycznym a rozwojem języka u 18-miesięcznych i 24-miesięcznych niemowląt w tych dwóch grupach [73]. Odkryto, że powolny rozwój motoryczny zarówno w zakresie

motoryki ogólnej, jak i drobnej jest związany z mniejszym słownictwem i krótszymi wypowiedziami głosowymi tylko w zagrożonej grupie, podczas gdy nie ma korelacji zmiennych u dzieci bez ryzyka dysleksji [73].

Trwa debata na temat rozwojowego znaczenia trudności językowych w nabywaniu umiejętności czytania [73]. Niedawne badania nad rodzinnym ryzykiem dysleksji sugerują, że ścieżki rozwojowe prowadzące do dysleksji mają również historię opartą na języku, szczególnie w zakresie rozwoju słownictwa, języka ekspansywnego i umiejętności gramatycznych. Trudności te zostały zidentyfikowane już w wieku 2 lat [73].

Rzadziej proponowaną domeną jest możliwy nietypowy rozwój współwystępowania trudności językowych i motorycznych. Częstość występowania problemów ruchowych u dzieci z zaburzeniami rozwoju rozwija się w zakresie od około 50 do 90% [2]. Jednak informacje na temat wczesnego rozwoju motorycznego dzieci z trudnościami rozwojowymi wskazują, że głównie u nich samodzielność w umiejętności chodzenia jest szczególnie opóźniona [2].

Ponadto nie wiadomo także czy dzieci z dysleksją miały już trudności w rozwoju motorycznym w pierwszych latach życia. Niestety, wnioski wyciągnięte z ostatnich europejskich badań podłużnych, dotyczących czytania i ortografii są takie, że umiejętności motoryczne nie zostały uznane za bardzo ważne [74]. Tylko 20 spośród 144 badań obejmowało wskaźniki ruchowe w swoich projektach badawczych [74]. Ogólnie rzecz biorąc, bardzo niewiele badań dotyczących dysleksji u dzieci obejmowało miary ruchowe. Zgodnie z naszą wiedzą, tylko jedno badanie przyjrzało się temu i stwierdziło, że wczesne etapy motoryczne nie są zbyt dobrymi wskaźnikami późniejszych trudności z czytaniem. Jednak Fawcett sugeruje, że wczesne kamienie milowe mogą być opóźnione u dzieci z późniejszą dysleksją [64]. Dlatego niniejsze badanie miało na celu uzupełnienie istniejącej wiedzy na temat rozwoju motorycznego bardzo małych dzieci zagrożonych dysleksją [74].

Dzieci z dysleksją rozwojową wykazują poważne problemy z czytaniem i pisanem, ale poza tym są średnio lub ponadprzeciętnie inteligentne. Typowa ocena rozpowszechnienia dysleksji w populacjach szkół zachodnich wynosi około 5%, z około czterokrotnie większą liczbą chłopców niż dziewcząt diagnozowanych [74]. Zwykle zakładano, że problemy dzieci z dysleksją wynikają z upośledzenia niektórych umiejętności lub komponentu poznawczego w dużej mierze specyficznego dla procesu czytania [74]. Związane z tym deficyty można przypisać zaburzeniu przetwarzania fonologicznego [74].

Oprócz silnych dowodów na deficyty fonologiczne, u małych dzieci z dysleksją istnieją również znaczące dowody na deficyt w zdolnościach motorycznych w zakresie

szybkości ułożenia pięty i palców, szybkiego, sukcesywnego oporu palców i dokładności w kopiowaniu ruchów [65]. Dzieci z dysleksją, charakteryzują się "nieswoistą rozwojową niezdarnością", tak, że nawet dzieci z dysleksją, które wykazują rozsądne zdolności sportowe, są słabo skoordynowane [65]. Co więcej, sugeruje się, że deficyty te polegają przede wszystkim na zdobywaniu nowych zadań, co jest zwykle niewygodne i wymagające wysiłku, ale gdy umiejętności zostaną pomyślnie zdobyte, działania dyslektyczne są zasadniczo normalne [65].

Istnieją również znaczne dowody na to, że dzieci z dysleksją wykazują trudności w obszarze artykulacji, nie jest jednak jasne czy opiera się to głównie na deficycie umiejętności fonologicznych czy motorycznych [75]. Deficyt został pierwotnie zidentyfikowany jako błąd w powtórzeniu słów wielosylabowych lub bezsensownych, połączony z bezbłędną wydajnością w powtórzeniu prostych słów o wysokiej częstotliwości dla małych dzieci z dysleksją [75]. Podobnie, Stanovich ustalił, że słabi czytelnicy do wieku 10 lat, wykazywali deficyty w szybkości powtarzania prostych słów, co prowadziło do argumentowania za opóźnieniem rozwojowym w sterowaniu synchronizacją [75]. Jednakże, chociaż Brady i jej koledzy stwierdzili, że 8-letnie dzieci z dysleksją były znacznie wolniejsze i mniej dokładne w powtarzaniu wielosylabowych słów i nonsensownych słów, nie stwierdzili upośledzenia dokładności ani szybkości pojedynczego powtarzania monosylab wysokich częstotliwości [75]. Podsumowując, istnieją dowody na to, że dzieci z dysleksją są wolniejsze i bardziej podatne na błędy w złożonych zadaniach artykulacyjnych, ale ich działanie wydaje się normalne wśród prostych, znajomych słów [75].

Tradycyjne wyjaśnienie tych deficytów w złożonych zadaniach fonologicznych dotyczy deficytu fonologicznego, ponieważ dzieci z dysleksją mają problemy z fonologią wyjściową, w tym przypadku w konstruowaniu nowego programu motorycznego dla słów, których wcześniej nie napotkali [75]. Jednak alternatywny punkt widzenia wynika z ostatnich badań nad automatycznością umiejętności motorycznych u dzieci z dysleksją [75]. Automatyczność jest ostatnim etapem uczenia się umiejętności, w których wydajność staje się specjalistyczna i mniej wymagająca pod względem zasobów [75]. Definicje automatyzacji w dysleksji po raz pierwszy wykazali Nicolson i Fawcett, którzy zastosowali technikę podwójnego zadania, aby wykazać, że niedobory umiejętności motorycznych pozostają w równowadze u nastolatków z dysleksją [75]. Badanie wykazało, że dzieci z dysleksją mogły utrzymać równowagę w warunkach "sprawiedliwego równoważenia", ale gdy poproszono ich o wykonanie innego zadania jednocześnie (np. liczenie lub naciskanie

przycisku na sygnał) ich wydajność znacznie się pogorszyła, w przeciwieństwie do normalnie rozwiniętych dzieci [75].

Zespół nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi charakteryzuje się niewłaściwą rozwojowo impulsywnością i nadpobudliwością, a w konsekwencji upośledzeniem w osiągnięciach akademickich i zmniejszeniem powodzenia w codziennym życiu [76]. Dzieci z zaburzeniami koncentracji uwagi wykazują deficyty w różnych ośrodkach neuropsychologicznych. Opisywane funkcje zakładają problemy z uwagą, pamięcią roboczą, hamowaniem reakcji, planowaniem i kontrolą motoryczną [76]. Model Barkleya sugeruje, że zaburzenia koncentracji uwagi u dzieci wiążą się z niewydolnością internalizacji wkładu sensorycznego (wewnętrznie reprezentowana informacja), która następnie prowadzi do niedostatecznej kontroli motorycznej, jak również braku skuteczności w różnych zdolnościach poznawczych, które obejmują hamowanie i wykonanie złożonej sekwencji czynności wymagającej elastyczności (na przykład pisanie i rysowanie) [76].

Dzieci z zaburzeniami koncentracji uwagi i dysleksją mają wysokie wskaźniki współwystępowania i oba charakteryzują upośledzenie funkcji poznawczych i motorycznych [76]. Niektórzy autorzy sugerują, że obecność współistniejących zaburzeń odpowiada za wspólne symptomy, np. osoby z dysleksją, które mają deficyty motoryczne, mają współwystępujące wysokie wskaźniki deficytu uwagi, co wyjaśnia objawy, występujące wspólnie niż samą dysleksję [76]. Nakładanie się zaburzeń, takich jak dysleksja i zaburzenia koncentracji uwagi, doprowadziło do postulowania jednolitej struktury złożonych zaburzeń. Powstały teorie, takie jak rozwój nietypowego mózgu [76] lub model wielokrotnego defektu [76]. Potwierdzają one ukrytą niespecyficzność mechanizmów odpowiedzialnych za różne i wspólne objawy zaburzeń neurorozwojowych. Zamiast wysuwać hipotezę, że pojedynczy deficyt neurokognitywny może dostarczyć wystarczającego wyjaśnienia mnóstwa symptomów, sugerują, że zaburzenia neurorozwojowe są heterogeniczne i że ich etiologia jest wieloczynnikowa - wywodzi się z interaktywnych efektów genów i środowiskowych czynników ryzyka [76]. Nie dziwi fakt, że funkcjonowanie motoryczne jest często upośledzone w heterogenicznych zaburzeniach neurorozwojowych, takich jak dysleksja i zaburzenia koncentracji uwagi. Porównywanie tych zaburzeń z motoryką było jednak mniejsze w historii badań nad dysleksją, w szczególności dotyczy to dzieci, u których rozpoznano współzależność [76].

Współistnienie dysleksji z zaburzeniami o podłożu motorycznym może rzucić nowe światło na hipotezę o interaktywnym działaniu czynników warunkujących zaburzenia o podłożu dyslektycznym.

### 3.2 Rola mózdzku w dysleksji

Teoria dysleksji mózdkowej twierdzi, że dysfunkcjonalny mózdek może powodować dysleksję. Teoria ta została początkowo zaproponowana przez Harolda Levinsona i Jana Franka w 1973 r. [77]. Dalej była rozwijana przez Levinsona i innych badaczy [77]. Angela Fawcett i Rod Nicolson stwierdzili, że mózdek przyczynia się do kontroli motorycznej podczas artykulacji mowy i że problemy z artykulacją mogą przyczyniać się do defektów przetwarzania fonologicznego, a te mogą powodować dysleksję. Stwierdzili również, że mózdek przyczynia się do automatyzacji wyuczonych zachowań, co może obejmować uczenie się relacji grafem-fonem podczas czytania tekstu [77].

Wraz z pojawieniem się narzędzi do neuroobrazowania i badaniami związku między dysleksją a równowagą człowieka, opinie, dotyczące przyczyny dysleksji, zaczęły się zmieniać [45]. Dla naukowców stało się oczywiste, że dysleksja rozwojowa i mózdek są w jakiś sposób powiązane ze względu na funkcję mózdku, odpowiadającą deficytom funkcji związanej z dysleksją rozwojową [77].

Mózdek, w odróżnieniu od innych obszarów mózgu, jest zaangażowany w przetwarzanie i odszyfrowywanie ciągłej serii zdarzeń poznawczych "zza kulis". Jest odpowiedzialny za sekwencjonowanie danych wejściowych, automatyzację zadań, a także za produkcję i interpretację języka werbalnego i pisanego [77]. Ponieważ dysleksja rozwojowa jest definiowana przez problemy w tych trzech obszarach, hipoteza, że mózdek był odpowiedzialny za dysleksję, szczególnie w świetle badań neuroobrazowania, zyskała siłę i szeroką akceptację jako obiecujący obszar badań [77].

Teoria mózdku dowodzi, że przyczyną dysleksji jest nieprawidłowość strukturalna mózdku. Zgodnie z tą definicją, nieprawidłowości strukturalne powodują zaburzenia w normalnym rozwoju, co jest powodem problemów z kontrolą motoryczną, równowagą, pamięcią roboczą, uwagą, automatyzacją i ostatecznie czytaniem [77].

Co zaskakujące, problemy, z którymi boryka się wiele dzieci z dysleksją, nie ograniczają się do czytania i pisowni. Wydaje się, że występuje wtedy ogólne upośledzenie zdolności do wykonywania umiejętności w sposób automatyczny, zdolności, uważanej za zależną od mózdku [78]. Badania behawioralne i badania neuroobrazowe wskazują, że dysleksja jest rzeczywiście związana z zaburzeniem mózdku w około 80% przypadków [78]. Wysiada się tezę, że zaburzenia rozwoju mózdku mogą w rzeczywistości powodować zaburzenia w czytaniu i pisaniu charakterystyczne dla dysleksji, co jest zgodne z niedawno uznaną rolą mózdku w umiejętnościach językowych. Niniejszy wniosek ma wpływ na

wczesne leczenie zaradcze i stworzenie programów profilaktycznych we wczesnych etapach rozwoju dziecka [79].

Różnice w asymetrii mózdzku i objętości istoty szarej mózgu są jednymi z najbardziej spójnych ustaleń, dotyczących budowy mózgu u osób z dysleksją w porównaniu z osobami zdrowymi [80]. Ponadto wzorce aktywacji funkcjonalnej mózdzku podczas czytania i uczenia się mogą różnić się wśród osób z dysleksją. Niektóre dzieci i dorośli z dysleksją wykazują gorsze wyniki w zakresie czynności motorycznych, w tym kontrolę ruchów oczu oraz stabilność postawy. Mimo opisywanych wyników wiele osób z dysleksją nie ma objawów związanych z uszkodzeniem mózdzku [80].

### 3.3 Pamięć wzrokowo-przestrzenna w dysleksji

Dysleksja rozwojowa jest powszechnie opisywana jako zaburzenie oparte na języku, w którym często zagrożona jest sfera fonologiczna [81]. Badania na przestrzeni lat wykazały, że czytanie jest złożonym procesem poznawczym, w którym zaangażowane są nie tylko umiejętności fonologiczne, ale także zmysłowe procesy słuchowe, zdolności pamięciowe, procesy uwagi, automatyzacja i **umiejętności wizualno-przestrzenne** [81].

Udokumentowano, że procesy wizualno-przestrzenne odgrywają kluczową rolę w czytaniu, a liczne badania donoszą o związku między deficytem wzrokowo-przestrzennym a dysleksją rozwojową. Badania behawioralne wykazały deficyt wizualno-przestrzenny u osób z dysleksją, ponieważ udowodniono, że są one upośledzone w różnych zadaniach związanych z percepcją ruchu, rozpoznawaniem wizualnym zadań lub w umiejętnościach rotacji wyobraźniowej [82]. Badanie Winner w 2001 r. jednoznacznie udowodniło, że dorośli i licealiści oraz studenci z dysleksją nie prezentowali się funkcjonalnie jak grupa kontrolna w rotacji umysłowej, pamięci wzrokowej, przestrzennych problemach z tekstem i wizualnych matrycach logicznych, niezależnie od problemów z uwagą [82]. Na przykład, w badaniu analizującym rolę zaburzeń czuciowo-ruchowych w dysleksji, nie znaleziono różnicy między koherencją ruchu a stresem wzrokowym między dziećmi w wieku szkolnym z dysleksją i grupą kontrolną dopasowaną pod względem płci, wieku i niewerbalnego IQ [82]. W badaniu przeprowadzonym na uczniach szkół średnich odnotowano lepsze wyniki u uczestników z dysleksją w odniesieniu do normalnych czytelników w określonym zadaniu wzrokowo-przestrzennym, takim jak szybka i dokładna inspekcja holistyczna.

Kluczowym aspektem dla rozwiązania niespójności w istniejącej literaturze na temat możliwości wzrokowo-przestrzennych w dysleksji może być zrozumienie związanych

z wiekiem zmian w owych zdolnościach i ich związku z czytaniem. Przetwarzanie wizualno-przestrzenne, wymagające zmian w czytaniu, zależy od fazy czytania rozwojowego [83]. Czytanie u dzieci zaczyna się od percepcji słów i analizy ich wartości fonetycznej [83]. Aby zidentyfikować słowa, dziecko musi najpierw rozpoznać pojedyncze litery i dostrzec ich uporządkowanie w przestrzeni [83]. Następnie następuje złożony proces: dopasowywanie symbolu do dźwięku, ich łączenie i dekodowanie symboli w celu skonstruowania lub wyprowadzenia znaczenia. Wraz z rozwojem umiejętności czytania, analiza poszczególnych liter przekształca się w bezpośrednie rozpoznawanie słów za pomocą wzroku [83]. Gdy dzieci poprawiają swoje umiejętności czytania, zaczynają rozpoznawać charakterystyczne kształty niektórych słów [83]. Na tym zaawansowanym etapie lektury wiele procesów odbywa się automatycznie, uwalniając zasoby poznawcze, dzięki którym czytelnicy posiadają informacje semantyczne i syntaktyczne, umożliwiające im formułowanie oczekiwań na temat nadchodzących słów w tekście i zastanowienie się nad znaczeniem [56]. Uważa się, że płynne i automatyczne czytanie osiąga się pod koniec szkoły podstawowej. W szkole podstawowej dziecko często poświęca znaczną część zdolności umysłowej procesowi dekodowania. Umożliwiając dziecku doskonalenie tych umiejętności, pozwalamy na uzyskanie ostatecznego celu, którym jest opracowanie automatycznego procesu czytania, tak jak ma to miejsce w przypadku większości wykwalifikowanych czytelników [83]. Wraz ze wzrostem umiejętności dekodowania i pojawianiem się automatyzmu, dziecko zdobywa umysłową zdolność do zrozumienia tekstu pisanego [83].

Wiele czynników poznawczych zaangażowanych jest w proces uczenia się czytania. Podczas wcześniejszych etapów edukacyjnych dzieci badają słowa pisane sekwencyjnie. Szczególną uwagę zwraca się na indywidualne skojarzenia dźwiękowe, świadomość fonologiczną, mieszanie, segmentację, werbalną pamięć roboczą i lokalną analizę wizualną [56]. W kolejnych etapach edukacyjnych, powtarzające się ekspozycje na słowa, funkcjonowanie fonologiczne oraz pamięć robocza staje się zautomatyzowana. Dzieci osiągają umiejętność automatycznego rozpoznawania słów. Silna aktywacja magazynów pamięci długotrwałej jest wtedy wymagana, aby w pełni wspomóc czytanie [83].

Z neurobiologicznego punktu widzenia różne części mózgu uczestniczą w poszczególnych fazach. Według Pugh, na początku angażują się głównie grzbietowe części mózgu, które wykonują analityczne przetwarzanie, niezbędne do nauki integracji ortograficznej z fonologicznymi i leksykalno-semantycznymi cechami słów [82]. Obwód brzuszny stopniowo bierze udział w procesie czytania, w systemie form wyrazowych, w zakresie biegłości w rozpoznawaniu słów. Rozróżnienie pomiędzy ścieżką brzuszno-



leksykalną a ścieżką grzbietowo-subtelną zostało potwierdzone w badaniach funkcjonalnych i strukturalnych [82].

Wśród czynników poznawczych związanych z czytaniem, obecne badania mają na celu lepsze wyjaśnienie konkretnego wkładu zdolności wzrokowo-przestrzennych na umiejętności czytania dzieci z dysleksją na różnych etapach edukacyjnych. W przypadku tego typu zaburzeń deficyty czytania związane z przetwarzaniem wzrokowo-przestrzennym mogą być związane bardziej w pierwszych latach edukacyjnych z problemami w lokalnej analizie wymaganej do badania liter i słów, podczas gdy deficyt w globalnym przetwarzaniu percepcyjnym może mieć większy wpływ na kolejne lata, gdy słowa powinny być analizowane pod kątem ich globalnych kształtów [82]. Trudności w globalnych procesach percepcyjnych mogą podobnie wpływać na pierwsze etapy edukacyjne, ponieważ słowa o wysokiej częstotliwości mogą być analizowane nawet w pierwszym etapie jako pełny bodziec [82].

### **3.4 Pamięć fonologiczna w dysleksji**

Zasadna jest konkluzja, mówiąca, że dowody wskazujące na trudności z przetwarzaniem fonologicznym mogą stanowić podstawowe zaburzenie dysleksji. W szczególności dotyczy to problemów ze świadomością fonologiczną, to znaczy zdolnością do identyfikowania i manipulowania strukturą dźwięku słów w języku [84]. Badania ujawniły także szereg zaburzeń i problemów w innych dziedzinach. Obejmuje to upośledzenia w przetwarzaniu wizualnym [84], przetwarzanie słuchowe [84], pamięć roboczą [84], język mówiony [84] i funkcjonowanie motoryczne [84]. Jednak związek między odczytem a innymi współistniejącymi problemami w dysleksji jest wciąż niejasny. Istotny zwłaszcza pozostaje przedmiot toczącej się debaty, która dotyczy upośledzenia funkcji poznawczych, językowych i motorycznych, a wymienione deficyty mogą najlepiej odpowiadać na problemy z czytaniem w dysleksji [84].

Istnieje ciągle zainteresowanie czy jedna lub więcej funkcji systemu pamięci proceduralnej przyczynia się lub leży u podstaw upośledzenia czytania w dysleksji [85]. Ten system pamięci leży u podstaw uczenia się, wiedzy i wykonywania umiejętności motorycznych i poznawczych oraz nawyków [85]. System opiera się na szeregu rodzajów wiedzy, w tym sekwencyjnie zależnych algorytmach lub probabilistycznie uporządkowanych informacjach. Nauka i wiedza o tym systemie wydaje się być niejawną (nieдоступną dla świadomości), a wyuczone umiejętności mogą być przetwarzane automatycznie. Uczenie się

tych umiejętności jest stosunkowo powolne, wymagające dużej ilości powtórzeń lub praktyki wymaganej, aby mogły być przetwarzane szybko i automatycznie.

Postawiono hipotezę, że upośledzenie czytania w dysleksji może być przynajmniej częściowo wyjaśnione przez problemy z systemem pamięci proceduralnej. Nicolson i Fawcett [86] twierdzą, że trudności z czytaniem w dysleksji są częściowo związane z systemem pamięci proceduralnej, który wspiera język, w szczególności fonologię. Konkretnie twierdzi się, że problemy z czytaniem w dysleksji wiążą się z problemami z uczeniem się i / lub dostosowywaniem wiedzy fonologicznej i automatyzacją umiejętności niezbędnych do wspierania czytania. Nicolson i Fawcett sugerują szczególną rolę mózdku w powstawaniu dysleksji. Ullman [86] również stwierdza obecność upośledzenia pamięci w dysleksji, ale sugeruje, że ukryte nieprawidłowości neuronalne mogą obejmować różne struktury mózgu, leżące u podstaw pamięci proceduralnej, w tym zwojów podstawy. Zgodnie z tymi poglądami, nieprawidłowości neurologiczne odnotowano w różnych strukturach, leżących u podstaw pamięci proceduralnej, w tym mózdku [86], zwojach podstawy [86] oraz obszarów motorycznych [87]. Wreszcie, zarówno Nicolson [87], jak i Ullman [87] uważają, że deklaracyjny system pamięci odgrywa rolę kompensacyjną przynajmniej dla niektórych deficytów pamięci w dysleksji.

Kluczową prognozą, dotyczącą wniosku, że upośledzenie pamięci proceduralnej można znaleźć i może leżeć u podstaw dysleksji, jest to, że osoby z dysleksją powinny w rzeczywistości mieć gorsze zdolności uczenia się proceduralnego niż osoby z typowymi umiejętnościami czytania. W wielu badaniach analizowano uczenie się w pamięci proceduralnej w dysleksji, stosując różne paradygmaty, w tym sztuczne uczenie się gramatyki [87], naprzemiennie szeregowo zadania, liczące czas reakcji [87], a także klasyczne zadanie, badające czas reakcji (SRT) opisane po raz pierwszy przez Nissen i Bullemer [87].

Hipoteza deficytu fonologicznego jest powszechnym wyjaśnieniem dysleksji na poziomie poznawczym. Przypuszczenie to wynika z dowodów na to, że osoby z dysleksją mają słabe wyniki w testach, które mierzą ich zdolność do dekodowania nonsensownych słów przy użyciu konwencjonalnych reguł fonetycznych oraz że istnieje wysoka korelacja między trudnościami w łączeniu dźwięków języka z literami i opóźnieniami w czytaniu lub niepowodzeniem w czytaniu wśród dzieci [88].

Podstawowa hipoteza głosi, że trudności z czytaniem lub dysleksja wynikają z deficytu funkcjonalnego lub strukturalnego w obszarach lewej półkuli mózgu związanej z przetwarzaniem dźwięków języka. Niektórzy badacze badali strukturę i funkcję ścieżek neuronalnych w obszarach językowych mózgu. Inni koncentrowali się na percepcji krótkich

lub szybko zmieniających się dźwięków języka, przyjmując, że deficyt zasadniczy jest raczej czasowy niż ogólny. [88]

W ciągu ostatnich dwóch dekad hipoteza fonologicznego deficytu była dominującym wyjaśnieniem, które badacze preferowali jako prawdopodobną przyczynę dysleksji, ale jest to tylko jedna z wielu konkurencyjnych teorii. Krytycy hipotezy fonologicznej wskazują, że nie wyjaśnia ona objawów dysleksji niezwiązanych z trudnościami w dekodowaniu fonetycznym, takich jak problemy z pamięcią krótkotrwałą, problemy z przetwarzaniem obrazu czy trudności z równowagą i małą koordynacją ruchową, które są wspólne dla wielu dzieci z dysleksją. Badacze twierdzą również, że większość dowodów na teorię opiera się na błędnym rozumowaniu, jako że słabość fonologiczna jest postrzegana zarówno jako definiujący objaw dysleksji, jak i jej przyczyna [88].

Istnieją znaczne dowody na to, że dzieci z dysleksją cierpią na deficyty w zakresie umiejętności fonologicznych [88]. Szczególnie uderzające były badania podłużne Bradley i Brant [88], które wykazały, że dzieci, które wykazywały deficyty w wieku 3 lub 4 lat w fonemie lub w prostych zadaniach rymowania, prawdopodobnie później rozwiną problemy z czytaniem. Bradley i Olson [88], Wise i Rack [88] wykazali, że profilaktyczne wsparcie fonologiczne dla dzieci z grupy ryzyka dysleksji doprowadziły do normalnego późniejszego rozwoju umiejętności czytania.

Dzieci z dysleksją często wykazują równie poważne problemy w poziomie rozwoju bezpośredniej pamięci. Miles [89] wykazał, że deficyt w zakresie zapamiętywania liczby cyfr jest jednym z najbardziej powszechnych objawów dysleksji, z określonymi deficytami często przedstawianymi na wstecznym spektrum. W kompleksowym przeglądzie pamięci roboczej Jorm [12] po stwierdzeniu, że wiele dowodów było mylących z powodu problemów związanych z definicją dysleksji i niedostatecznej kontroli eksperymentalnej, doszedł do wniosku, że "istnieją dość spójne dowody na to, że [specyficzne] opóźnianie czytania może być powiązane z deficytem w długoterminowym przechowywaniu informacji fonologicznej". Deficyt ten może wpłynąć na obniżenie zdolności czytelników do korzystania z pętli artykulacyjnej, pamięci krótkoterminowej, która wydaje się odgrywać ważną rolę w niektórych aspektach normalnego pozyskiwania informacji" [89]. Innymi słowy, Jorm [89] przypisywał deficyty pamięci roboczej dzieci z dysleksją do ustalonych deficytów fonologicznych. Kolejny dowód na zaburzenia pamięci fonologicznej podał Snowling [89] i jego koledzy, którzy odkryli, że dzieci z dysleksją wykazują deficyt w porównaniu z grupą kontrolną dzieci w wieku czytelniczym w zdaniu, polegającym na powtórzeniach ciągu liter, nie będących słowami [89]

Systematyczne badanie zależności między pamięcią roboczą a umiejętnościami fonologicznymi zostało opisane przez Gathercole i Baddeley [90], którzy badali kilka umiejętności, leżących u podstaw fonemicznej segmentacji. Uczestnikami badania było pięcioro dzieci z objawami w dużej mierze zgodnymi z diagnozą dysleksji. Ich wydajność została porównana z dwoma zestawami indywidualnie dobranych dzieci z grupy kontrolnej. Jedna grupa została dopasowana do osiągnięć niewerbalnych dzieci z dysleksją a druga została dopasowana do werbalizacji słów. Backmana, Mamen i Fergusona [91] ocenili pięć odrębnych kompetencji: dyskryminację fonologiczną (zdolność wykrywania czy dwa bodźce, różniące się najwyżej jednym fonemem, były różne); szybkość artykulacji (czas potrzebny na powtórzenie słowa 10 razy), test sekwencjonowania i kontroli głosu oraz opóźnienie początku głosu (czas potrzebny na wypowiedzenie danego słowa). Oprócz tych prostych testów wydajności przeprowadzono trzy teoretycznie analizy. Pierwszą z nich był test powtarzania, który mierzył zdolność do dokładnego powtarzania bezsensownego słowa wypowiedzianego przez eksperymentatora. Wydajność zazwyczaj zmniejsza liczbę wspomnianych słów, a tym samym uważa się je za cenny wczesny test wydajności funkcji pamięci. Test powtarzania jest uważany za przydatny wskaźnik zdolności dziecka do zapamiętywania nowego słownictwa, ponieważ każde słowo pojawia się jako niewerbalne przy pierwszym usłyszeniu. Dwa pozostałe eksperymenty badały zakres pamięci dla słów, będący analogicznym testem dla tzw: „Digitspan”, który jest dobrze udokumentowany jako narzędzie diagnostyczne dla dzieci z dysleksją. Przeprowadzono dwa eksperymenty – w jednym manipulowano splątaniem poszczególnych słów, a w drugiej długością manipulacji mentalnej słów. Gathercole i Baddeley [90] ustalili, że wszystkie trzy grupy były równoważne pod względem fonologicznej dyskryminacji i zadań opóźniających. Grupa z zaburzeniami języka nie była istotnie gorsza niż kontrola w przypadku analizy częstości artykulacji. Ponadto, wszystkie trzy grupy wykazywały takie same jakościowe efekty akustycznej podatności na długość słowa w zakresie pamięci roboczej. W związku z tym Gathercole i Baddeley [90] stwierdzili, że dzieci z zaburzeniami językowymi wykazują specyficzny deficyt w zakresie fonologicznej komponenty pamięci roboczej [90], podczas gdy ich proces odtworzenia informacji wydaje się być normalny. Autorzy kontynuowali spekulacje, że ten deficyt może leżeć u podstaw problemów w zdobywaniu umiejętności z zakresu czytania i słownictwa.

Co ciekawe, przyjmując mocniejszą formę powyższego argumentu, możliwe jest, że ten deficyt pamięci roboczej może być czynnikiem leżącym u podstaw wszystkich ustalonych defektów fonologicznych dzieci z dysleksją. Należy zastanowić się nad wczesnymi problemami, dotyczącymi segmentacji fonemicznej, które często wiązały się z upośledzeniem

czytania. Jeśli chcemy podzielić słowo na fonemy, wymaga to trzymania go w magazynie tymczasowej pamięci podczas próby jego analizy, ergo bardzo istotnego obciążenia pamięci roboczej. Jeśli osoba nie można utrzymać nieznanego słowa wystarczająco długo, aby je powtórzyć, nie można liczyć na segmentację. Opowiadanie lub rymowanki słów są zapewne równomiernym zadaniem dla pamięci, jak i pamięci roboczej, ponieważ dwa słowa muszą być przechowywane jednocześnie i analizowane. Ważne jest również, aby pamiętać, że wyniki Gathercole i Baddeleya były eliminatywne [90], a nie potwierdzające faktyczne przesłanki. Wykazali oni, że deficyt pamięci roboczej prawdopodobnie nie był adekwatny do jakościowej różnicy w wykorzystaniu pętli fonologicznej, ale możliwe jest, że ograniczenie może leżeć albo w zmniejszonej pojemności pamięci fonologicznej, albo w jakimś działającym komponencie pamięci innym niż fonologiczny.

Podstawowy deficyt poznawczy w dysleksji jest często badany za pomocą wizualnego leksykalnego zadania decyzyjnego. W opisywanym badaniu uczestnik jest proszony o ocenę czy dany ciąg literowy jest słowem, czy nie, poprzez naciśnięcie jednego z dwóch przycisków [66].

Patrząc jednak z punktu widzenia poznawczego leksykalny paradygmat decyzji jest nieprecyzyjny w rozróżnianiu między deficytem szybkości odczytu w dysleksji (co sugeruje opóźnienie w dostępie do prezentacji słów) i deficytu dokładności (co sugerowałoby deficyt w jakości reprezentacji słów). Dzieje się tak dlatego, że uczestnicy mogą wymieniać się prędkością w celu dokładności w takich zadaniach. Załóżmy na przykład, że czytelnicy dyslektyczni mają odpowiednie fonologiczne reprezentacje, ale wymagają więcej czasu na dostęp do tych reprezentacji. Ponieważ czas odpowiedzi jest pod ich kontrolą, mogliby zdecydować się na szybką reakcję (kosztem popełnienia większej liczby błędów), szczególnie gdy mierzą się z "trudnymi" bodźcami, takimi jak niepopularne słowa. Doprowadziłoby to do widocznego deficytu w jakości reprezentacji fonologicznych, podczas gdy w rzeczywistości szybkość dostępu do tych reprezentacji uległaby pogorszeniu.

Konieczność rozróżnienia między szybkością i dokładnością jest szczególnie widoczna w badaniach nad dysleksją, ponieważ uznano, że deficyty prędkości lub dokładności stanowią sedno dysleksji [2]. Korzystając z nowatorskiego, alternatywnego, wymuszonego wyboru, który unika kompromisów, dotyczących prędkości i dokładności, badano, w jaki sposób różne zmienne językowe wpływają na szybkość i dokładność rozpoznawania wyrazów i nie-słów zarówno u osób z dysleksją, jak i u uczestników z grup kontrolnych. W każdej próbie zadanie prezentowało jednocześnie zarówno rzeczywisty cel słowny, jak i nie-słowny czynnik zakłócający. Uczestnicy zostali poproszeni o przyjrzenie się

prawdziwemu słowu i zignorowali nie-słowo, podczas gdy ich ruchy oczu były rejestrowane. To pozwoliło śledzić zarówno prędkość prawdziwej identyfikacji słowa, jak i jego asymptotyczną dokładność. Kluczowe dla zadania były wrażliwe manipulacje rzeczywistymi celami słownymi i nie-słowami. Poza fonologicznym deficytem, dyslektycy są również ogólnie wolniejsi niż normalni czytelnicy w różnych zadaniach, w tym wśród testów szybkości przetwarzania z baterii testów inteligencji. W konsekwencji zasugerowano, że dwa mniej lub bardziej niezależne deficyty leżą u podstaw dysleksji: fonologiczny deficyt i ogólny deficyt prędkości przetwarzania.

Biorąc pod uwagę potencjalną podwójną naturę dysleksji, zaskakuje, dlaczego dotychczasowe badania nie obejmowały badań nad rozpoznawaniem dysleksji za pomocą eksperymentalnego paradygmatu, który jest mniej podatny na kompromisy szybkości, dokładności niż klasyczne leksykalne decyzje lub zadania nazewnicze. Rzeczywiście, proponowany ogólny deficyt prędkości przetwarzania w dysleksjach mógłby przynajmniej częściowo wynikać z deficytu fonologicznej reprezentacji słów: z tego powodu czytelnicy z dysleksją mogą dostosowywać swoją leksykalną strategię decyzyjną, aby utrzymać ogólny poziom błędów na akceptowalnym poziomie (przez to ogólnie wolniej reagować). I odwrotnie, to, co wydaje się być deficytem w reprezentacji fonologicznej (co odzwierciedla się w zmniejszonej dokładności odpowiedzi) może w pewnym stopniu być rezultatem strategii, w której osoby z dysleksją próbują zrekompensować sobie ogólną powolność reagowania (tj. przyjmowanie większej liczby błędów w celu uzyskania korzyści). Fakt, że klasyczne zadania są podatne na takie kompromisy, dotyczące zarówno szybkości, jak i dokładności, utrudnia stwierdzenie czy rozpoznawanie słów z dysleksją najlepiej charakteryzuje się deficytami prędkości, deficytami reprezentacyjnymi lub obydwoma (jak sugeruje hipoteza o podwójnym deficycie).

Problem kompromisu w zakresie dokładności prędkości w klasycznych zadaniach czasu reakcji od dawna jest uznawany w literaturze, co prowadzi do rozwoju zadań, takich jak paradygmat sygnału odpowiedzi [48]. W tym paradygmacie uczestnicy są zobowiązani do dokonania oceny bodźca (np. ciągu liter), gdy tylko pojawi się sygnał dźwiękowy. Czas sygnalizacji dźwiękowej zmienia się w sposób ciągły i nie jest kontrolowany przez uczestnika. Gdy dokładność oceny jest analizowana jako ciągła funkcja czasu oczekiwania, uczestnicy zazwyczaj bardzo wcześnie wykazują zerową dokładność. W późniejszych okresach (tj. po przeprowadzeniu większej ilości zadań, dotyczących przetwarzania informacji o bodźcu), dokładność stopniowo wzrasta. W kontekście rozpoznawania słów taki wzorec może powstać, na przykład, gdy niektóre słowa są po prostu nieznanymi uczestnikom.

## **ROZDZIAŁ 4. Materiał i metody badań**

### **4.1. Cel badań**

Celem pracy jest zbadanie związku koordynacji psychomotorycznej i pamięci wzrokowo przestrzennej z ruchami oka w trakcie poszukiwania wizualnego u dzieci z grupy ryzyka dysleksji. Kolejnym celem badania jest stworzenie algorytmu postępowania badawczego przy użyciu urządzenia do eyetrackingu.

### **4.2. Cele szczegółowe**

Chcąc zrealizować cele główne, należy odpowiedzieć na hipotezy badawcze oraz zrealizować w założonej kolejności zadania opisane jako cele szczegółowe:

1. Zbadanie wpływu wybranych funkcji poznawczych dzieci z grupy ryzyka dysleksji na proces odczytu wizualnego (analiza tego celu odbywa się, odpowiadając na poszczególne hipotezy badawcze):
  - a. Pamięć wzrokowo przestrzenna ma wpływ na analizę fonologiczną.
  - b. Pamięć wzrokowo przestrzenna ma wpływ na proces odczytu wizualnego.
  - c. Umiejętności psychomotoryczne mają wpływ na analizę fonologiczną.
  - d. Umiejętności psychomotoryczne mają wpływ na proces odczytu wizualnego.
  - e. Proces odczytu wizualnego wpływa na analizę fonologiczną.
2. Stworzenie algorytmu postępowania badawczego przy użyciu urządzenia do eyetrackingu, za pomocą którego będziemy mieli możliwość analizy dzieci z grupy ryzyka dysleksji (realizacja tego celu odbywa się poprzez wykonanie poszczególnych zadań):
  - a. Stworzenie narzędzia, badającego ruchy gałek ocznych oraz czas reakcji na obiekt według paradygmatu Posnera.
  - b. Przebadanie dzieci z grupą ryzyka dysleksji oraz dzieci z grupy kontrolnej za pomocą autorskiego algorytmu dla eyetrackera.

### **4.3. Hipotezy badawcze**

Na podstawie sformułowanych powyżej problemów postawiono następujące hipotezy badawcze.

#### **Hipoteza 1:**

**H<sub>0</sub>:** Nie istnieje istotny związek między czasem reakcji badanego (poziom odczytu wizualnego) w teście „Gaze Cues” a poziomem pamięci fonologicznej.

**H<sub>1</sub>:** Istnieje istotny związek między czasem reakcji badanego (poziom odczytu wizualnego) w teście „Gaze Cues” a poziomem pamięci fonologicznej.

#### **Hipoteza 2:**

**H<sub>0</sub>:** Nie istnieje istotny związek między czasem reakcji badanego (poziom odczytu wizualnego) w teście „Gaze Cues” a poziomem pamięci wzrokowo przestrzennej.

**H<sub>1</sub>:** Istnieje istotny związek między czasem reakcji badanego (poziom odczytu wizualnego) w teście „Gaze Cues” a poziomem pamięci wzrokowo przestrzennej.

#### **Hipoteza 3:**

**H<sub>0</sub>:** Nie istnieje istotny związek między czasem reakcji badanego (poziom odczytu wizualnego) w teście „Gaze Cues” a poziomem koordynacji wzrokowo ruchowej.

**H<sub>1</sub>:** Istnieje istotny związek między czasem reakcji badanego (poziom odczytu wizualnego) w teście „Gaze Cues” a poziomem koordynacji wzrokowo ruchowej.

#### **Hipoteza 4:**

**H<sub>0</sub>:** Nie istnieje istotny związek między poziomem pamięci wzrokowo przestrzennej a poziomem koordynacji wzrokowo ruchowej.

**H<sub>1</sub>:** Istnieje istotny związek między poziomem pamięci wzrokowo przestrzennej a poziomem koordynacji wzrokowo ruchowej.

#### **Hipoteza 5:**

**H<sub>0</sub>:** Nie istnieje istotny związek między poziomem pamięci fonologicznej a poziomem koordynacji wzrokowo ruchowej.

**H<sub>1</sub>:** Istnieje istotny związek między poziomem pamięci fonologicznej a poziomem koordynacji wzrokowo ruchowej.



**Hipoteza 6:**

**H<sub>0</sub>:** Nie istnieje istotny związek między poziomem pamięci wzrokowo przestrzennej a poziomem pamięci fonologicznej.

**H<sub>1</sub>:** Istnieje istotny związek między poziomem pamięci wzrokowo przestrzennej a poziomem pamięci fonologicznej.

**Hipoteza 7:**

**H<sub>0</sub>:** Nie istnieje istotna różnica między grupą kontrolną a grupą badanych w czasie reakcji badanego dla zadania „Gaze Cues” (poziom odczytu wizualnego).

**H<sub>1</sub>:** Istnieje istotna różnica między grupą kontrolną a grupą badanych w czasie reakcji badanego dla zadania „Gaze Cues” (poziom odczytu wizualnego).

**Hipoteza 8:**

**H<sub>0</sub>:** Nie istnieje istotna różnica między grupą kontrolną a grupą badanych w poziomie wyniku pamięci fonologicznej.

**H<sub>1</sub>:** Istnieje istotna różnica między grupą kontrolną a grupą badanych w poziomie wyniku pamięci fonologicznej.

**Hipoteza 9:**

**H<sub>0</sub>:** Nie istnieje istotna różnica między grupą kontrolną a grupą badanych w poziomie wyniku pamięci wzrokowo przestrzennej.

**H<sub>1</sub>:** Istnieje istotna różnica między grupą kontrolną a grupą badanych w poziomie wyniku pamięci wzrokowo przestrzennej.

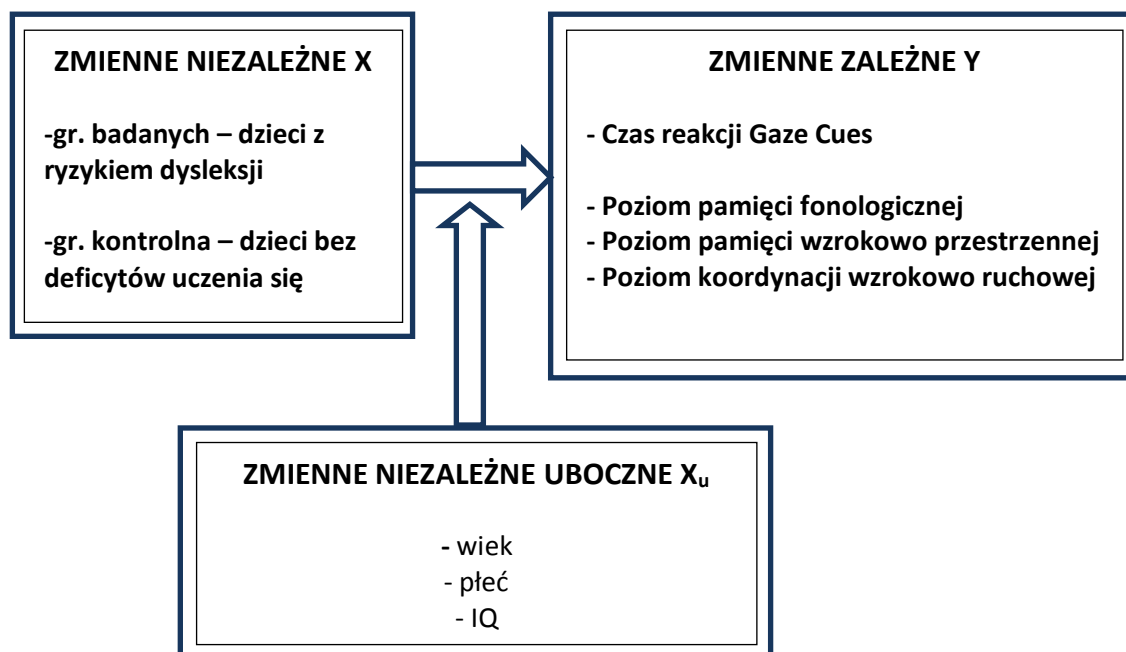
**Hipoteza 10:**

**H<sub>0</sub>:** Nie istnieje istotna różnica między grupą kontrolną a grupą badanych w poziomie koordynacji wzrokowo ruchowej.

**H<sub>1</sub>:** Istnieje istotna różnica między grupą kontrolną a grupą badanych w poziomie koordynacji wzrokowo ruchowej.

#### 4.4. Model badawczy

Badanie zostało zrealizowane w modelu korelacyjnym. Zbadano różnice pomiędzy dziećmi z grupy badanej i kontrolnej.



Rysunek 1: Model badawczy w planie 2 grupowym.

Źródło: Opracowanie własne.

#### 4.5. Operacjonalizacja zmiennych

Zmienne stanowiące składowe danych dotyczących ruchów oka w trakcie poszukiwania wizualnego:

**Czas reakcji** - czas potrzebny osobie na odpowiedzenie na bodziec, zdarzenie lub wskazówkę liczony w milisekundach. Zmienna została zbadana za pomocą testu „Gaze Cues”. Wynik badania mówi nam o średniej długości czasu mierzonego w milisekundach potrzebnego do zareagowania na bodziec prezentowany na ekranie monitora.

**Czas reakcji bodziec spójny** - składowa czasu reakcji, informująca, jaki jest czas odpowiedzi na bodziec, który jest spójny z poszukiwanym obiektem w zadaniu. Zmienna została zbadana za pomocą testu „Gaze Cues”. Wynik badania mówi nam o średniej długości czasu mierzonego w milisekundach potrzebnego do zareagowania na bodziec spójny prezentowany na ekranie monitora [92].

**Czas reakcji bodziec niespójny** - składowa czasu reakcji, informująca, jaki jest czas odpowiedzi na bodziec, który jest niespójny z poszukiwanym obiektem w zadaniu. Zmienna została zbadana za pomocą testu „Gaze Cues”. Wynik badania mówi nam o średniej długości

czasu mierzonego w milisekundach potrzebnego do zareagowania na bodziec niespójny prezentowany na ekranie monitora [92].

Zmienne stanowiące składowe danych dotyczących koordynacji psychomotorycznej:

**Koordinacja wzrokowo ruchowa** – zdolność do przestrzennej koordynacji widzenia ruchów ciała i jego poszczególnych części. Zmienna została zbadana za pomocą testu IDS jako podskala poziomu inteligencji płynnej. Wynik testu mówi nam o biegłości w zakresie konkretnego rodzaju manipulacji, jakim jest sprawność grafomotoryczna [93].

**Pamięć fonologiczna** – jest to metalingwistyczna umiejętność, która polega na identyfikowaniu, manipulowaniu, segmentowaniu jednostek mowy oraz utrzymywaniu ich w pamięci. Przyczynia się do rozróżnienia między fonemem a grafemem. Zmienna została zbadana za pomocą testu IDS jako podskala poziomu inteligencji płynnej. Wynik testu mówi nam o pojemności pamięci krótkotrwałej i jej zakresie w odniesieniu do przechowywania informacji o charakterze fonologicznym [93].

**Pamięć wzrokowo przestrzenna** – pamięć wzrokowa odpowiedzialna jest za zachowanie wizualnych kształtów i kolorów, podczas gdy pamięć przestrzenna odpowiedzialna jest za informacje o lokalizacji i ruchu. W praktyce oba systemy działają wspólnie, część pamięci wizualnej obejmuje informacje przestrzenne i odwrotnie. Zmienna została zbadana za pomocą testu IDS jako podskala poziomu inteligencji płynnej. Wynik testu mówi nam o wielkości pamięci krótkotrwałej w zakresie zapamiętywania bodźców o charakterze figuralnym [93].

## 4.6. Narzędzia badawcze

### 4.6.1. Skala Inteligencji i Rozwoju dla dzieci – (*Intelligence and Development Scale - IDS*)

„Intelligence and Development Scale” to kompleksowe narzędzie do pomiaru zdolności i kompetencji dzieci w wieku 5-10 lat. Badanie składa się z 19 testów, które pozwalają przeanalizować sześć różnych obszarów funkcjonowania dziecka. Narzędzie umożliwia również określenie poziomu inteligencji płynnej, skryzalizowanej i ogólnej. Ponadto uzyskujemy informacje na temat poziomu umiejętności psychomotorycznych, rozwoju zdolności poznawczych oraz kompetencji społeczno emocjonalnych. Zadania są różnorodne i interesujące dla dzieci. W zestawie testowym znajdują się niektóre pomoce używane podczas badania (np.: małe książki, koraliki, bloki, zdjęcia, figurki, piłka). Głównym zadaniem badania jest ocena gotowości szkolnej, dzięki której można wykryć

przyczyny trudności oraz diagnoza kliniczna, która pozwala określić główne syndromy zaburzeń widoczne w specyficznych okresach rozwoju [93].

Wiarygodność testu: wewnętrzna spójność została oceniona dla próby całkowitej normalizacji. Niezawodność dla inteligencji płynnej i skryzalizowanej 0.94, wewnętrzna spójność dla pełnej skali nieco wyższa 0.96 [93]. Zatem wszystkie trzy skale mogą być stosowane w indywidualnej diagnozie. Niezawodność siedmiu podstawowych testów natomiast wynosi: inteligencja płynna 0.77-0.96; skryzalizowana - 0.90. Współczynniki rzetelności innych testów: umiejętności psychomotoryczne 0.62-0.73, kompetencje społeczno-emocjonalne 0.51-0.71; motywacja osiągnięć 0.91- 0.96 [93].

Ważność: Wszystkie skale są wysoce skorelowane z analogicznymi skalami testu Wechslera, zapewniając wymiennność w ocenie inteligencji. Liczne korelacje z innymi testami kognitywnymi również potwierdzają ważność „Intelligence and Development Scale” jako narzędzia oceny różnych umiejętności poznawczych. Wyniki testu mogą być postrzegane jako istotny czynnik prognostyczny funkcjonowania w obszarze umiejętności szkolnych. Skale wywiadu pozwalają również na rzetelne przewidywanie osiągnięć dzieci (korelacje z ocenami szkolnymi). Porównanie wyników w grupach klinicznych (dysleksja, zespół nadpobudliwości ruchowej z deficytem uwagi, zespół Aspergera) wykazało, że wyniki różnią się, zgodnie z oczekiwaniami, wśród dzieci z populacji ogólnej i dzieci z grup klinicznych oraz że różnice te można zaobserwować zarówno w obszarze inteligencji oraz w profilu umiejętności lub kompetencji. Analiza czynnikowa potwierdziła teoretyczne podstawy oryginalnej wersji narzędzia. Test posiada normy dla dzieci w wieku 5 – 10 lat [93].

Skala może służyć do pomiaru poziomu inteligencji. Wyniki badania narzędziem dają informację o poziomie inteligencji płynnej i skryzalizowanej, natomiast w pełnej skali są wyrażone jako Wechsler IQ (ze średnią 100 i standardowym odchyleniem 15). Jednak „Intelligence and Development Scale” umożliwia diagnozę w znacznie szerszym zakresie niż sam pomiar inteligencji. Biorąc pod uwagę szeroki zakres umiejętności i kompetencji mierzonych za pomocą narzędzia, możliwa jest również: analiza profilowa różnych obszarów rozwojowych, diagnoza gotowości szkolnej, w tym obszary rozwojowe ważne dla funkcjonowania dziecka w wieku szkolnym: kompetencje społeczno-emocjonalne, matematyka, język i motywacja osiągnięć.

Do celów badawczych zostały wykorzystane tylko wyniki następujących skal. W przypadku inteligencji płynnej analizie zostaną poddane wyniki: pamięć wzrokowo przestrzenna, koordynacja wzrokowo ruchowa oraz pamięć fonologiczna. Dzieci natomiast

zostały przebadane za pomocą całego testu, który pozwala otrzymać informację na temat poziomu inteligencji płynnej oraz jej składowych, takich jak:

- percepcja wzrokowa,
- pamięć słuchowa,
- uwaga selektywna,
- rozumowanie przestrzenne,
- rozumowanie pojęciowe.

Zbadano również poziom inteligencji skryzalizowanej oraz jej poszczególne podskale:

- rozumowanie logiczno matematyczne,
- mowa czynna,
- mowa bierna.

Zadania w teście, zgodnie z założeniami testów inteligencji, realizowane są w odpowiedniej kolejności, która charakteryzuje się stopniowym wzrostem trudności poszczególnych zadań. Badanie powinno się przeprowadzić indywidualnie, natomiast wybór konkretnych zadań w przypadku analizy interesujących nas zmiennych jest dowolny. Dzięki takiej konstrukcji testu, można go stosować modułowo, co pozwala na wybranie poszczególnych testów, odpowiadających potrzebom badania. Na potrzeby badania zrealizowano z każdym dzieckiem cały test „Intelligence and Development Scale” w celu uzyskania pełnego profilu.

#### **4.6.2. Eyetracker**

Urządzenie wykorzystane do badania to eyetracker marki Tobii T60/T120 z oprogramowaniem Tobii. Za jego pomocą badamy ruchy oka dzieci podczas poszukiwania wizualnego oraz wpływ wizualnego utrzymywania uwagi na obiekcie.

Predyktywne sakady zostaną zbadane za pomocą skupienia wzroku na obiekcie, który pojawiać się będzie w miejscu, które zostanie wcześniej opisane (obiekt pojawiać się będzie raz po lewej raz po prawej stronie ekranu). Antysakady zostaną zbadane za pomocą skupienia wzroku w miejscu stanowiącym opozycję dla bodźca wzrokowego, pojawiającego się na ekranie monitora (obiekt pojawia się po prawej stronie monitora, badany musi skupić wzrok po lewej stronie monitora). Wizualne podążanie za sakadą zostanie zbadane za pomocą skupienia wzroku na obiekcie, pojawiającym się w różnych miejscach ekranu. Wyniki

otrzymamy przez zmierzenie czasu fiksacji w ms. Analizy dokonamy przez pokazanie 60 slajdów. Czas ekspozycji to 3 sekundy.

W badaniu wykorzystano test „Gaze Cues”, który opiera się na analizie skupienia wzroku na obiekcie podczas zadań, polegających na dokonaniu reakcji na bodziec, pojawiający się na ekranie monitora. Zadanie jest oparte na paradygmacie Posnera, który jest testem neuropsychologicznym, często używanym do oceny uwagi. Opracowane przez Michaela Posnera [92] zadanie ocenia zdolność osoby do wykonania przesunięcia uwagi. Pierwotnie zostało wykorzystane i zmodyfikowane w celu oceny ogniskowych uszkodzeń mózgu i ich wpływu na uwagę. Na potrzeby badania został stworzony autorski algorytm w programie E-Prime, badający ruchy gałek ocznych według opisanego paradygmatu.

Zadanie przestrzenne Posnera zostało użyte do zmierzenia czasów reakcji i ruchów gałki ocznej na bodźce docelowe w celu zbadania skutków ukrytej orientacji uwagi w odpowiedzi na różne warunki prezentowane na ekranie monitora.

W ogólnym paradygmacie obserwatorzy siedzą przed ekranem komputera znajdującym się na wysokości oczu. Instruuje się ich o punkcie centralnym na ekranie, oznaczonym kropką lub krzyżem. Po lewej i prawej stronie punktu znajdują się dwa pola. Przez krótki czas na ekranie pojawia się sygnał. Po krótkiej przerwie, po usunięciu wskaźnika, bodziec docelowy, zwykle kształt, pojawia się w lewym lub prawym polu. Obserwator musi zareagować na cel natychmiast po jego wykryciu. Aby zmierzyć czas reakcji (RT), przed obserwatorem umieszcza się mechanizm odpowiedzi, zwykle klawiaturę komputera, która jest naciskana po wykryciu celu. Po ustalonym interwale próbnym, trwającym zwykle od 2500 do 5000 ms, cały paradygmat powtarza się dla określonej liczby prób ustalonych uprzednio przez eksperymentatora. Na potrzeby badania stworzono badanie w którym każdy warunek prezentowany jest minimum 10 razy. Opisany paradygmat okazuje się bardzo skuteczny w przekształcaniu przedziałów uwagi [92].

Do analizy uwagi w oparciu o rodzaj wizualnego wejścia używane są dwa główne typy wskazówek. Endogenna – wskazówki są prezentowane na środku ekranu, zwykle w tym samym miejscu co punkt ostrości. Jest to strzałka lub inna wskazówka kierunkowa, wskazująca lewe lub prawe pole na ekranie. Ta wskazówka opiera się na danych wejściowych z centralnego pola widzenia. Egzogenna – wskazówki prezentowane poza centrum ostrości są zwykle podświetlane i pojawiają się po lewej lub prawej stronie pola prezentowanego na ekranie. Egzogenną sygnaturą może być również obiekt lub obraz na obrzeżach, oddalony o kilka stopni od środka, ale wciąż pod kątem wizualnym. Ta wskazówka opiera się na wizualnym wprowadzeniu z peryferyjnego pola widzenia.

Posner opracował schemat używania poprawnych i nieistotnych sygnałów w trakcie poszczególnych prób. W ważnych próbach bodziec jest prezentowany w obszarze wskazanym przez wskazówkę. Na przykład, jeśli wskazówka była strzałką skierowaną w prawo, kolejny bodziec rzeczywiście pojawił się w polu po prawej stronie. Odwrotnie, w nieważnych próbach bodziec jest przedstawiony po stronie przeciwnej do wskazanej przez wskazówkę. W tym przypadku strzałka wskazywała na prawo (kierując uwagę na prawo), ale bodziec faktycznie pojawił się w ramce po lewej stronie. Posner zastosował w swoich pierwotnych badaniach stosunek 80% ważnych prób i 20% nieważnych prób [92]. Obserwator dowiaduje się zwykle, że wskazówka jest ważna, wzmacniając tendencję do zwracania uwagi na stronę z kierunkiem. Niektóre próby nie przedstawiają sygnałów przed zaprezentowaniem celu. Są to neutralne próby. Te sygnały dają uczestnikowi wyobrażenie o tym, kiedy cel pojawi się, ale nie wskazują, z której strony może się pojawić. Na przykład neutralną wskazówką może być dwustronna strzałka [94]. Porównanie wyników neutralnych, nieważnych i ważnych prób pozwala na analizę czy wskazówki kierują uwagę na konkretny obszar lub utrudniają uważne wykonanie zadania. Ponieważ uczestnik nie może poruszać oczami w odpowiedzi na sygnał, jego wzrok pozostaje unieruchomiony na środku ekranu, różnice w czasie reakcji między bodźcami docelowymi poprzedzonymi opisane trzy warunki sygnalizacji wskazują, że zastosowano w badaniu tajną orientację uwagi. [94].

W niektórych badaniach wykorzystujących paradygmat ruchów gałek ocznych są one śledzone za pomocą wideo-systemów lub potencjałów elektrycznych zapisanych z elektrod umieszczonych wokół oka (proces zwany elektrookulacją). Ta metoda służy do rozróżniania jawnej i ukrytej uwagi. Owa uwaga skupia się na ukierunkowanych ruchach gałek ocznych (sakad), aby świadomie skoncentrować oko na bodźcu docelowym. Ukryta uwaga skupia się na wycentrowaniu uwagi na obiekcie bez wyraźnego ruchu gałek ocznych i jest dominującym obszarem zainteresowania w badaniach.

Ukryte przesunięcia uwagi nie tylko zmniejszają czas reakcji. Powodują również intensywniejsze przetwarzanie bodźców [94] i zwiększają prawdopodobieństwo wykrycia przez osobę sygnału podprogowego (takiego jak lekkie rozjaśnienie obiektu na obrzeżach, które mogło nie zostać zauważone). [94] Przedział czasu między początkiem sygnału a pojawieniem się celu jest definiowany jako asynchronia początkowa bodźca. Wcześniejsze badania, wykorzystujące zadanie z przestrzenną wskazówką stwierdzały, że oprócz ważności sygnału, bodziec ma również wpływ na reakcje behawioralne. Efekt asynchronii początkowego bodźca jest różny w zależności od tego czy używana jest centralna, czy peryferyjna wskazówka [94].

#### 4.7. Grupa badana

W badaniu uwzględniono dane pochodzące od 60 dzieci w wieku od 7 do 10 lat ( $M=7,93$ ;  $SD=0,95$ ). Badana grupa obejmuje 30 dzieci z grupy ryzyka dysleksją w wieku 7-10 lat oraz 30 dzieci z grupy kontrolnej, które nie posiadają deficytów uczenia się o typie dysleksji. Wśród dzieci 21 (35%) to dziewczynki, a 39 (65%) to chłopcy. Najwięcej dzieci biorących udział w badaniu było w wieku 7 lat.

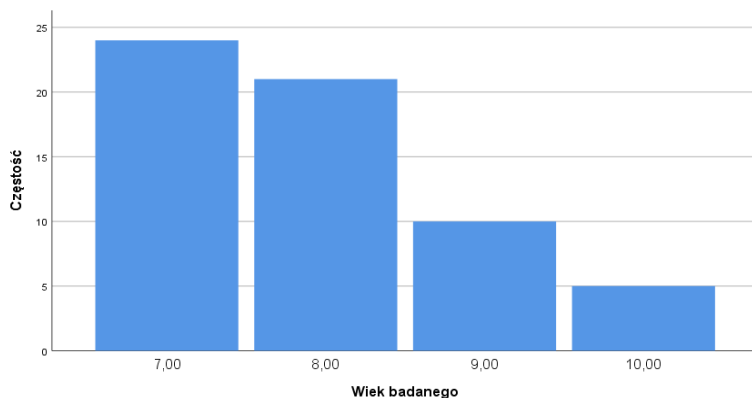
Badanie zostało zrealizowane jako część projektu badawczego pod tytułem „Wyrównywanie szans – podnoszenie kompetencji dzieci z deficytami”, którego twórcami były: Fundacja Aktywności Lokalnej, Learn Up oraz Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu.

Nie zaistniały odstępstwa od planowanego przebiegu badania, wszystkie kwestionariusze zostały wypełnione zgodnie z powyższymi instrukcjami. Badanie zostało przeprowadzone na przełomie 2015 r. Druga faza badania, gdzie dzieci zostały przebadane przy użyciu urządzeń do Eyetrackingu, odbyła się w 2016 r. Grupa kontrolna zrealizowała swoje badania w 2018 r.

Finansowanie sprzętu użytego do realizacji badań pochodzi z grantu badawczego przy wsparciu projektu „Wyrównywanie szans – podnoszenie kompetencji dzieci deficytami”. Część badań została przeprowadzona dzięki finansowaniu uzyskanemu przez grant unijny NCBiR, numer projektu IS-2/24. Numer umowy IS-2/24/NCBR/2015.

Grupa badana oraz kontrolna są homogeniczne, na co wskazują wyniki testu F Levene’a ( $F=1,83$ ;  $p=0,182$ ).

Poniżej zaprezentowano dokładne wyniki oraz wykresy prezentujące badane dzieci.



**Rysunek 2:** Wiek wszystkich badanych.  
Źródło: Opracowanie własne.



**Tabela 2:** Statystyki opisowe zmiennej wiek - wszyscy uczestnicy badania.

	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>M</b>	<b>ME</b>	<b>Mo</b>	<b>SD</b>
<b>Wiek</b>	7	10	7,93	8,00	7,00	0,95

Źródło: opracowanie własne.

**Tabela 3:** Statystyki opisowe zmiennej wiek – grupa kontrolna

	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>M</b>	<b>ME</b>	<b>Mo</b>	<b>SD</b>
<b>Wiek</b>	7	10	7,86	8,00	7,00	0,93

Źródło: opracowanie własne.

**Tabela 4:** Statystyki opisowe zmiennej wiek – grupa z ryzykiem dysleksji.

	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>M</b>	<b>ME</b>	<b>Mo</b>	<b>SD</b>
<b>Wiek</b>	7	10	8,00	8,00	7,00	0,98

Źródło: opracowanie własne.

**Tabela 5:** Częstości zmiennej płeć – wszyscy uczestnicy badania.

	<b>CZĘSTOŚĆ</b>	<b>PROCENT</b>
<b>Dziewczynka</b>	21	35%
<b>Chłopiec</b>	39	65%

Źródło: opracowanie własne.

**Tabela 6:** Częstości zmiennej płeć - grupa kontrolna.

	<b>CZĘSTOŚĆ</b>	<b>PROCENT</b>
<b>Dziewczynka</b>	10	34%
<b>Chłopiec</b>	20	66%

Źródło: opracowanie własne.

**Tabela 7:** Częstości zmiennej płeć grupa z ryzykiem dysleksji.

	<b>CZĘSTOŚĆ</b>	<b>PROCENT</b>
<b>Dziewczynka</b>	11	37%
<b>Chłopiec</b>	19	63%

Źródło: opracowanie własne.

#### **4.8. Dobór badanych**

##### **Warunkiem włączenia do badania było:**

- rozpoznanie normy intelektualnej - IQ powyżej 85 (wynik uzyskany dzięki analizie Poradni Psychologiczno Pedagogicznej),
- dysleksja nie wynika wprost z deficytów sensorycznych (wad wzroku, słuchu), na podstawie opinii Poradni Psychologiczno Pedagogicznej,
- dysleksja występuje pomimo odpowiednich metod nauczania,
- nauczanie w szkole masowej realizującej podstawowy program nauczania według założeń Ministerstwa Edukacji Narodowej,
- dostarczenie stosownej opinii nauczycielowi z Poradni Psychologiczno Pedagogicznej.

Informacje na temat zaburzeń dyslektycznych udzielali rodzice dzieci, wypełniając przed badaniem krótką ankietę w postaci profilu sensorycznego. Pytania zawarte w kwestionariuszu wypełnianym przez rodziców dotyczyły:

- diagnozy dysleksji rozwojowej (wystawioną przez Poradnię Psychologiczno Pedagogiczną),
- poziom ilorazu inteligencji IQ (IQ) <70 na skali inteligencji Wechslera-Bellevue'a.

Badani zostali również poddani analizie poziomu inteligencji płynnej oraz skrytalizowanej, a na ich podstawie obliczono wynik inteligencji ogólnej. Średni poziom ilorazu inteligencji płynnej wynosił 99,38, inteligencji skrytalizowanej 101,7, natomiast dla pełnego poziomu średni wynik wyniósł 101,16.

##### **Kryteriami wykluczenia z udziału w badaniu było:**

- rozpoznanie jakichkolwiek chorób przewlekłych,
- wszelkie choroby psychiczne np. padaczka, nerwice, bóle głowy, psychozy
- farmakoterapia,
- brak zgody rodziców na przeprowadzenie badania,
- diagnoza zaburzeń uwagi / nadpobudliwości.
- niespełnienie kryteriów włączenia

Wszystkie dzieci, które zgłosiły się do projektu „Wyrównywanie szans”, zostały włączone do badania. Nie zanotowano przypadków dzieci z grupy ryzyka dysleksji, które nie spełniły kryteriów włączenia.

Poniżej zaprezentowano analizę wyników poziomu inteligencji dla poszczególnych grup biorących udział w badaniu.

**Tabela 8:** Statystyki opisowe zmiennej IQ – wszyscy uczestnicy badania.

	<i>MIN</i>	<i>MAX</i>	<i>M</i>	<i>ME</i>	<i>Mo</i>	<i>SD</i>
<b>IQ Płynne</b>	55	145	99,38	100,50	110,00	19,11
<b>IQ Skryształizowane</b>	55	145	101,70	104,00	113,00	18,81
<b>IQ Pełne</b>	55	145	101,17	103,50	101,00 <sup>a</sup>	18,64

Źródło: opracowanie własne; *a* – Dominanty = 104,00; 105,00; 107,00; 113,00

**Tabela 9:** Statystyki opisowe zmiennej IQ - grupa kontrolna.

	<i>MIN</i>	<i>MAX</i>	<i>M</i>	<i>ME</i>	<i>Mo</i>	<i>SD</i>
<b>IQ Płynne</b>	55	145	94,10	95,00	100,00	19,56
<b>IQ Skryształizowane</b>	55	145	99,26	103,00	104,00	18,22
<b>IQ Pełne</b>	55	145	99,93	100,50	105,00 <sup>a</sup>	18,48

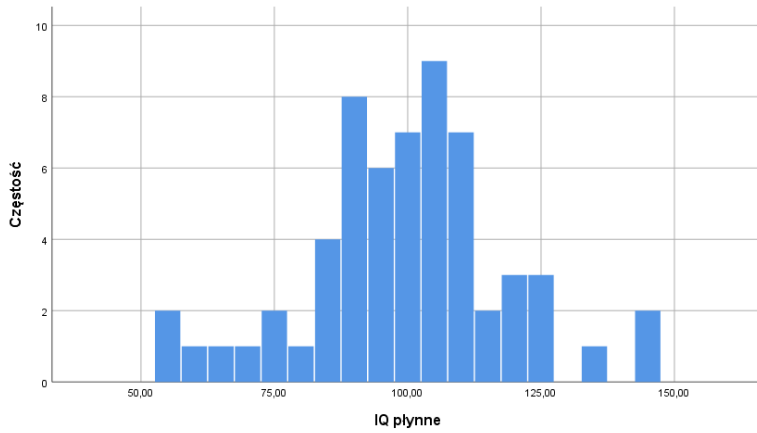
Źródło: opracowanie własne

**Tabela 10:** Statystyki opisowe zmiennej IQ - grupa z ryzykiem dysleksji.

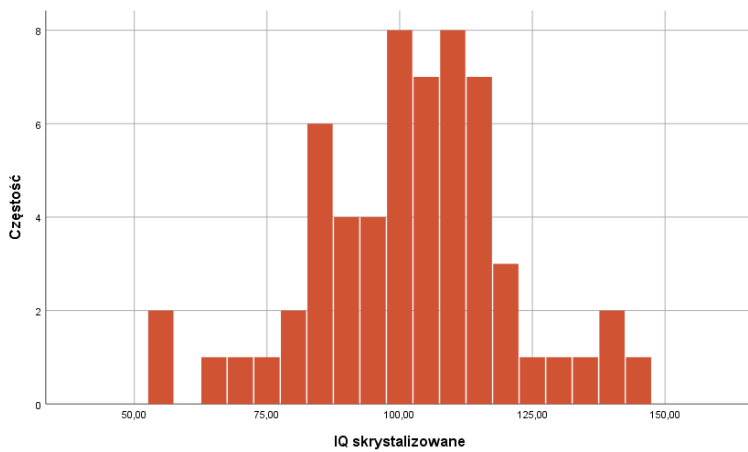
	<i>MIN</i>	<i>MAX</i>	<i>M</i>	<i>ME</i>	<i>Mo</i>	<i>SD</i>
<b>IQ Płynne</b>	55	145	104,66	105,00	110,00	17,41
<b>IQ Skryształizowane</b>	55	145	104,13	107,00	109,00 <sup>a</sup>	19,37
<b>IQ Pełne</b>	55	145	105,40	106,50	103,00 <sup>a</sup>	18,11

Źródło: opracowanie własne

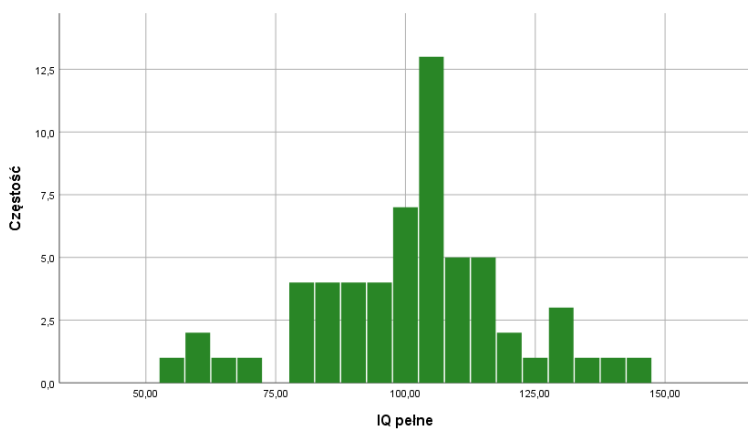
Poniżej zaprezentowano w sposób graficzny rozkład wyników poziomu inteligencji na poszczególnych badanych skalach.



**Rysunek 3: IQ Płynne**  
Źródło: Dane programu SPSS.



**Rysunek 4: IQ Skryształizowane**  
Źródło: Dane programu SPSS.



**Rysunek 5: IQ Pełne**  
Źródło: Dane programu SPSS.

#### 4.9. Procedura badania

Terenem badania było Centrum Treningu Słuchowego według metody Tomatis mieszczące się pod adresem: os. Piastowskie 36/1, 61-151 Poznań oraz Katedra i Zakład Psychologii Klinicznej, Collegium Stomatologicum ul. Bukowska 70 60-812 Poznań.

Każdy z rodziców badanych dzieci wyrażał zgodę ustnie, podpisywał ją na arkuszu zgody i przystępował do wypełnienia ankiety papier – ołówek, dotyczącej kryteriów włączenia osoby do badania. Na arkuszu zgody na udział w badaniu zamieszczona była informacja, dotycząca ogólnej istoty badania wraz z wyjaśnieniem przebiegu.

Czas testowania (przybliżony) dla poszczególnych testów w skali IDS:

- IQ Ogólny poziom inteligencji (50 minut)
- IQ Pełny profil (90 minut)
- Funkcje wykonawcze (30 minut)
- Umiejętności psychomotoryczne (20 minut)
- Umiejętności emocjonalne (15 minut)
- Podstawowe umiejętności (w zależności od wieku: 30-60 minut)
- Motywacja i postawa (7 minut)

Czas testowania (przybliżony) dla badania za pomocą urządzenia do eyetrackingu:

- Badanie „Gaze cues” (20 minut)

Badanie przeprowadzono indywidualnie z każdym dzieckiem. Średni czas badania jednej osoby wyniósł około 120 minut.

Część badań została przeprowadzona dzięki finansowaniu uzyskanemu przez grant unijny NCBiR, numer projektu IS-2/24. Numer umowy IS-2/24/NCBR/2015. Funkcję kierownika projektu pełni prof. dr hab. Ewa Mojs, opiekująca się od strony psychologicznej dziećmi, biorącymi udział w badaniach.

Zgodę komisji bioetycznej dla rozprawy doktorskiej uzyskano w dniu 6 kwietnia 2017 roku. Numer Uchwały to 400/17. Członkami zespołu badawczego zostali mgr Karolina Kabzińska oraz mgr Dominik Czajeczny. Głównym badaczem jest mgr Bartosz Grobelny.

#### **4.9.1. Przebieg badania**

##### **Pamięć fonologiczna**

Badani mieli za zadanie odtworzyć usłyszane ciągi liter w 14 sekwencjach. W kolejnych ciągach liter zwiększała się ilość elementów do powtórzenia z 2 do 8. Narzędzia potrzebne do realizacji badania to długopis, arkusz testowy i stoper. Eksperymentator czytał poszczególne wiersze a dziecko odtwarzało. Wyniki zadania zostały przedstawione na skali ilościowej. Uzyskano 60 ważnych odpowiedzi, co stanowi 100% badanej próby. Zadanie przeznaczone jest dla każdej grupy wiekowej, a w zadaniu można maksymalnie otrzymać 14 punktów. Zadanie zostało przeprowadzone według wystandaryzowanych norm przedstawionych w podręczniku do badania według skali IDS.

##### **Pamięć wzrokowo przestrzenna**

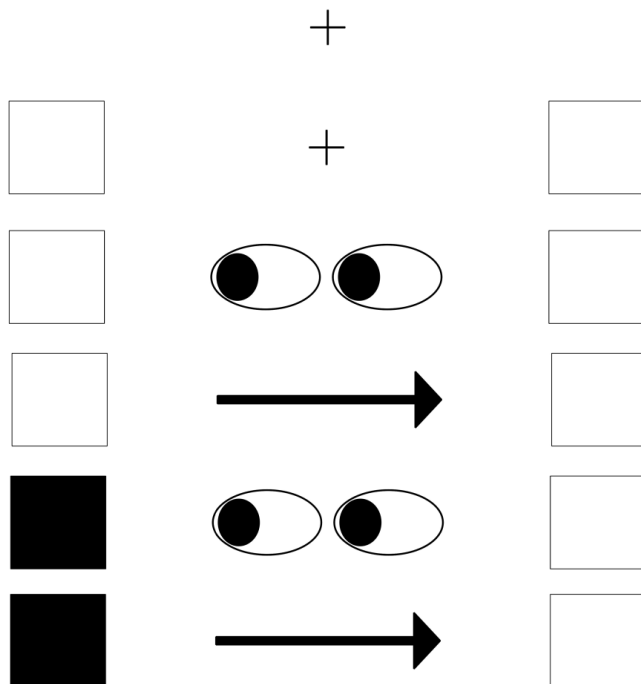
Badani mieli za zadanie odtworzyć konkretną ilość obiektów geometrycznych z zaprezentowanej puli. Pula obrazków zawiera 11 zadań, poziom trudności wzrasta, należy zapamiętać od 1 do 6 figur w grupach obiektów liczących od 3 do 12 figur. Czas ekspozycji poszczególnych grup obiektów zwiększał się wraz z ilością elementów potrzebnych do odtworzenia od 5,10 aż do 15 sekund. Uzyskano 60 ważnych odpowiedzi, co stanowi 100% badanej próby. Zadanie podzielone jest dla grup wiekowych 5-8 oraz 9-10, maksymalnie można w zadaniu otrzymać 34 punkty. Za poprawne odtworzenie pojedynczego elementu dziecko otrzymuje 1 punkt. Zadanie zostało przeprowadzone według wystandaryzowanych norm przedstawionych w podręczniku do badania według skali IDS.

##### **Koordinacja wzrokowo ruchowa**

Badani mieli za zadanie odtworzyć w formie rysunku 2 obrazki wzorów geometrycznych, składające się z dwóch figur. Ocenie podlegała dokładność i zachowanie szczegółów zaprezentowanego przez dziecko obrazka. Uzyskano 60 ważnych wyników, co stanowi 100% badanej próby. Zadanie przeznaczone jest dla każdej grupy wiekowej, maksymalnie można w zadaniu otrzymać 16 punktów. W teście zastosowano 8 kategorii oceny, w przypadku pojawienia się błędu w konkretnej kategorii dziecko otrzymuje zero punktów, w przeciwnym wypadku 1. Zadanie zostało przeprowadzone według wystandaryzowanych norm przedstawionych w podręczniku do badania według skali IDS.

## Gaze Cues

Badani mieli za zadanie wcisnąć przycisk klawiatury numerycznej (cyfra 1 obiekt pojawia się po lewej stronie, cyfra 3 obiekt pojawia się po prawej stronie) podczas ekspozycji na 60 slajdów. Na początku na ekranie eyetrackera pojawia się instrukcja w formie grafiki (Rysunek 6), która prezentuje wskazówki oraz obiekty, które mogą pojawić się podczas badania. Eksperymentator tłumaczy, że należy skupić wzrok na krzyżyku znajdującym się pośrodku ekranu. Podczas badania pojawią się wskazówki, po których nastąpi ekspozycja na bodziec w formie czarnego kwadratu, wypełniającego wolne pole, znajdujące się po lewej lub prawej stronie. W momencie pojawienia się obiektu należy wcisnąć odpowiedni klawisz, korespondujący do miejsca, w którym osoba badana zauważy kwadrat. Niektóre wskazówki będą naprowadzać na miejsce pojawienia się kwadratu, inne wręcz przeciwnie. Badanie poprzedza krótki test składający się z 9 slajdów, wyniki nie są rejestrowane. Następnie następuje kalibracja eyetrackera. Jeśli proces dostrajania urządzenia przebiegnie pomyślnie, rozpoczyna się właściwe badanie, które składa się z 60 slajdów. Po każdym zadaniu osoba badana otrzymuje informację zwrotną, mówiącą o poprawności wciśnięcia klawisza oraz czas, jaki potrzebowała na dokonanie reakcji. Uzyskano 60 ważnych wyników, co stanowi 100% badanej próby. Zadanie przeznaczone jest dla każdej grupy wiekowej. Rysunek poniżej prezentuje bodźce prezentowane osobie badanej.



**Rysunek 6:** Bodźce z zadania Gaze Cues.

Źródło: Opracowanie własne na potrzeby badania eyetrackerem.

## Rozdział 5. Wyniki badań własnych

### 5.1. Ogólna charakterystyka uzyskanych wyników

Statystyki opisowe uzyskane za pomocą programu SPSS Statistic 25 dla wyników Skali IDS i „Gaze Cues” czasu reakcji mierzonego eyetrackerem.

#### 5.1.1. Statystyki opisowe dla wszystkich badanych

Tabela 11 przedstawia minimalny i maksymalny osiągnięty przez badanych wynik, średnią, medianę, dominantę, odchylenie standardowe, skośność i kurtozę oraz wyniki dla testu Kołmogorowa-Smirnowa, testującego zgodność badanych zmiennych z rozkładem normalnym, przedstawione statystyki obejmują całą grupę osób badanych.

**Tabela 11:** Statystyki opisowe zmiennych dla wszystkich badanych.

Zmienna	MIN	MAX	ME	Mo	M	SD	SKE	K	KOŁMOGOROW-SMIRNOW	
									Z	p
Gaze Cues czas reakcji	311,33	2399,00	692,99	551,14	311,33	440,13	2,56	6,89	0,26**	0,000
Pamięć wzrokowo przestrzenna	1,00	16,00	9,58	10,00	11,00	3,20	-0,79	0,31	0,17**	0,000
Pamięć fonologiczna	1,00	18,00	10,67	10,00	9,00	3,86	0,13	-0,40	0,09	0,200
Koordynacja wzrokowo ruchowa	4,00	14,00	8,98	9,00	8,00	2,38	0,02	-0,69	0,14**	0,004

\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ ;

Źródło: opracowanie własne.

Wyniki testu Kołmogorowa-Smirnowa zaprezentowane w tabeli 11 wskazują na zgodność zmiennej pamięć fonologiczna z rozkładem normalnym, a więc jej rozkład jest symetryczny i mezokurtyczny. W przypadku pozostałych zmiennych, tj.: pamięć wzrokowo



przestrzenna, koordynacja wzrokowo ruchowa, „Gaze Cues” czas reakcji stwierdzić można brak zgodności z rozkładem normalnym.

Wyniki skośności i kurtozy wskazują, że rozkład zmiennej „Gaze Cues” czas reakcji jest prawoskośna i leptokurtyczna, oznacza to, że ogółem badani osiągnęli raczej niski czas reakcji, a ich czasy nie były mocno zróżnicowane. Warto zwrócić uwagę na wyniki średniej, mediany i dominanty, jak i odchylenia standardowego, które dodatkowo potwierdzają taki kształt rozkładu wyników dla tej zmiennej.

Wyniki badanych dla zmiennej pamięć wzrokowo przestrzenna są lewoskośne i leptokurtyczne, a więc w przypadku tego rodzaju pamięci badani uzyskali w większości wyniki wysokie, również mało zróżnicowane. Jest to również widoczne podczas analizy wyników tendencji centralnej.

Rozkład dla ostatniej zmiennej koordynacji wzrokowo ruchowej jest prawo skośny i platykurtyczny, oznacza to, że badani całościowo osiągnęli w większości niskie wyniki i dosyć mocno zróżnicowane między sobą.

Ze względu na brak zgodności z rozkładem normalnym wszystkich badanych zmiennych, do analizy hipotez z wyłącznym udziałem zmiennej pamięć fonologiczna użyte zostaną testy parametryczne, natomiast do analizy hipotez z udziałem pozostałych zmiennych będą to testy nieparametryczne.

### 5.1.2. Statystyki opisowe dla grupy badanych i kontrolnej

W celu dokładniejszego przeanalizowania rozkładu badanych zmiennych, w tabelach 12 i 13 zaprezentowane są statystyki testowe kolejno dla grupy badanych i kontrolnej.

**Tabela 12:** Statystyki opisowe zmiennych dla grupy badanych.

Zmienna	MIN	MAX	ME	Mo	M	SD	SKE	K
Gaze Cues czas reakcji	378,13	2392,05	741,99	636,00	378,13	407,25	2,58	8,62
Pamięć wzrokowo przestrzenna	1,00	14,00	9,63	11,00	11,00	3,27	-0,85	-0,02
Pamięć fonologiczna	1,00	18,00	10,27	10,00	11,00	4,06	0,19	0,14
Koordinacja wzrokowo ruchowa	4,00	12,00	9,00	9,00	8,00	2,07	-0,45	-0,10

\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ ;

Źródło: opracowanie własne.

**Tabela 13:** Statystyki opisowe zmiennych dla grupy kontrolnej.

Zmienna	MIN	MAX	ME	Mo	M	SD	SKE	K
Gaze Cues czas reakcji	311,33	2399,00	643,99	494,09	311,33	472,54	2,80	7,57
Pamięć wzrokowo przestrzenna	1,00	16,00	9,53	10,00	10,00	3,17	-0,78	0,99
Pamięć fonologiczna	5,00	18,00	11,07	10,50	14,00	3,68	00,14	-1,05
Koordinacja wzrokowo ruchowa	4,00	14,00	8,97	8,00	6,00	2,70	,24	-1,04

\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ ;

Źródło: opracowanie własne.

W przypadku wyników dla grupy badanych, tj. dzieci zagrożonych wystąpieniem dysleksji, warto zwrócić uwagę, iż nie pojawiły się tu możliwe do osiągnięcia najwyższe wyniki dla wyników skali IDS. Dzieci te są również bardziej zróżnicowane, jeżeli chodzi o wyniki uzyskane dla zmiennej pamięć fonologiczna niż w grupie ogólnej czy w grupie kontrolnej dzieci bez dysfunkcji uczenia się. W przypadku drugiej grupy, większe zróżnicowanie wyników jest widoczne w zmiennej koordynacja wzrokowo ruchowa. Dzieci z tej grupy były również dużo bardziej zróżnicowane pod kontem „Gaze Cues” czas reakcji, uzyskując zarazem najniższy i najwyższy dla całej grupy wynik.

Na poziomie statystyk nie widać jednak innych tendencji czy możliwych różnic pomiędzy badanymi grupami.

## 5.2. Statystyczna weryfikacja hipotez

### 5.2.1. Statystyczna weryfikacja założeń hipotezy 1

**H<sub>0</sub>:** Nie istnieje istotny związek między czasem reakcji badanego (poziom odczytu wizualnego) w teście „Gaze Cues” a poziomem pamięci fonologicznej.

**H<sub>1</sub>:** Istnieje istotny związek między czasem reakcji badanego (poziom odczytu wizualnego) w teście „Gaze Cues” a poziomem pamięci fonologicznej.

### Czas reakcji a pamięć fonologiczna dla wszystkich badanych

**Tabela 14:** Czas reakcji a pamięć fonologiczna dla wszystkich badanych – współczynniki korelacji rho Spearmana.

	Pamięć fonologiczna
Gaze Cues czas reakcji	-0,264*

\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ ;

Źródło: opracowanie własne.

Wyniki uzyskane za pomocą testu rho Spearmana, zaprezentowane w tabeli 14 wskazują na istotny, słaby, ujemny związek pomiędzy czasem reakcji wszystkich badanych a ich poziomem pamięci fonologicznej.

Oznacza to, że w całej grupie badanych dzieci im dłuższy był ich czas reakcji, tym niższy był ich poziom pamięci fonologicznej.

### Czas reakcji a pamięć fonologiczna w grupie badanych

**Tabela 15:** Czas reakcji a pamięć fonologiczna dla grupy badanych – współczynniki korelacji rho Spearmana.

	Pamięć fonologiczna
Gaze Cues czas reakcji	0,053

\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ ;

Źródło: opracowanie własne.

W przypadku sprawdzenia tej samej korelacji, lecz tylko dla grupy badanych, obejmującej dzieci z ryzykiem dysleksji, wyniki widoczne w tabeli 15 wskazują na brak istotnego związku pomiędzy ich czasem reakcji a poziomem pamięci fonologicznej.

## Czas reakcji a pamięć fonologiczna w grupie kontrolnej

**Tabela 16:** Czas reakcji a pamięć fonologiczna dla grupy kontrolnej – współczynniki korelacji rho Spearmana.

Pamięć fonologiczna	
Gaze Cues czas reakcji	-0,515**

\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ ;

Źródło: opracowanie własne.

W przypadku sprawdzenia tej samej korelacji tym razem tylko dla grupy kontrolnej, obejmującej dzieci bez deficytów uczenia się, wyniki widoczne w tabeli 16 wskazują na istotny, umiarkowany, ujemny związek pomiędzy ich czasem reakcji z a poziomem pamięci fonologicznej.

Oznacza to, że im dłuższy był czas reakcji dzieci z grupy kontrolnej, tym niższy ich poziom pamięci fonologicznej.

Podsumowując, słaba korelacja, widoczna przy analizie całej grupy, wynika z dwukrotnie silniejszej i bardziej istotnej korelacji występującej u dzieci z grupy kontrolnej. W przypadku dzieci z grupy badawczej, ich czas reakcji nie koreluje z wynikami dla pamięci fonologicznej.

Nie ma zatem podstaw do całkowitego odrzucenia założeń hipotezy 1.

### 5.2.2. Statystyczna weryfikacja założeń hipotezy 2

**H<sub>0</sub>:** Nie istnieje istotny związek między czasem reakcji badanego (poziom odczytu wizualnego) w teście „Gaze Cues” a poziomem pamięci wzrokowo przestrzennej.

**H<sub>1</sub>:** Istnieje istotny związek między czasem reakcji badanego (poziom odczytu wizualnego) w teście „Gaze Cues” a poziomem pamięci wzrokowo przestrzennej.

#### Czas reakcji a pamięć wzrokowo przestrzenna dla wszystkich badanych

**Tabela 17:** Czas reakcji a pamięć wzrokowo przestrzenna dla wszystkich badanych – współczynniki korelacji rho Spearmana.

Pamięć wzrokowo przestrzenna	
Gaze Cues czas reakcji	-0,280

\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ ;

Źródło: opracowanie własne.

Wyniki uzyskane za pomocą testu rho Spearmana, zaprezentowane w tabeli 17 wskazują na brak istotnego związku pomiędzy czasem reakcji wszystkich badanych a ich poziomem pamięci wzrokowo przestrzennej.

#### Czas reakcji a pamięć wzrokowo przestrzenna w grupie badanych

**Tabela 18:** Czas reakcji a pamięć wzrokowo przestrzenna dla grupy badanych – współczynniki korelacji rho Spearmana.

Pamięć wzrokowo przestrzenna	
Gaze Cues czas reakcji	0,182

\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ ;

Źródło: opracowanie własne.

W przypadku sprawdzenia tej samej korelacji, lecz tylko dla grupy badanych, obejmującej dzieci z ryzykiem dysleksji, wyniki widoczne w tabeli 18 wskazują na brak istotnego związku pomiędzy ich czasem reakcji a poziomem pamięci wzrokowo przestrzennej.

## Czas reakcji a pamięć wzrokowo przestrzenna w grupie kontrolnej

**Tabela 19:** Czas reakcji a pamięć wzrokowo przestrzenna dla grupy kontrolnej – współczynniki korelacji rho Spearmana.

	Pamięć wzrokowo przestrzenna
Gaze Cues czas reakcji	-0,011

\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ ;

Źródło: opracowanie własne.

W przypadku sprawdzenia tej samej korelacji tym razem tylko dla grupy kontrolnej, obejmującej dzieci bez deficytów uczenia się, wyniki widoczne w tabeli 19 wskazują na brak istotnego związku pomiędzy ich czasem reakcji a poziomem pamięci wzrokowo przestrzennej.

Podsumowując, bez względu na ryzyko występowania dysleksji lub jego brak, czas reakcji badanych dzieci nie koreluje z wynikami pamięci wzrokowo przestrzennej.

Istnieją zatem podstawy do całkowitego odrzucenia założeń hipotezy 2.

### 5.2.3. Statystyczna weryfikacja założeń hipotezy 3

**H<sub>0</sub>:** Nie istnieje istotny związek między czasem reakcji badanego (poziom odczytu wizualnego) w teście „Gaze Cues” a poziomem koordynacji wzrokowo ruchowej.

**H<sub>1</sub>:** Istnieje istotny związek między czasem reakcji badanego (poziom odczytu wizualnego) w teście „Gaze Cues” a poziomem koordynacji wzrokowo ruchowej.

#### Czas reakcji a koordynacja wzrokowo ruchowa dla wszystkich badanych

**Tabela 20:** Czas reakcji a koordynacja wzrokowo ruchowa dla wszystkich badanych – współczynniki korelacji rho Spearmana.

	Koordynacja wzrokowo ruchowa
Gaze Cues czas reakcji	-0,046

\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ ;

Źródło: opracowanie własne.

Wyniki uzyskane za pomocą testu rho Spearmana, zaprezentowane w tabeli 20 wskazują na brak istotnego związku pomiędzy czasem reakcji wszystkich badanych a ich poziomem koordynacji wzrokowo ruchowej.

#### Czas reakcji a koordynacja wzrokowo ruchowa w grupie badanych

**Tabela 21:** Czas reakcji a koordynacja wzrokowo ruchowa dla grupy badanych – współczynniki korelacji rho Spearmana.

	Koordynacja wzrokowo ruchowa
Gaze Cues czas reakcji	0,174

\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ ;

Źródło: opracowanie własne.

W przypadku sprawdzenia tej samej korelacji, lecz tylko dla grupy badanych, obejmującej dzieci z ryzykiem dysleksji, wyniki widoczne w tabeli 21 wskazują na brak istotnego związku pomiędzy ich czasem reakcji a poziomem koordynacji wzrokowo ruchowej.



## Czas reakcji a koordynacja wzrokowo ruchowa w grupie kontrolnej

**Tabela 22:** Czas reakcji a koordynacja wzrokowo ruchowa dla grupy kontrolnej – współczynniki korelacji rho Spearmana.

	Koordynacja wzrokowo ruchowa
Gaze Cues czas reakcji	-0,240

\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ ;

Źródło: opracowanie własne.

W przypadku sprawdzenia tej samej korelacji tym razem tylko dla grupy kontrolnej, obejmującej dzieci bez deficytów uczenia się, wyniki widoczne w tabeli 22 wskazują na brak istotnego związku pomiędzy ich czasem reakcji a poziomem koordynacji wzrokowo ruchowej.

Podsumowując bez względu na ryzyko występowania dysleksji lub jego brak, czas reakcji badanych dzieci nie koreluje z wynikami koordynacji wzrokowo ruchowej.

Istnieją zatem podstawy do całkowitego odrzucenia założeń hipotezy 3.

#### 5.2.4. Statystyczna weryfikacja założeń hipotezy 4

**H<sub>0</sub>:** Nie istnieje istotny związek między poziomem pamięci wzrokowo przestrzennej a poziomem koordynacji wzrokowo ruchowej.

**H<sub>1</sub>:** Istnieje istotny związek między poziomem pamięci wzrokowo przestrzennej a poziomem koordynacji wzrokowo ruchowej.

#### **Pamięć wzrokowo przestrzenna a koordynacja wzrokowo ruchowa dla wszystkich badanych**

**Tabela 23:** *Pamięć wzrokowo przestrzenna a koordynacja wzrokowo ruchowa dla wszystkich badanych – współczynniki korelacji rho Spearmana.*

	<b>Koordynacja wzrokowo ruchowa</b>
<b>Pamięć wzrokowo przestrzenna</b>	-0,090

\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ ;

Źródło: opracowanie własne.

Wyniki uzyskane za pomocą testu rho Spearmana, zaprezentowane w tabeli 23, wskazują na brak istotnego związku pomiędzy poziomem pamięci wzrokowo przestrzennej wszystkich badanych a ich poziomem koordynacji wzrokowo ruchowej.

#### **Pamięć wzrokowo przestrzenna a koordynacja wzrokowo ruchowa w grupie badanych**

**Tabela 24:** *Pamięć wzrokowo przestrzenna a koordynacja wzrokowo ruchowa dla grupy badanych – współczynniki korelacji rho Spearmana.*

	<b>Koordynacja wzrokowo ruchowa</b>
<b>Pamięć wzrokowo przestrzenna</b>	-0,325*

\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ ;

Źródło: opracowanie własne.

W przypadku sprawdzenia tej samej korelacji, lecz tylko dla grupy badanych, obejmującej dzieci z ryzykiem dysleksji, wyniki widoczne w tabeli 24 wskazują na istotny, słaby, ujemny związek pomiędzy ich poziomem pamięci wzrokowo przestrzennej a poziomem koordynacji wzrokowo ruchowej.

Oznacza to, że im wyższy był poziom pamięci wzrokowo przestrzennej dzieci z grupy badanej, tym niższy był ich poziom koordynacji wzrokowo ruchowej.

### **Pamięć wzrokowo przestrzenna a koordynacja wzrokowo ruchowa w grupie kontrolnej**

**Tabela 25:** *Pamięć wzrokowo przestrzenna a koordynacja wzrokowo ruchowa dla grupy kontrolnej – współczynniki korelacji rho Spearmana.*

	<b>Koordynacja wzrokowo ruchowa</b>
<b>Pamięć wzrokowo przestrzenna</b>	0,032

\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ ;

Źródło: opracowanie własne.

W przypadku sprawdzenia tej samej korelacji, tym razem tylko dla grupy kontrolnej, obejmującej dzieci bez deficytów uczenia się, wyniki widoczne w tabeli 25 wskazują na brak istotnego związku pomiędzy ich poziomem pamięci wzrokowo przestrzennej a poziomem koordynacji wzrokowo ruchowej.

Podsumowując, badana korelacja występuje tylko u dzieci z grupy badanych. Jest to na tyle słaba korelacja, że nie przełożyła się na istotny wynik przy analizie całej grupy. W przypadku dzieci z grupy kontrolnej korelacja również nie wystąpiła.

Nie ma zatem podstaw do całkowitego odrzucenia założeń hipotezy 4.

### 5.2.5. Statystyczna weryfikacja założeń hipotezy 5

**H<sub>0</sub>:** Nie istnieje istotny związek między poziomem pamięci fonologicznej a poziomem koordynacji wzrokowo ruchowej.

**H<sub>1</sub>:** Istnieje istotny związek między poziomem pamięci fonologicznej a poziomem koordynacji wzrokowo ruchowej.

#### Pamięć fonologiczna a koordynacja wzrokowo ruchowa dla wszystkich badanych

**Tabela 26:** Pamięć fonologiczna a koordynacja wzrokowo ruchowa dla wszystkich badanych – współczynniki korelacji rho Spearmana.

Koordynacja wzrokowo ruchowa	
Pamięć fonologiczna	-0,151

\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ ;

Źródło: opracowanie własne.

Wyniki uzyskane za pomocą testu rho Spearmana, zaprezentowane w tabeli 26 wskazują na brak istotnego związku pomiędzy poziomem pamięci fonologicznej wszystkich badanych a ich poziomem koordynacji wzrokowo ruchowej.

#### Pamięć fonologiczna a koordynacja wzrokowo ruchowa w grupie badanych

**Tabela 27:** Pamięć fonologiczna a koordynacja wzrokowo ruchowa dla grupy badanych – współczynniki korelacji rho Spearmana.

Koordynacja wzrokowo ruchowa	
Pamięć fonologiczna	-0,161

\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ ;

Źródło: opracowanie własne.

W przypadku sprawdzenia tej samej korelacji, lecz tylko dla grupy badanych, obejmującej dzieci z ryzykiem dysleksji, wyniki widoczne w tabeli 27 wskazują na brak istotnego związku pomiędzy ich poziomem pamięci fonologicznej a poziomem koordynacji wzrokowo ruchowej.

## Pamięć fonologiczna a koordynacja wzrokowo ruchowa w grupie kontrolnej

**Tabela 28:** Pamięć fonologiczna a koordynacja wzrokowo ruchowa dla grupy kontrolnej – współczynniki korelacji rho Spearmana.

	Koordynacja wzrokowo ruchowa
Pamięć fonologiczna	-0,140

\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ ;

Źródło: opracowanie własne.

W przypadku sprawdzenia tej samej korelacji, tym razem tylko dla grupy kontrolnej, obejmującej dzieci bez deficytów uczenia się, wyniki widoczne w tabeli 28 wskazują na brak istotnego związku pomiędzy ich poziomem pamięci fonologicznej a poziomem koordynacji wzrokowo ruchowej.

Podsumowując bez względu na ryzyko występowania dysleksji lub jego brak, wyniki dla pamięci fonologicznej badanych dzieci nie korelują z wynikami koordynacji wzrokowo ruchowej.

Istnieją zatem podstawy do całkowitego odrzucenia założeń hipotezy 5.

### 5.2.6. Statystyczna weryfikacja założeń hipotezy 6

**H<sub>0</sub>:** Nie istnieje istotny związek między poziomem pamięci wzrokowo przestrzennej a poziomem pamięci fonologicznej.

**H<sub>1</sub>:** Istnieje istotny związek między poziomem pamięci wzrokowo przestrzennej a poziomem pamięci fonologicznej.

#### Pamięć wzrokowo przestrzenna a pamięć fonologiczna dla wszystkich badanych

**Tabela 29:** Pamięć wzrokowo przestrzenna a pamięć fonologiczna dla wszystkich badanych – współczynniki korelacji rho Spearmana.

	Pamięć fonologiczna
Pamięć wzrokowo przestrzenna	0,317**

\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ ;

Źródło: opracowanie własne.

Wyniki uzyskane za pomocą testu rho Spearmana, zaprezentowane w tabeli 29 wskazują na istotny, słaby, dodatni związek pomiędzy poziomem pamięci wzrokowo przestrzennej wszystkich badanych a ich poziomem pamięci fonologicznej.

Oznacza to, że w całej grupie badanych dzieci im wyższy był ich poziom pamięci wzrokowo przestrzennej, tym wyższy był ich poziom pamięci fonologicznej.

#### Pamięć wzrokowo przestrzenna a pamięć fonologiczna w grupie badanych

**Tabela 30:** Pamięć wzrokowo przestrzenna a pamięć fonologiczna dla grupy badanych – współczynniki korelacji rho Spearmana.

	Pamięć fonologiczna
Pamięć wzrokowo przestrzenna	0,382*

\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ ;

Źródło: opracowanie własne.

W przypadku sprawdzenia tej samej korelacji, lecz tylko dla grupy badanych, obejmującej dzieci z ryzykiem dysleksji, wyniki widoczne w tabeli 30 wskazują na istotny, słaby, dodatni związek pomiędzy ich poziomem pamięci wzrokowo przestrzennej a poziomem pamięci fonologicznej.

Oznacza to, że im wyższy poziom pamięci wzrokowo przestrzennej dzieci z grupy badanych, tym wyższy ich poziom pamięci fonologicznej.

### **Pamięć wzrokowo przestrzenna a pamięć fonologiczna w grupie kontrolnej**

**Tabela 31:** *Pamięć wzrokowo przestrzenna a pamięć fonologiczna dla grupy kontrolnej – współczynniki korelacji rho Spearmana.*

	<b>Pamięć fonologiczna</b>
<b>Pamięć wzrokowo przestrzenna</b>	0,266

\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ ;

Źródło: opracowanie własne.

W przypadku sprawdzenia tej samej korelacji tym razem tylko dla grupy kontrolnej, obejmującej dzieci bez deficytów uczenia się, wyniki widoczne w tabeli 31 wskazują na brak istotnego związku pomiędzy ich poziomem pamięci wzrokowo przestrzennej a poziomem pamięci fonologicznej.

Podsumowując, słaba korelacja widoczna przy analizie całej grupy ujawnia się jako trochę silniejsza, lecz istotna na mniejszym poziomie u dzieci z grupy badanych. W przypadku dzieci z grupy kontrolnej, ich wyniki dla pamięci wzrokowo przestrzennej nie korelują z wynikami pamięci fonologicznej.

Nie ma zatem podstaw do całkowitego odrzucenia założeń hipotezy 6.

### 5.2.7. Statystyczna weryfikacja założeń hipotezy 7

Poniżej zaprezentowana jest statystyczna weryfikacja hipotezy 7, do jej analizy użyto testu nieparametrycznego, ze względu na brak zgodności zmiennej czas reakcji z rozkładem normalnym. Jednakże zaprezentowane średnie nie są średnimi rangami, wyliczonymi standardowo w teście U, lecz średnimi arytmetycznymi, które obliczono za pomocą testu t Studenta, zabieg ten został wykonany dla realnego oddania poziomu osiągniętych wyników przez badane dzieci, na co nie pozwala średnia ranga.

**H<sub>0</sub>:** Nie istnieje istotna różnica między grupą kontrolną a grupą badanych w czasie reakcji badanego dla zadania „Gaze Cues” (poziom odczytu wizualnego).

**H<sub>1</sub>:** Istnieje istotna różnica między grupą kontrolną a grupą badanych w czasie reakcji badanego dla zadania „Gaze Cues” (poziom odczytu wizualnego).

**Tabela 32:** Grupa badana a czas reakcji – test U Manna-Whitneya.

Zmienna	Grupa		U Manna-Whitneya	p	r <sub>g</sub>
	Badanych (N=30) M (SD)	Kontrolna (N=30) M (SD)			
<b>Gaze Cues czas reakcji</b>	741,99 (407,25)	643,99 (472,54)	-2,32*	0,020	0,35

\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ ;

Źródło: opracowanie własne.

Wyniki uzyskane za pomocą testu U Manna-Whitneya, zaprezentowane w tabeli 32 wskazują na istotną różnicę pomiędzy dziećmi z ryzykiem dysleksji a dziećmi bez deficytów uczenia się w czasie reakcji badanego dla zadania „Gaze Cues”. Dzieci z grupy badanych osiągnęły istotnie większe wyniki dla czasu reakcji, co oznacza, że wolniej reagowały od dzieci z grupy kontrolnej.

Analiza wysokości siły efektu badanego współczynnikiem korelacji dwuseryjnej Glassa wykazała umiarkowany wpływ zmiennej niezależnej grupa badana na czas reakcji, będący w tej hipotezie zmienną zależną.

Nie ma podstaw do odrzucenia założeń hipotezy 7.



Ze względu na istotnie statystycznie różnice obserwowane w analizie hipotezy numer 7 postanowiono sprawdzić różnice między grupą badanych a kontrolną w przypadku czasu reakcji na bodziec spójny a czasem reakcji na bodziec niespójny.

**Tabela 33:** Grupa badana a czas reakcji w zależności od bodźca – test U Manna-Whitneya.

Zmienna	Grupa		<i>U Manna-Whitneya</i>	<i>p</i>	<i>r<sub>g</sub></i>
	<b>Badanych</b> ( <i>N</i> =30) <i>M (SD)</i>	<b>Kontrolna</b> ( <i>N</i> =30) <i>M (SD)</i>			
<b>Czas reakcji spójny bodziec</b>	949,59 (487,96)	873,66 (635,89)	-1,30	0,193	-
<b>Czas reakcji niespójny bodziec</b>	1084,86 (584,50)	783,06 (447,09)	-2,10	0,036	0,32

\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ ;

Źródło: opracowanie własne.

Wyniki uzyskane za pomocą testu U Manna-Whitneya, zaprezentowane w tabeli 33 wskazują na istotną różnicę pomiędzy dziećmi z ryzykiem dysleksji a dziećmi bez deficytów uczenia się w czasie reakcji, gdy wskazówki i bodźce były spójne dla zadania „Gaze Cues”. Dzieci z grupy badanych osiągnęły istotnie większe wyniki dla czasu reakcji, co oznacza, że wolniej reagowały od dzieci z grupy kontrolnej. W przypadku czasu reakcji, gdy te wskazówki były sprzeczne, nie wykazano istotnej różnicy między grupą badanych a kontrolną.

Analiza wysokości siły efektu badanego współczynnikiem korelacji dwuseryjnej Glassa wykazała w grupie badanej słaby wpływ zmiennej niezależnej na czas reakcji, gdy wskazówki i bodźce są spójne, będący w tej hipotezie zmienną zależną.

### 5.2.8. Statystyczna weryfikacja założeń hipotezy 8

Poniżej zaprezentowana jest statystyczna weryfikacja hipotezy 8, do jej analizy użyto testu parametrycznego, ze względu na zgodności zmiennej pamięć fonologiczna z rozkładem normalnym. Tak jak w przypadku pozostałych hipotez istotnościowych prezentowane średnie są średnimi arytmetycznymi, oddającymi realny poziom osiągniętych wyników przez badane dzieci.

**H<sub>0</sub>:** Nie istnieje istotna różnica między grupą kontrolną a grupą badanych w poziomie wyniku pamięci fonologicznej.

**H<sub>1</sub>:** Istnieje istotna różnica między grupą kontrolną a grupą badanych w poziomie wyniku pamięci fonologicznej.

**Tabela 34:** Grupa badana a pamięć fonologiczna – test t Studenta.

Zmienna	Grupa		<i>t</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
	Badanych ( <i>N</i> =30) <i>M (SD)</i>	Kontrolna ( <i>N</i> =30) <i>M (SD)</i>			
<b>Pamięć fonologiczna</b>	10,27 (4,06)	11,07 (3,68)	-0,80	0,427	-

\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ ;

Źródło: opracowanie własne.

Wyniki uzyskane za pomocą testu t Studenta, zaprezentowane w tabeli 34 wskazują na brak istotnej różnicy pomiędzy dziećmi z ryzykiem dysleksji a dziećmi bez deficytów uczenia się w poziomie pamięci fonologicznej.

Istnieją podstawy do odrzucenia założeń hipotezy 8.

### 5.2.9. Statystyczna weryfikacja założeń hipotezy 9

Poniżej zaprezentowana jest statystyczna weryfikacja hipotezy 9, do jej analizy użyto testu nieparametrycznego, ze względu na brak zgodności zmiennej pamięć wzrokowo przestrzenna z rozkładem normalnym. Jednakże zaprezentowane średnie nie są średnimi rangami, wyliczonymi standardowo w teście U, lecz średnimi arytmetycznymi, które obliczono za pomocą testu t Studenta, zabieg ten został wykonany dla realnego oddania poziomu osiągniętych wyników przez badane dzieci, na co nie pozwala średnia ranga.

**H<sub>0</sub>:** Nie istnieje istotna różnica między grupą kontrolną a grupą badanych w poziomie wyniku pamięci wzrokowo przestrzennej.

**H<sub>1</sub>:** Istnieje istotna różnica między grupą kontrolną a grupą badanych w poziomie wyniku pamięci wzrokowo przestrzennej.

**Tabela 35:** Grupa badana a pamięć wzrokowo przestrzenna – test U Manna-Whitneya.

Zmienna	Grupa		U Manna-Whitneya	p	r <sub>g</sub>
	Badanych (N=30) M (SD)	Kontrolna (N=30) M (SD)			
<b>Pamięć wzrokowo przestrzenna</b>	9,63 (3,27)	9,53 (3,17)	-0,43	0,671	-

\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ ;

Źródło: opracowanie własne.

Wyniki uzyskane za pomocą testu U Manna-Whitneya, zaprezentowane w tabeli 35 wskazują na brak istotnej różnicy pomiędzy dziećmi z ryzykiem dysleksji a dziećmi bez deficytów uczenia się w poziomie pamięci wzrokowo przestrzennej.

Istnieją podstawy do odrzucenia założeń hipotezy 9.

### 5.2.10. Statystyczna weryfikacja założeń hipotezy 10

Poniżej zaprezentowana jest statystyczna weryfikacja hipotezy 10, do jej analizy użyto testu nieparametrycznego, ze względu na brak zgodności zmiennej koordynacja wzrokowo ruchowa z rozkładem normalnym. Jednakże zaprezentowane średnie nie są średnimi rangami, wyliczonymi standardowo w teście U, lecz średnimi arytmetycznymi, które obliczono za pomocą testu t Studenta, zabieg ten został wykonany dla realnego oddania poziomu osiągniętych wyników przez badane dzieci, na co nie pozwala średnia ranga.

**H<sub>0</sub>:** Nie istnieje istotna różnica między grupą kontrolną a grupą badanych w poziomie koordynacji wzrokowo ruchowej.

**H<sub>1</sub>:** Istnieje istotna różnica między grupą kontrolną a grupą badanych w poziomie koordynacji wzrokowo ruchowej.

**Tabela 36:** Grupa badana a koordynacja wzrokowo ruchowa – test U Manna-Whitneya.

Zmienna	Grupa		U Manna-Whitneya	p	r <sub>g</sub>
	Badanych (N=30) M (SD)	Kontrolna (N=30) M (SD)			
<b>Koordynacja wzrokowo ruchowa</b>	9,00 (2,07)	8,97 (2,70)	-0,28	0,782	-

\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ ;

Źródło: opracowanie własne.

Wyniki uzyskane za pomocą testu U Manna-Whitneya, zaprezentowane w tabeli 36 wskazują na brak istotnej różnicy pomiędzy dziećmi z ryzykiem dysleksji a dziećmi bez deficytów uczenia się w poziomie koordynacji wzrokowo ruchowej.

Istnieją podstawy do odrzucenia założeń hipotezy 10.

## Rozdział 6. Dyskusja

Dzieci z dysleksją spędzają wiele lat w szkole zanim otrzymają odpowiednie wsparcie ukierunkowane na objawy zaburzenia i pomoc zawodową. Skuteczne metody badań przesiewowych, które można łatwo wdrożyć w placówkach szkolnych, są ważnymi instrumentami przeciwdziałania tej sytuacji i ułatwienia wcześniejszego wsparcia osobom zagrożonym długotrwałymi trudnościami z czytaniem. Nie jest jednak jasne czy dotychczas opracowane testy spełniają zamierzony cel. W świetle wyników badań tylko jedna z hipotez, dotyczących różnic w wymiarze czasu reakcji badanego za pomocą testu „Gaze Cues” została potwierdzona. Przypuszczono, że badana grupa powinna wykazać wyraźną różnicę w odniesieniu do grupy kontrolnej w poziomie natężenia analizowanej cechy. Opisanie przypuszczenie jest zgodne z wcześniejszymi badaniami oraz informacjami zawartymi w literaturze.

Analiza przeprowadzona w rozprawie nie była replikacją żadnego przeprowadzonego do tej pory badania. Procedura ma charakter innowacyjny. Została stworzona na potrzeby rozprawy w oparciu o analizę paradygmatu Posnera. Nie można jej bezpośrednio odnieść do żadnych udokumentowanych wyników. Otrzymane rezultaty wydają się jednak zrozumiałe w świetle przywołanych teoretycznych doniesień.

Po wielu latach debat na ten temat, w DSM 5 Amerykańskie Towarzystwo Psychiatryczne zmodyfikowało międzynarodowe kryteria diagnostyczne dla trudności w uczeniu się [95]. Istnieje kilka zasadniczych zmian w nowo proponowanych kryteriach diagnostycznych: eliminacja „kryterium rozbieżności”, odniesienie do „odpowiedzi na podejście interwencyjne” oraz nowy pogląd, według którego zaburzenia uczenia są postrzegane jako grupa zaburzeń neurorozwojowych [95]. Stosowanie terminu „dysleksja” jest obecnie sugerowane tylko w dziedzinie klinicznej, podczas gdy przyjęta terminologia brzmi: „Specyficzne zaburzenie uczenia się z upośledzeniem w określonej jednostce akademickiej”. „Specyficzne zaburzenie uczenia się” to pojedyncza nadrzędna kategoria obejmująca różne zaburzenia uczenia się. W przypadku zaburzeń czytania istnieje określenie, które zdolności związane z czytaniem są częściowo lub całkowicie naruszone (dokładność czytania słów, szybkość czytania lub dokładność i / lub czytanie ze zrozumieniem)[1].

Kryteriami diagnostycznymi, stosowanymi w przypadku określonych zaburzeń uczenia się są:

- trwałość objawów przez co najmniej 6 miesięcy, pomimo określonych interwencji,
- upośledzenie pojedynczych lub większej liczby zdolności z negatywnymi skutkami dla osiągnięć szkolnych,
- początek w wieku szkolnym, nawet jeśli zaburzenie mogło pojawić się później.

Ostatnie, ale nie mniej ważne, istnieją różne kryteria wykluczenia:

- pierwsze kryterium wykluczenia odnosi się do braku niepełnosprawności intelektualnej,
- drugie odnosi się do wykluczenia fragmentarycznej i nieodpowiedniej instrukcji,
- trzecie odnosi się do biegłości językowej używanej do nauczania szkolnego,
- czwarte odnosi się do braku problemów sensorycznych wystarczająco wysokich, by uzasadnić trudności w uczeniu się (problemy wzrokowe i słuchowe) [1,2,3].

Kluczowy problem polega jednak na tym, że istniejące testy są niedostateczne pod względem ich predykcyjnej trafności, co utrudnia ustalenie, jak użyteczne są w praktyce, gdy zostaną zastosowane do danej osoby. Dodatkowo do 10 roku życia mówimy o ryzyku dysleksji, co w świetle badań, dotyczących wczesnych form interwencji mówi nam o utracie kluczowego wsparcia edukacyjnego, mogącego w wyraźny sposób polepszyć funkcjonowanie dziecka w późniejszych etapach szkolnych i dorosłym życiu.

W badaniu zaprojektowanym na potrzeby rozprawy doktorskiej zbadano wykorzystanie śledzenia oczu podczas prostych zadań poznawczych, jako metody przesiewowej. Wykazałem, że test "Gaze Cues" może tworzyć prognozy śledzenia ruchu gałek ocznych na poziomie indywidualnym w czasie krótszym niż kwadrans. W przeciwieństwie do istniejących testów przesiewowych, które opierają się na protokołach papierowych i ołówkowych, metoda ta nie wymaga żadnej odpowiedzi pisemnej, werbalnej, ręcznej ani oceny w tradycyjnym znaczeniu tego słowa. Jediną odpowiedzią, jaką mierzymy, jest sygnał ruchu oka i czas reakcji, który sam w sobie jest obiektywny; nie jest on ani słuszny, ani zły, według niektórych wcześniej określonych kryteriów badania dysleksji. Co więcej, wydaje się prawdopodobne, że test przesiewowy oparty na śledzeniu wzroku może zmniejszyć stres, jaki narzucają bardziej tradycyjne metody badania, ponieważ dzieci mogą raczej doświadczyć, że sami angażują się w zadanie, niż wyraźnie wykonywać zadanie dla kogoś innego.

W oparciu o badania własne, wyniki pokazują, że śledzenie wzroku może być przydatne w badaniach przesiewowych dysleksji. Ważne jest, aby pamiętać, że to podejście nie jest oparte na założeniu, że dysleksja jest spowodowana wewnętrznym deficytem percepcji wzrokowej lub kontroli okulomotorycznej. Jest to ważny punkt, ponieważ historycznie takie deficyty są uważane za przyczynę dysleksji [13]. Jednak z biegiem lat wiele badań dowiodło, że dysleksja jest zaburzeniem językowym związanym z deficytem fonologicznym, który pogarsza zdolność do przetwarzania pisanych słów i utrudnia czytanie ze zrozumieniem [13]. Zgodnie z tym poglądem przyjmuję, że łatwość lub trudność przetwarzania obrazu ma zasadniczy, natychmiastowy wpływ na ruchy oczu podczas czytania. Długa linia badań w psychologii kognitywnej i psycholingwistyce pokazała, że tak właśnie jest [12]. Tak więc, chociaż nietypowe ruchy gałek ocznych w czytaniu są jedynie wtórną konsekwencją dysleksji, śledzenie oczu może być skutecznym sposobem oceny wymagań przetwarzania, których doświadczają badani podczas czytania, a co za tym idzie solidną podstawą do opracowania predykcyjnych i zautomatyzowanych modeli przydatnych do badań przesiewowych. Podobne podejście, oparte na śledzeniu ruchów gałek ocznych podczas swobodnego oglądania naturalnych obrazów i filmów, zostało niedawno opracowane i z powodzeniem zastosowane do odróżnienia pacjentów z chorobą Parkinsona, schizofrenią i zaburzeniami ze spektrum autyzmu od osób kontrolnych [16].

Wreszcie należy podkreślić, że nie wszystkie dzieci, które doświadczają uporczywych trudności w nauce czytania, pasują do tego samego profilu neuropsychologicznego. Stwierdza się na przykład, że istnieje znaczne nakładanie się objawów i wysoki wskaźnik współwystępowania dysleksji, zespołu nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi i zaburzeń językowych [76]. Ponadto powszechne jest również rozróżnianie różnych podtypów dysleksji (np. dysleksja fonologiczna). W związku z tym diagnostyczna kontrola pozytywnego wyniku badania przesiewowego jest zawsze konieczna, aby uzyskać pełniejsze zrozumienie profilu poznawczego danej osoby, tak, aby strategie interwencji można było dostosować do indywidualnych potrzeb. Niemniej jednak wczesna identyfikacja osób potrzebujących wsparcia jest pierwszym ważnym krokiem w tym procesie. W tym celu używanie śledzenia oczu podczas czytania może okazać się bardzo przydatne.

Obecnie jesteśmy w nowej fazie badań zaburzeń uczenia się, zgodnie ze zmianą kryteriów diagnostycznych i świadomości istnienia ogromnej różnorodności osób z zaburzeniami uczenia się (a także u tej samej osoby, w różnych fazach jego / jej życia). Badanie konkretnych zaburzeń uczenia się jest na zaawansowanym etapie, jednak jest więcej kroków do wykonania, głównie w opisie profili funkcjonalnych i badaniu podstawowych

objawów. Według niektórych autorów największe wyzwanie dla wspólnej definicji zaburzeń uczenia się nie zostało jeszcze osiągnięte [62,63], wciąż jest to kwestia otwarta. Ocena diagnostyczna jest ważnym krokiem, ale nie jedynym, na drodze do definicji wszelkiego rodzaju interwencji. Dane kliniczne i badawcze oraz nowe kryteria diagnostyczne, dotyczące trudności w uczeniu się podkreślają trzy różne ogniska uwagi w definicji wszelkiego rodzaju interwencji:

- konkretny etap w życiu jednostki,
- specyficzne podstawowe i wtórne instrumentalne zdolności akademickie,
- konkretne zaangażowane funkcje poznawcze i neuropsychologiczne.

Związek między tymi trzema ogniskami a konkretnymi strategiami (lub instrumentami) interwencji prawdopodobnie będzie przedmiotem zainteresowania w najbliższej przyszłości. Ponadto pojawia się pytanie: „czy nadal jest to nieoczekiwana trudność w nauce?”, jak zaproponował to Kirk w 1963 r. [9]? Idea „nieoczekiwanej trudności” zostaje zastąpiona przez wyniki badań na temat związku między różnymi zdolnościami skorelowanymi z zaburzeniami uczenia się, na temat chorób współistniejących z powodu samych zaburzeń uczenia się oraz innych problemów neurorozwojowych. Biorąc pod uwagę wszystkie te aspekty, zaburzenie uczenia się nie wydaje się już „niespodziewaną trudnością w nauce”. Można więc oczekiwać i przewidywać trudności w grupie uczniów i osób w różnych fazach życia i możliwe jest zaprojektowanie konkretnej interwencji w celu wsparcia ich w ścieżce nauki. Według Butterwortha i Kovasa [83] lepsze zrozumienie procesu odpowiedzialnego za zaburzenia uczenia się może zwiększyć poziom dobrostanu nie tylko pojedynczego ucznia, mającego trudności z nauką, ale również całej klasy [72].

Próba, na jakiej przeprowadzono badanie na potrzeby rozprawy doktorskiej, wyniosła 60 osób (30 grupa kontrolna, 30 grupa badanych), co w porównaniu do bardziej standardowych badań stanowi dosyć małą liczebność. Finalnie skutkować to może niską reprezentatywnością badanej próby, co do rzeczywistego rozkładu badanych cech w populacji. Co do przyjętego przedziału wiekowego należy stwierdzić, że udało się przebadać dzieci właśnie w okresie ryzyka dysleksji. Przebadano osoby w wieku od 7-10 lat. Największą grupę stanowiły dzieci w wieku 7 lat. Przytoczone dane, dotyczące opisu różnorodności wieku osób badanych również stanowią o specyficzności grupy. Ograniczeniem narzędzi jest metoda kalibracji urządzenia, co w przypadku dziecka, które powinno w trakcie badania utrzymywać stałą pozycję w celu odczytu danych przez



eyetrackera jest prawie niemożliwe. Dodatkowym problemem badania w przypadku próby analizy wieloczynnikowej i dodania wartości składowych poziomu inteligencji jest czas potrzebny do zrealizowania pojedynczej sesji, liczący średnio od 1-1.5 godziny na dziecko. O nowatorskości jednak stanowi użycie narzędzia IDS, które stanowi alternatywę do bardzo popularnego w badaniach z zakresu psychologii testu WAIS-R lub WISC-R w przypadku dzieci.

Przeprowadzone badania potwierdziły w sposób jednoznaczny tylko jedną z postawionych hipotez. Dowodzi ona, że im wyższy poziom pamięci wzrokowo przestrzennej dzieci z grupy badanych, tym wyższy jest ich poziom pamięci fonologicznej. Niejednoznacznie potwierdzono dwie hipotezy. Dowodzą one, że im wyższy był poziom pamięci wzrokowo przestrzennej dzieci z grupy badanych, tym niższy był ich poziom koordynacji wzrokowo ruchowej. Udowodniono również, że dzieci z grupy badanych osiągnęły wyższe wyniki dla czasu reakcji, co oznacza, że wolniej reagowały od dzieci z grupy kontrolnej w przypadku pojawiających się na ekranie wskazówek o charakterze spójnym. Są to wnioski, które udało się podeprzeć tezami wysuniętymi z badań naukowych. Dalszymi konsekwencjami przeprowadzonych analiz są wnioski, iż jest to obszar badania wart dalszej eksploracji. Wynikiem niezgodnym z przypuszczeniami oraz literaturą jest obserwacja mówiąca, że im wyższy poziom pamięci wzrokowo przestrzennej dzieci z grupy badanych tym niższy był ich poziom koordynacji wzrokowo ruchowej. Istnieje przypuszczenie, że gdyby badanie przeprowadzono na większej próbie, można by uzyskać więcej istotnych różnic oraz korelacji w przypadku badanych zmiennych. Wyjaśnienie opisanych nieścisłości również mogłoby zostać dokładniej przedstawione. Problematyka poruszana w niniejszej rozprawie pozostaje dla świata nauki obszarem dużego zainteresowania. Istotną wskazówką dla przyszłych badaczy może być informacja, dotycząca możliwości modyfikacji stworzonego na potrzeby badania testu według paradygmatu Posnera. Interesujące byłoby również wykorzystanie innych testów przy użyciu urządzenia do eyetrackingu, np. test słów leksykalnych lub zaadoptowanie na potrzeby urządzenia testu Łatysz, badającego dekodowanie wyrazów, nie odwołując się do ich znaczenia. W przyszłych badaniach istotne byłoby zadbanie o zwiększenie grupy badawczej oraz zróżnicowanie badań nie tylko na grupie dzieci, ale również dorosłych. Kolejne analizy w tym obszarze umożliwią dokładną charakterystykę problemu dysleksji i pozwolą zdefiniować jeszcze bardziej efektywne algorytmy oceny dzieci z grupy ryzyka dysleksją.

## **Rozdział 7. Wnioski**

### **Wniosek 1:**

Zauważono istotny związek w grupie badanych w przypadku korelacji między poziomem pamięci wzrokowo przestrzennej a poziomem pamięci fonologicznej. Oznacza to, że im wyższy poziom pamięci wzrokowo przestrzennej dzieci z grupy badanych, tym wyższy ich poziom pamięci fonologicznej. W przypadku dzieci z grupy kontrolnej, ich wyniki dla pamięci wzrokowo przestrzennej nie korelują z wynikami pamięci fonologicznej.

### **Wniosek 2:**

Zauważono istotną korelację w grupie z ryzykiem dysleksji w przypadku związku między poziomem pamięci wzrokowo przestrzennej a koordynacją wzrokowo ruchową. Im wyższy był poziom pamięci wzrokowo przestrzennej dzieci z grupy badanych, tym niższy był ich poziom koordynacji wzrokowo ruchowej. Badana korelacja występuje tylko u dzieci z grupy badanych. Jest to na tyle słaba korelacja, że nie przełożyła się na istotny wynik przy analizie całej grupy.

### **Wniosek 3:**

Zauważono istotną statystycznie różnicę w wynikach czasu reakcji między grupą badanych a grupą kontrolną badaną według testu „Gaze Cues”. Dalsza analiza wykazała, że dzieci z grupy badanych osiągnęły statystycznie istotne wyższe wyniki dla czasu reakcji, co oznacza, że wolniej reagowały od dzieci z grupy kontrolnej w przypadku pojawiających się na ekranie wskazówek o charakterze spójnym. Analiza w przypadku wskazówek niespójnych wykazała brak istotnych różnic między grupami.

### **Wniosek 4:**

W badanej próbie dzieci z grupy ryzyka dysleksji zauważono większe zróżnicowanie wyników oraz brak wysokich wartości osiągniętych ocen w testach według skali IDS w odniesieniu do grupy kontrolnej. Największe zróżnicowanie wyników zaobserwowano w teście, badającym koordynację wzrokowo ruchową i czas reakcji mierzony testem „Gaze Cues”.

### **Wniosek 5:**

Przygotowano algorytm postępowania badawczego przy użyciu testu „Gaze Cues” wykorzystującego paradygmat Posnera dla dzieci z trudnościami w czytaniu. Wymaga on większej ilości analiz oraz badań przeprowadzonych w odniesieniu do innych istotnych z punktu widzenia dysleksji zmiennych.

**Wniosek 6:**

W całej grupie badanych dzieci im dłuższy był ich czas reakcji, tym niższy był ich poziom pamięci fonologicznej.

**Wniosek 7:**

Nie zauważono istotnego związku w przypadku korelacji między poziomem pamięci wzrokowo przestrzennej a poziomem czasu reakcji badanego testem „Gaze Cues”. Nie zauważono również istotnego związku w przypadku korelacji między poziomem koordynacji wzrokowo ruchowej a pamięcią fonologiczną. Bez względu na ryzyko występowania dysleksji lub jego brak, wyniki dzieci w odniesieniu do poszczególnych zmiennych nie wykazują istotnego statystycznie związku.

## Streszczenie

Celem niniejszej pracy badawczej jest ocena wpływu umiejętności psychomotorycznych, pamięci fonologicznej oraz pamięci wzrokowo przestrzennej na ruchy gałek ocznych wśród dzieci z grupy ryzyka dysleksji. Badania w tym zakresie informują, iż istnieje bezpośredni wpływ funkcji poznawczych na umiejętności czytania w grupie będącej obiektem zainteresowań. Kolejnym celem jest stworzenie algorytmu postępowania badawczego przy użyciu urządzenia do eyetrackingu, za pomocą którego uzyska się możliwość obiektywnej oceny dzieci z grupy ryzyka dysleksji.

Nowatorskość podejścia badawczego, jakim jest zbadanie czasu reakcji i ruchów gałek ocznych za pomocą urządzenia do eyetrackingu, skłoniło autora do przeanalizowania specyficznego obszaru badawczego zagadnienia. Mnogość zebranych wyników pozwoliła na dokładną analizę problemu badawczego i wytłumaczenie poszczególnych rezultatów za pomocą licznych zmiennych.

Badanie zostało zrealizowane jako część projektu badawczego pod tytułem „Wyrównywanie szans – podnoszenie kompetencji dzieci z deficytami”, którego twórcami były: Fundacja Aktywności Lokalnej, Learn Up oraz Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu.

Przyjęto założenie, że koordynacja psychomotoryczna będzie wpływać na ruchy gałek ocznych wśród dzieci z grupy ryzyka dysleksji. Przebadano również grupę kontrolną, która miała potwierdzić badaczom uzyskane wyniki oraz wykazać istotną różnicę między poszczególnymi grupami. Mogłoby się okazać, że dzięki informacjom, dotyczącym ruchów gałek ocznych przeprowadzonym w teście na bazie paradygmatu Posnera, można diagnozować ryzyko pojawienia się dysleksji. Oznacza to, że metoda eyetrackingowa z sukcesem mogłaby zostać użyta do wykrywania wczesnych objawów dysleksji, a co za tym idzie szybkiego wdrożenia metod terapeutycznych.

Autor rozprawy doktorskiej postanowił odpowiedzieć na zadane pytania. Badanie zostało przeprowadzone na przełomie 2015 i 2016 r. Obejmowało dwie fazy: badanie za pomocą narzędzi IDS oraz badanie przy użyciu eyetrackera. Próba liczyła 60 osób, 30 dzieci z grupy ryzyka dysleksji oraz 30 dzieci zdrowych z grupy kontrolnej. Do przeprowadzenia badania przy użyciu eyetrackera użyto autorskiego zadania „Gaze Cues” opartego na paradygmacie Posnera. Test badał czas reakcji potrzebny na odpowiedzenie na bodziec wyświetlany na ekranie monitora oraz reakcję na bodziec spójny z poszukiwanym obiektem, jak i bodziec niespójny. Wykorzystano również baterię testów IDS w celu uzyskania

wyników poziomu pamięci fonologicznej, pamięci wzrokowo przestrzennej oraz koordynacji wzrokowo ruchowej, które stanowią informacje o umiejętnościach psychomotorycznych osób z grupy ryzyka dysleksji.

Na potrzeby badania sformułowano 10 par hipotez badawczych, w których zakładano korelację między konkretnymi zmiennymi oraz różnice grupowe, pojawiające się w obserwacji poszczególnych wyników. Główną ideą założeń opisywanych w hipotezach zerowych był wyraźny wpływ umiejętności psychomotorycznych na ruchy gałek ocznych badanych osób. Przeprowadzone badania potwierdziły w sposób jednoznaczny tylko jedną z postawionych hipotez. Dowodzi ona, że im wyższy poziom pamięci wzrokowo przestrzennej dzieci z grupy badanych, tym wyższy jest ich poziom pamięci fonologicznej. Niejednoznacznie potwierdzono dwie hipotezy. Dowodzą one, że im wyższy był poziom pamięci wzrokowo przestrzennej dzieci z grupy badanych, tym niższy był ich poziom koordynacji wzrokowo ruchowej. Udowodniono również, że dzieci z grupy badanych osiągnęły wyższe wyniki dla czasu reakcji, co oznacza, że wolniej reagowały od dzieci z grupy kontrolnej w przypadku pojawiających się na ekranie wskazówek o charakterze spójnym. Są to wnioski, które udało się podeprzeć tezami wysuniętymi z badań naukowych.

**Słowa kluczowe:**

Dysleksja, eyetracking, IDS, psychomotoryka, pamięć fonologiczna, psychologia

## Summary

The aim of this research work is to evaluate the impact of psychomotor skills, phonological memory and visuo-spatial memory on eye movements among children at risk of dyslexia. Research in this area informs that there is a direct impact of cognitive functions on the ability to read in a group of interest. Another goal is to create an algorithm of research procedure using an eyetracking device, which will allow the objective assessment of children at risk of dyslexia.

The novelty of the research approach, which is to examine the reaction time and eye movements using the eyetracking device, prompted the author to analyze the specific research area of the issue. A multitude of collected results allowed for a thorough analysis of the research problem and an explanation of individual results using numerous variables.

The research was carried out as part of a research project titled "Equal opportunities - raising the competences of children with deficits", whose creators were: Fundacja Aktywności Lokalnej, Learn Up and Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego in Poznań.

It was assumed that psychomotor coordination will affect eye movements among children at risk of dyslexia. A control group was also tested, which was to confirm the obtained results to the researchers and show a significant difference between the different groups. It could turn out that thanks to information on eye movements carried out in the Posner paradigm test, the risk of dyslexia can be diagnosed. This means that the eyetracking method could be successfully used to detect the early symptoms of dyslexia and, consequently, rapid implementation of therapeutic methods.

The author of the doctoral dissertation decided to answer the questions. The research was carried out at the turn of 2015. It included two phases: a test using IDS tools and an eyetracker test. The sample consisted of 60 people, 30 children with the risk of dyslexia and 30 healthy children from the control group. The Gaze Cues task based on the Posner paradigm was used to conduct the test using the eyetracker. The test examined the response time needed to respond to the stimulus displayed on the monitor screen and the response to a stimulus consistent with the object sought and an incoherent stimulus. The battery of IDS tests was also used to obtain the results of the level of phonological memory, visual and spatial memory as well as visual and motor coordination, which are information about psychomotor skills of persons at risk of dyslexia.

For the needs of the study, 10 pairs of research hypotheses were formulated in which a correlation between specific variables and a group difference appearing in the observation of

individual results were assumed. The main idea of the assumptions described in the null hypotheses was the clear influence of psychomotor skills on the eye movements of the subjects. The tests carried out unequivocally confirmed only one of the hypotheses. It proves that the higher the level of spatial and visual memory of children from the group of subjects, the higher is their level of phonological memory. Two hypotheses were unambiguously confirmed. They show that the higher the level of spatial and visual memory of children from the group of respondents, the lower was their level of visual and motor coordination. It was also proved that children from the group of respondents achieved higher results for the reaction time, which means that they were slower to react from children in the control group in the case of consistent indications on the screen. These are conclusions that have been supported by theses from scientific research.

**Keywords:**

Dyslexia, eyetracking, IDS, psychomotoric function, phonologic memory, psychology

## Bibliografia

- [1] Brejnak, W. (2003). *Dysleksja*. Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL.
- [2] Krasowicz-Kupis, G. (2009). *Diagnoza dysleksji: najważniejsze problemy*. Gdańsk: Wydawnictwo Harmonia.
- [3] Nilsson Benfatto, M., Öqvist Seimyr, G., Ygge, J., Pansell, T. (2016). *Screening for Dyslexia Using Eye Tracking during Reading*. PLoS One; 11(12).
- [4] Knoop-van Campen, C., Segers, E., Verhoeven, L. (2018). *How phonological awareness mediates the relation between working memory and word reading efficiency in children with dyslexia*. *Dyslexia*. 2018 Maj; 24(2):156–169.
- [5] Bogdanowicz, M. (2012). *Dysleksja w wieku dorosłym*. Gdańsk. Harmonia Universalis.
- [6] Reid, G. (2005) *Dysleksja*. Warszawa. K.E. Liber.
- [7] Brooks, P. (2014). *Encyclopedia of language development*. Nowy Jork. Wydawnictwo SAGE: 30-31.
- [8] Berkhan, O. (1917). *About word blindness, adyslalia of speech and writing, a weakness in reading*. *Neurologisches Centralblatt*. 36:14–27.
- [9] Bogdanowicz, M., Wojnarowska, A. (2013). *Symptomy ryzyka dysleksji. Blżej Przedszkola*. 1, 14-15.
- [10] Reid, G., Wearmouth, J. (2008) *Dysleksja: teoria i praktyka*. Gdańsk: Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne.
- [11] Selznick, R. (2015). *Dyslexia Screening: Essential Concepts for Schools & Parents*. Filadelfia. Wydawnictwo Book Baby.
- [12] Mather, N. (2011). *Essentials of Dyslexia Assessment and Intervention*. Wiley; 1 (1).
- [13] Berninger, W., Nielsen, H., Abbott, D. (2008). *Writing Problems in Developmental Dyslexia: Under-Recognized and Under-Treated*. *PMC School Psychology*. 46(1):1–21.
- [14] Handler, S., Fierson, W. (2011). *Learning disabilities: dyslexia and vision*. *Pediatrics*; 127(3):18–56.
- [15] Rudzińska-Rogoży, A. (2014) *Wspomaganie rozwoju dziecka z ryzyka dysleksji*. Kraków. Wydawnictwo Impuls.
- [16] Molfese, D., Molnar, A., Beswick, J. (2010). *Concise Encyclopedia of Brain and Language*. Holandia. Wydawnictwo Elsevier. 79–84.
- [17] Brandler, W., Paracchini, S. (2014). *The genetic relationship between handedness and neurodevelopmental disorders*. *Trendy w medycynie molekularnej*. 20(2):83–90.



- [18] Cain, K. (2010). *Reading development and difficulties*. Oxford. Wydawnictwo Blackwell. 134-135.
- [19] Nicolson, R., Fawcett, A. (2007). *Procedural learning difficulties: reuniting the developmental disorders*. *Trendy w neuronauce*. 30 (4):35–41.
- [20] Dalby, J. (1986). *An ultimate view of reading ability*. *Międzynarodowy dziennik neuronauki*. 30 (3): 27–30.
- [21] Ramus, F., Pidgeon, F., Frith, U. (2003). *The relationship between motor control and phonology in dyslexic children*. *Dziennik dziecięcej psychologii i psychiatrii*. 44 (5):712–722.
- [22] Sperling, A., Manis, F., Seidenberg, M. (2005). *Deficits in perceptual noise exclusion in developmental dyslexia*. *Nature - Neuronauka*. 8 (7):2–3.
- [23] Ramus, F., Rosen, S., Dakin, D. (2003). *Theories of developmental dyslexia: insights from a multiple case study of dyslexic adults*. *Mózg*. 126 (4):41–65.
- [24] Woollams, A. (2013). *Connectionist neuropsychology: uncovering ultimate causes of acquired dyslexia*. *Londyn. Nauki biologiczne*. 369-370.
- [25] Fletcher, J. (2009). *Dyslexia: The evolution of a scientific concept*. *Międzynarodowy dziennik społeczności neuropsychologicznej*. 15 (4):1–8.
- [26] Comer Ronald, R. (2011). *Psychology Around Us*. Chicago. Wydawnictwo Donnelley. 232-233.
- [27] Ellis, A., Young, A. (2013). *Human Cognitive Neuropsychology*. Londyn. Wydawnictwo Psychology Press.
- [28] Lipowska, M. (2011). *Dysleksja i ADHD: współwystępujące zaburzenia rozwoju : neuropsychologiczna analiza deficytów pamięci*. Warszawa. Wydawnictwo Naukowe Scholar.
- [29] Bogon, J., Finke, K., Stenneken, P. (2014). *TVA-based assessment of visual attentional functions in developmental dyslexia*. *Granice psychologii*. 5:11-12.
- [30] Cieślińska, J. (2015). *Trudności emocjonalne dzieci dyslektycznych - metody wsparcia*. *Życie Szkoły*. 10(6):26-29.
- [31] Rudzińska-Rogoży, A. (2011). *Wspomaganie rozwoju dziecka z ryzyka dysleksji*. Kraków. Oficyna Wydawnicza "Impuls".
- [32] Henry, M. (1998). *Structured, sequential, multisensory teaching: the Orton legacy*. *Annaty Dysleksji*. 48:3–26.
- [33] Lyytinen, H., Erskine, J., Richardson, U. (2007). *Reading and reading disorders*. Oxford. Wydawnictwo Blackwell. 454–474.

- [34] Bachmann, Ch., Mengheri, L. (2018). *Dyslexia and Fonts: Is a Specific Font Useful?* *Nauki o mózgu*. 8(5): 89.
- [35] Birsh, J. (2005). *Research and reading disability*. Baltimore. Wydawnictwo Brookes. 16-17.
- [36] Dahms, J. (2006). *Spelling Out Dyslexia*. *Northwest Science & Technology*. 7(0):363.
- [37] Levinson, J., Stricker, G., Levinson, H. (2003). *The Effect of Treatment of Dyslexic Children on Self-Esteem and Behavior*. *Terapia akademicka cykl publikacji*. 12(1):5-27.
- [38] Jones, M., Obregón, M., Kelly, M., Branigan, H. (2008). *Elucidating the component processes involved in dyslexic and non-dyslexic reading fluency*. Rotterdam. Wydawnictwo Elsevier.
- [39] Huey, E. (1968). *The Psychology and Pedagogy of Reading*. Cambridge. Wydawnictwo MIT.
- [40] Carpenter, R. (1988). *Movements of the Eyes*. Londyn. Wydawnictwo Pion.
- [41] Seidenberg, M. (2013). *The Science of Reading and Its Educational Implications*. *Language Learning Development*. 9(4):331–360.
- [42] Duchowski, A. (2007). *Eye tracking methodology*. Londyn. Wydawnictwo Springer.
- [43] Holmqvist, K., Nyström, M., Andersson, R., Dewhurst, R. (2011). *Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures*. Oxford. University Press.
- [44] Witzner, H., Qiang, J. (2010). *In the Eye of the Beholder: A Survey of Models for Eyes and Gaze*. *Transakcje IEEE o analizie wzorców i inteligencji maszynowej*. 32 (3):478–500.
- [45] Wittenstein, J. (2006). *EyeTracking sees gold in its technology*. San Diego - The Daily Transcript. 3(4).
- [46] Andersen, R., Bracewell, R., Barash, S., Gnadt, J. (1990). *Eye position effects on visual, memory, and saccade-related activity*. *Dziennik neuronauk*. 10 (4):1176–1196.
- [47] Lai, M., Tsai, M., Yang, F., Hsu, C. (2013). *A review of using eye-tracking technology in exploring learning from 2000 to 2012*. Rotterdam. Wydawnictwo Elsevier.
- [48] Rashbass, C. (1961). *The relationship between saccadic and smooth tracking eye movements*. *The Journal of Physiology*. 159(2):326–338.
- [49] Reder, S. (1973). *On-line monitoring of eye-position signals in contingent and noncontingent paradigms*. Londyn. Wydawnictwo Springer.
- [50] Boraston, Z., Blakemore, S. (2007). *The application of eye-tracking technology in the study of autism*. *The Journal of physiology*. 15(586):685-6.
- [51] Elterman, R., Abel, A., Daroff, R., Bornstein, J. (1980). *Eye movement patterns in dyslexic children*. *Dziennik niepełnosprawności intelektualnej*. 13:16–21.

- [52] Hopp, J., Fuchs, A. (2004). *The characteristics and neuronal substrate of saccadic eye movement plasticity*. *Progress in Neurobiology*. 72(1):27–53.
- [53] Rommelse, N., Stigchel, S., Joseph, A. (2008). *A review on eye movement studies in childhood and adolescent psychiatry*. *Mózg i poznanie*. 68(3):391–414.
- [54] Fischer, B., Boch, R. (1983). *Saccadic eye movements after extremely short reaction times in the monkey*. *Badania mózgu*. 260(1):1–6.
- [55] Ibbotson, M., Crowder, N., Cloherty, S., Price, N. (2008). *Saccadic Modulation of Neural Responses: Possible Roles in Saccadic Suppression, Enhancement, and Time Compression*. *Dziennik neuronauk*. 28(43):52–60.
- [56] Bridgeman, B., Hendry, D., Stark, L. (1975). *Failure to detect displacement of the visual world during saccadic eye movements*. Rotterdam. Wydawnictwo Elsevier.
- [57] Najemnik, J. (2005). *Optimal eye movement strategies in visual search*. *Nature*. 434(7031):87-91.
- [58] Prado, C., Dubois, M., Valdois, S. (2007). *The eye movements of dyslexic children during reading and visual search: impact of the visual attention span*. Rotterdam. Wydawnictwo Elsevier.
- [59] Ann Evans, M., Saint-Aubin, J. (2005). *What children are looking at during shared storybook reading: Evidence from eye movement monitoring*. *Nauki psychologiczne*. 16(11):13-20.
- [60] Reichle, E., Pollatsek, A., Rayner, K. (2006). *A cognitive-control, serial-attention model of eye-movement behavior during reading*. *Cognitive Systems Research*. 7(1):4-22.
- [61] Helmholtz, H. (1867). *Handbuch der physiologischen Optik*. Leipzig. Wydawnictwo Leopolda Vossa.
- [62] Kaakinen, J., Hyönä, J. (2007). *Perspective effects in repeated reading: An eye movement study*. Londyn. Wydawnictwo Springer.
- [63] Clifton, C., Staub, A., Rayner, K. (2007). *Eye movements in reading words and sentences*. Rotterdam. Wydawnictwo Elsevier.
- [64] Straube, A., Büttner, U. (2007). *Neuro-ophthalmology: Neuronal Control of Eye Movements*. Szwajcaria. Wydawnictwo Karger.
- [65] Rose, D., Djukic, A., Jankowski, J. (2013). *Rett syndrome: an eye-tracking study of attention and recognition memory*. *Developmental medicine & child neurology*. 55(4):64-71.
- [66] Tien, T., Pucher, P., Sodergren, M. (2014). *Eye tracking for skills assessment and training*. *Journal of Surgical Research*. 191(1):69-78.

- [67] Parvaresh, N., Ziaaddini, H., Kheradmand, A., Bayati, H. (2010). *Attention Deficit Hyperactivity Disorder and Conduct Disorder in Children of Drug Dependent Parents*. *Addict Health*. 2(4):89–94.
- [68] Hales, G. (2003). *Dyslexia Matters*. Londyn. Whurr Publishers. 3-150.
- [69] Cope, N., Harold, D., Hill, G., Moskvina, V. (2005). *Strong evidence that KIAA0319 on chromosome 6p is a susceptibility gene for developmental dyslexia*. *American Journal of Human Genetics*. 76(4):81-91.
- [70] Lovegrove, W. (2017). *Visual deficits in dyslexia: Evidence and implications*. Abingdon. Wydawnictwo Taylor & Francis.
- [71] Kallus, K., Schmitt, J., Benton, D. (2005). *Attention, psychomotor functions and age*. *European Journal of Nutrition*. 44(8):465-84.
- [72] Bucci, M., Brémond-Gignac, D., Kapoula, Z. (2008). *Poor binocular coordination of saccades in dyslexic children*. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*. 246(3):417-28.
- [73] Kirby, A., Sugden, D., Beveridge, S. (2008). *Developmental co-ordination disorder in adolescents and adults in further and higher education*. *Journal of Research in Special Educational Needs*. 8(3):118–119.
- [74] Harezlak, K., Kasproski, P. (2017). *Application of eye tracking in medicine*. *Journal of Computerized Medical Imaging and Graphics*. 4(65):176-190.
- [75] Patterson, K., Marshall, J., Colheart, M. (2017). *Surface dyslexia: Neuropsychological and cognitive studies of phonological reading*. Abingdon. Wydawnictwo Taylor & Francis.
- [76] Germano, E., Gagliano, A., Curatolo, P. (2010). *Comorbidity of ADHD and dyslexia*. Abingdon. Wydawnictwo Taylor & Francis.
- [77] Stoodley, C., Stein, J. (2011). *The cerebellum and dyslexia*. *Cortex*. 47(1):101-16.
- [78] Stoodley, C., Stein, J. (2013). *Cerebellar function in developmental dyslexia*. *Cerebellum*. 12(2):267-76.
- [79] Nicolson, R., Fawcett, A. (2005). *Developmental dyslexia, learning and the cerebellum*. *Journal of Neural Transmission*. (69):19-36.
- [80] Stoodley, C., Harrison, E., Stein, J. (2006). *Implicit motor learning deficits in dyslexic adults*. *Neuropsychologia*. 44(5):795-8.
- [81] Bosse, M., Tainturier, M., Valdois, S. (2007). *Developmental dyslexia: The visual attention span deficit hypothesis*. *Cognition*. 104(2):198-230.

- [82] Bacon, A., Handley, S. (2014). *Reasoning and dyslexia: is visual memory a compensatory resource?* *Dyslexia an international journal of research and practice*. 20(4):330-345.
- [83] Rayner, K. (2012). *Eye movements and visual cognition: Scene perception and reading*. Nowy Jork. Wydawnictwo Springer.
- [84] Gathercole, S., Baddeley, A. (2014). *Working memory and language*. Abingdon. Wydawnictwo Taylor & Francis.
- [85] Ramus, F., Szenkovits, G. (2008). *What phonological deficit?* *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 61(1):129-41.
- [86] Thomson, J., Richardson, U., Goswami, U. (2005). *Phonological similarity neighborhoods and children's short-term memory: Typical development and dyslexia*. *Memory & Cognition*. 33 (7), 1210-1219.
- [87] Menghini, D., Carlesimo, G., Marotta, L. (2010). *Developmental dyslexia and explicit long-term memory*. *Dyslexia*. 16(3):13-25.
- [88] Bosse, M., Tainturier, M., Valdois, S. (2007). *Developmental dyslexia: The visual attention span deficit hypothesis*. *Cognition*. 104(2):198-230.
- [89] Frith, U. (2017). *Surface dyslexia - beneath the surface of developmental dyslexia*. Abingdon. Wydawnictwo Taylor & Francis. 301-330.
- [90] Gathercole, S., Baddeley, A. (1990). *Phonological memory deficits in language disordered children: Is there a causal connection?* *Journal of Memory and Language*. 29(3):336-360.
- [91] Beaton, A. (2004). *Dyslexia, Reading and the Brain - Sourcebook of Psychological and Biological Research*. Londyn. Psychology Press.
- [92] Rombough, A., Iarocci, G. (2013). *Orienting in Response to Gaze and the Social Use of Gaze among Children with Autism Spectrum Disorder*. *Journal of Autism and Developmental Disorders*. 43(7):1584–1596.
- [93] Jaworska, A., Matczak, A., Ferenc, D. (2012). *Skale inteligencji i rozwoju dla dzieci w wieku 5-10 lat*. Warszawa. Pracownia testów psychologicznych polskiego towarzystwa psychologicznego.
- [94] Saitovitch, A., Bargiacchi, A., Chabane, N., Phillipe, A. (2013). *Studying gaze abnormalities in autism: Which type of stimulus to use?* *Open Journal of Psychiatry*. 3(2):32-38.
- [95] American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (5 edycja)*. Arlington. American Psychiatric Publishing.

## Rozdział 8. Załączniki

### Algorytm badania eyetrackerem

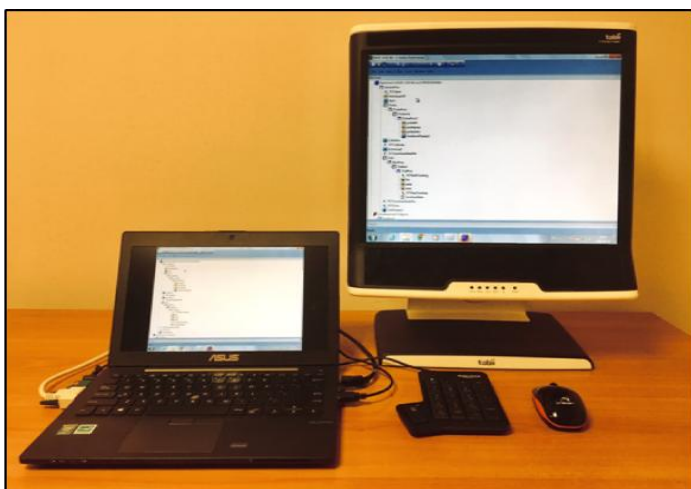
Na potrzeby badania stworzono test „Gaze Cues”, mający służyć jako narzędzie wykorzystywane w ramach postępowania z dziećmi z grupy ryzyka dysleksją. Wskazaniami do wykonania analizy są:

- niska waga urodzeniowa (<1500g),
- wcześniactwo,
- historia rodzinna (inne przypadki osób chorych na dysleksję w rodzinie),
- opóźnienie wczesnej mowy (w wieku między 3 a 4 rokiem życia).

Test może zostać wykorzystany jako badanie przesiewowe, uzupełniające informacje dla takich wystandaryzowanych analiz, jak:

- czytanie słów, pseudowyrazów,
- czytanie ze zrozumieniem,
- pisownia,
- arytmetyka.

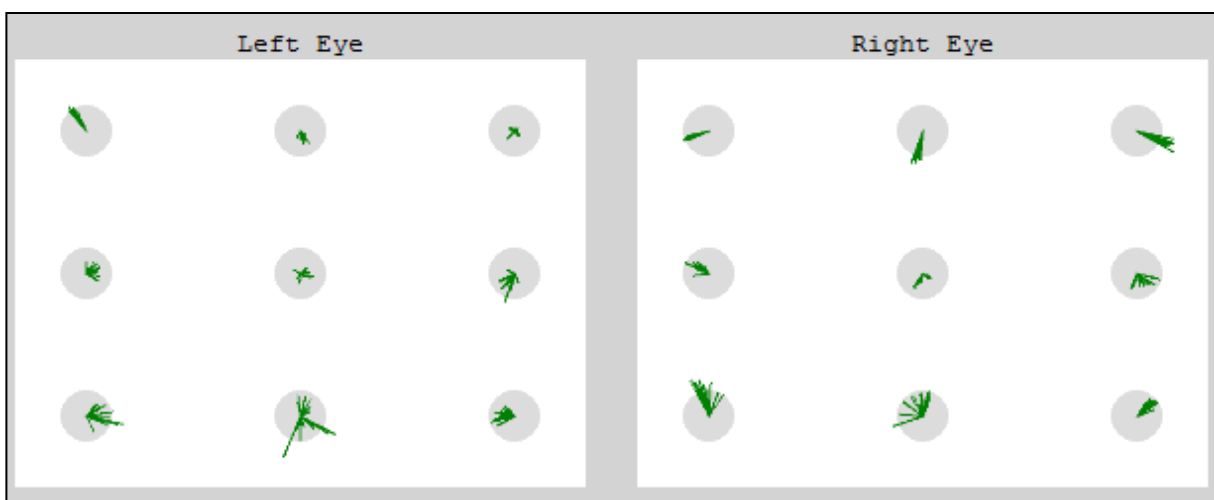
Urządzenie wykorzystane do badania to eyetracker marki Tobii T60/T120 z oprogramowaniem Tobii. Za jego pomocą badano ruchy oka dzieci podczas poszukiwania wizualnego oraz wpływ wizualnego utrzymywania uwagi na obiekcie. Stanowisko badań (Rysunek 7) składało się z komputera z dostępem do Internetu, klawiatury numerycznej, myszki oraz urządzenia do eyetrackingu.



**Rysunek 7:** Stanowisko badań.  
Źródło: Zdjęcie własne.

W celu stworzenia testu oparto się na analizie skupienia wzroku na obiekcie podczas zadań, polegających na dokonaniu reakcji na bodziec, pojawiający się na ekranie monitora. Zadanie jest oparte na paradygmacie Posnera, który jest testem neuropsychologicznym, często używanym do oceny uwagi. Opracowane przez Michaela Posnera [92] zadanie ocenia zdolność osoby do wykonania przesunięcia uwagi.

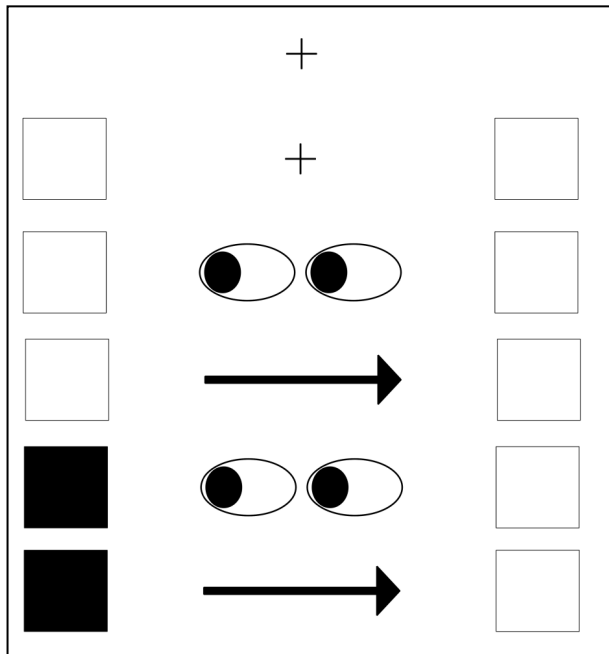
Badani mieli za zadanie wcisnąć przycisk klawiatury numerycznej (cyfra 1 obiekt pojawia się po lewej stronie, cyfra 3 obiekt pojawia się po prawej stronie) podczas ekspozycji na 60 slajdów. Na początku na ekranie eyetrackera pojawia się instrukcja w formie grafiki, która prezentuje wskazówki oraz obiekty, które mogą pojawić się podczas badania. Eksperymentator tłumaczy, że należy skupić wzrok na krzyżyku znajdującym się pośrodku ekranu. Podczas badania pojawią się wskazówki, po których nastąpi ekspozycja na bodziec w formie czarnego kwadratu, wypełniającego wolne pole, znajdujące się po lewej lub prawej stronie. W momencie pojawienia się obiektu należy wcisnąć odpowiedni klawisz, korespondujący do miejsca, w którym osoba badana zauważy kwadrat. Niektóre wskazówki będą naprowadzać na miejsce pojawienia się kwadratu, inne wręcz przeciwnie. Badanie poprzedza krótki test składający się z 9 slajdów, wyniki nie są rejestrowane. Następnie następuje kalibracja eyetrackera (Rysunek 8).



**Rysunek 8:** Kalibracja urządzenia do eyetrackingu  
Źródło: Dane programu E-Prime.

Jeśli proces dostrajania urządzenia przebiegnie pomyślnie, rozpoczyna się właściwe badanie, które składa się z 60 slajdów. Na każdym slajdzie zaprezentowane są inne bodźce (Rysunek 9). Po każdym zadaniu osoba badana otrzymuje informację zwrotną, mówiącą

o poprawności wciśnięcia klawisza oraz czasie, jaki potrzebowała na dokonanie reakcji. Zadanie przeznaczone jest dla każdej grupy wiekowej.



**Rysunek 9:** Przykładowe bodźce z zadania Gaze Cues.  
Źródło: Opracowanie własne na potrzeby badania eyetrackerem.

Wyniki uzyskane w badaniu dotyczą czasu reakcji na 60 zaprezentowanych bodźców oraz poprawności dokonanych decyzji w przypadku pojawienia się poszczególnych zadań. Przykładową tablicę wyników generowaną za pomocą E-Prime prezentuje rysunek numer 10.

de	ProbaList.Sample	probaprep	probastim	Procedure[Trial]	Running[Trial]	spojnosc	stim	stim.ACC	stim.CRESP	stim
	NULL	NULL	NULL	TrialProc	TrialList	spojny	oko2s	1	3	1
	NULL	NULL	NULL	TrialProc	TrialList	spojny	oko2L	1	1	0
	NULL	NULL	NULL	TrialProc	TrialList	sprzeczny	oko2z	1	3	0
	NULL	NULL	NULL	TrialProc	TrialList	sprzeczny	strz2z	1	3	0
	NULL	NULL	NULL	TrialProc	TrialList	spojny	strz2	1	3	0
	NULL	NULL	NULL	TrialProc	TrialList	spojny	oko2s	1	1	0
	NULL	NULL	NULL	TrialProc	TrialList	spojny	oko2P	1	3	0
	NULL	NULL	NULL	TrialProc	TrialList	spojny	strz2L	1	1	0
	NULL	NULL	NULL	TrialProc	TrialList	spojny	oko2P	1	3	0
	NULL	NULL	NULL	TrialProc	TrialList	sprzeczny	oko2z	1	3	0
	NULL	NULL	NULL	TrialProc	TrialList	spojny	strz2L	1	1	0
	NULL	NULL	NULL	TrialProc	TrialList	sprzeczny	oko2z	1	1	0
	NULL	NULL	NULL	TrialProc	TrialList	spojny	oko2P	1	3	0
	NULL	NULL	NULL	TrialProc	TrialList	spojny	fix2sP	1	3	0
	NULL	NULL	NULL	TrialProc	TrialList	spojny	strz2	1	3	0
	NULL	NULL	NULL	TrialProc	TrialList	spojny	fix2sL	1	1	0

**Rysunek 10:** Tablica wyników eyetrackera.  
Źródło: Dane programu E-Prime, .



## **Formularz informacji dla pacjenta/ochotnika**

### **Informacja dla Pacjenta**

#### ***Szanowna Pani / Szanowny Panie***

Poproszono Pani/Pana dziecko o udział w badaniu klinicznym. Przed wyrażeniem zgody na udział należy zapoznać się z niniejszym formularzem i upewnić się, że informacje w nim zawarte są zrozumiałe. Jeśli zechce Pani/Pan wziąć udział w badaniu, zostanie Pani/Pan poproszona/y o podpisanie niniejszego formularza, a następnie otrzyma Pani/Pan jego kopię. Jeśli odmówi Pani/Pan wzięcia udziału w badaniu, Pani/ Pana decyzja nie będzie miała wpływu na Pani/Pana dalszą opiekę. Niniejsza informacja dla Pacjenta oraz Formularz Świadomej Zgody, jak również samo badanie zostały pozytywnie zaopiniowane przez Komisję Bioetyczną Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu. Nie otrzyma Pani/Pan żadnego wynagrodzenia za udział w omawianym badaniu.

#### ***Jaki jest cel badania klinicznego***

Celem powyższego badania jest analiza związku koordynacji psychomotorycznej na ruchy oka w trakcie poszukiwania wizualnego u dzieci z grupy ryzyka dysleksji

#### ***Dlaczego poproszono mnie o udział w badaniu.***

Poproszono Panią/Pana o udział w niniejszym badaniu, gdyż Pani/Pana dziecko znajduje się w grupie ryzyka dysleksji.

#### ***Czy muszę uczestniczyć w badaniu?***

Decyzja o ewentualnym uczestnictwie w badaniu należy wyłącznie do Pani/Pana. Omówimy z Panią/Panem niniejsze badanie. Zostanie Pani/Pan poproszona/y o podpisanie formularza zgody na udział w badaniu. Może Pani/Pan w dowolnym momencie wycofać się z badania bez podawania przyczyny. Ta decyzja nie będzie miała wpływu na jakość otrzymywanej przez Panią/Pana opieki.

### ***Na czym polega udział w badaniu klinicznym?***

Badanie polega na ocenie Pani/Pana stanu zdrowia przed i po leczeniu zachowawczym.

- Ocena stanu zdrowia będzie oparta na:
  - analizie kwestionariuszy i skal, które Pani/Pana dziecko wypełni wspólnie z osobą badacza
  - zebraniu z Panią/ Panem wywiadu z na temat czynników środowiskowych, mogących mieć wpływ na zaklasyfikowanie dziecka do grupy ryzyka dysleksji.
  - badania za pomocą urządzenia do eyetrackingu, które polegać będzie na wykonaniu serii zadań, polegających na śledzeniu wzrokiem obrazu pojawiającego się na ekranie monitora oraz przeczytaniu tekstu, a następnie jego odtworzeniu.

Zebrane dane po anonimizacji zostaną poddane analizie statystycznej. W przypadku konieczności powtórzenia badania, może Pani/Pan zostać poproszony o powtórne wypełnienie kwestionariuszy. Jest także możliwe, że w przyszłości może zaistnieć konieczność zebrania dodatkowych danych z Pani/Pana dokumentacji medycznej w celu określenia właściwego kontekstu medycznego dla już zgromadzonych w tym badaniu danych.

### ***Jakie jest ryzyko udziału w badaniu***

Ryzyko udziału w badaniu jest znikome i jest równoznaczne z okresem ekspozycji dziecka na obraz ekranu monitora służącego do badania.

### ***Ochrona danych osobowych***

Dane osobowe zebrane w czasie tego badania będą traktowane zgodnie z obowiązującą Ustawą o Ochronie Danych Osobowych z dnia 29 sierpnia 1997 r. o ochronie danych osobowych. Dz.U. 1997 nr 133 poz. 883 z późniejszymi zmianami).

Będzie Pani/Pan oraz Pani/Pana dziecko identyfikowane/y jedynie przez unikalny numer kodowy. Informacja o kodzie będzie przechowywana w bezpiecznym miejscu dostępna jedynie dla personelu badawczego.

Przysługujące Pani/Panu prawa to:

- ocena i korekta Pani/Pana danych osobowych,
- uzyskanie kopii gromadzonych danych osobowych dotyczących Pani/Pana osoby,
- odmówienie zgody na przetwarzanie Pani/Pana danych osobowych.

Może Pani/Pan w każdej chwili wycofać zgodę na gromadzenie danych, wysyłając pisemną informację osobie prowadzącej badanie na adres podany poniżej. W razie konieczności uzyskania dodatkowych informacji proszę o kontakt.

Bartosz Grobelny

Telefon: 792880947

e-mail: bart.grobelny@gmail.com

### **Formularz świadomej zgody pacjent**

- Potwierdzam, że udzielono mi wyjaśnień na temat badania klinicznego oraz że zapoznałem/am się z informacją dla Pacjenta i miałem/am możliwość zadawania pytań dotyczących badania.
- Zdaję sobie sprawę z zagrożeń, jakie mogą się wiązać z udziałem w badaniu.
- Rozumiem, że mój udział jest dobrowolny oraz że mogę się wycofać z udziału w badaniu w każdym czasie bez konieczności podawania powodu i nie będzie miało to wpływu na moją opiekę medyczną ani przysługujące mi prawa.
- Rozumiem, że mam możliwość wycofania mojej zgody bez konieczności podawania powodu oraz żądać zniszczenia wcześniej zebranych, możliwych do zidentyfikowania próbek w celu zapobieżenia prowadzeniu na nich dalszych badań, zgodnie z przepisami prawa.
- Rozumiem, że w wyniku wycofania mojej zgody na udział w badaniu, nie będą zbierane żadne dotyczące mnie nowe informacje/dane oraz dodawane do istniejących już baz danych. Niemniej jednak informacje/dane wcześniej zebrane będą nadal wykorzystywane jako część bazy danych.
- Mam prawo do zachowania prywatności. Wyrażam zgodę na wykorzystanie i przetwarzanie tych moich danych osobowych, które są konieczne do prowadzenia badania w zakresie dozwolonym przez obowiązujące prawo.

- Wyrażam zgodę na zbieranie, przetwarzanie, przesyłanie i przechowywanie moich danych osobowych dla celów tego badania w sposób opisany w informacji
- Składając poniższy podpis, wyrażam zgodę na udział w powyższym badaniu.
- Poinformowano mnie, że otrzymam podpisany i opatrzony datą egzemplarz niniejszego formularza zgody.

Jestem przedstawicielem ustawowym (rodzicem/opiekunem prawnym) małoletniego ..... (imie i nazwisko), zwanego dalej „Małoletnim”.

Zostałem poinformowany przez ..... (imię i nazwisko badacza) o planowanym badaniu naukowym ..... (tytuł badania), w którym ma wziąć udział Małoletni, w szczególności o jego założeniach, celach, przebiegu i sposobie przeprowadzania oraz o przewidywanych korzyściach i ryzyku związanym z udziałem w tym badaniu, a także że otrzymałem, przeczytałem i zrozumiałem pisemną informację dla przedstawiciela ustawowego małoletniego uczestnika tego badania.

- Otrzymałem zadowolające odpowiedzi na wszystkie zadane przeze mnie pytania i rozumiem wszystkie przekazane mi informacje dotyczące tego badania naukowego.
- Zostałem poinformowany, że udział Małoletniego w badaniu naukowym jest absolutnie dobrowolny
- Zostałem poinformowany, że mogę wycofać zgodę na udział Małoletniego w badaniu naukowym w dowolnym momencie bez podania przyczyn, a moja decyzja nie pociągnie za sobą żadnych kar ani utraty praw, które przysługują Małoletniemu z innych tytułów, w szczególności prawa do opieki zdrowotnej.
- Zostałem poinformowany, że jeśli w trakcie trwania badania naukowego będę miał jakieś pytania lub wątpliwości, mogę się z nimi zwracać do osób wskazanych w Informacji.

#### **[Wariant dla rodzica]**

Przedyskutowałem kwestię udziału Małoletniego w tym badaniu naukowym z drugim rodzicem ..... (imię i nazwisko), będącym przedstawicielem ustawowym Małoletniego, i wspólnie podjęliśmy decyzję o udzieleniu zgody na udział Małoletniego w tym badaniu naukowym.

**[Wariant dla opiekuna]**

Ponieważ zostałem poinformowany, że udział w tym badaniu wiąże się dla Małoletniego z ryzykiem większym niż minimalne, uzyskałem zezwolenie sądu opiekuńczego na udzielenie zgody na udział Małoletniego w tym badaniu.

- Dobrowolnie wyrażam zgodę na udział Małoletniego w badaniu naukowym.
- Wyrażam zgodę na przetwarzanie danych osobowych związanych z udziałem Małoletniego w niniejszym badaniu przez kierownika badania i inne osoby lub podmioty przeprowadzające to badanie w zakresie wskazanym w informacji dla przedstawiciela ustawowego, zgodnie z ustawą z dnia 29 sierpnia 1997 r. o ochronie danych osobowych.

Imię i nazwisko przedstawiciela ustawowego (drukowanymi literami):

.....

Imię i nazwisko osoby odbierającej zgodę (drukowanymi literami):

.....

Podpis przedstawiciela ustawowego .....

Podpis osoby odbierającej zgodę .....

**Dane opiekuna**

Imię	Nazwisko	Pesel
------	----------	-------

**Dane dziecka**

Imię	Nazwisko
------	----------

**Data badania**

Data	Miejsce
------	---------

**Kontakt**

Adres	nr tel.
-------	---------

.....

Podpis Pacjenta

.....

Podpis Badacza

## Zgoda komisji bioetycznej



UNIwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

Komisja Bioetyczna przy Uniwersytecie Medycznym  
im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

Collegium Maius  
ul. Fredry 10  
61-701 Poznań

tel. (+48 61) 854 62 51  
fax. (+48 61) 854 61 07  
www.bioetyka.ump.edu.pl

### Uchwała nr 400/17

Na podstawie przepisów Ustawy z dnia 5 grudnia 1996 r. o zawodach lekarzy i lekarzy dentysty (Dz. U. 2011, Nr 277, poz. 1634 z późn. zm.); Rozporządzenia Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 11 maja 1999r. w sprawie szczegółowych zasad powoływania i finansowania oraz trybu działania komisji bioetycznych (Dz. U. Nr 47, poz. 480); Ustawy z dnia 6 września 2001r. Prawo farmaceutyczne (Dz. U. 2008 Nr 45, poz. 271 z późn. zm.); Rozporządzenia Ministra Finansów z dnia 30 kwietnia 2004r. w sprawie obowiązkowego ubezpieczenia odpowiedzialności cywilnej badacza i sponsora (Dz. U. 2004 nr 101, poz. 1034 z późn. zm.); Rozporządzenia Ministra Finansów z dnia 18 maja 2005r. zmieniające rozporządzenie w sprawie obowiązkowego ubezpieczenia odpowiedzialności cywilnej badacza i sponsora (Dz. U. Nr 101, poz. 845); Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 30 kwietnia 2004r. w sprawie sposobu prowadzenia badań klinicznych z udziałem małoletnich (Dz. U. 2004 Nr 104, poz. 1108); Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 30 kwietnia 2004r. w sprawie zgłaszania niespodziewanego ciężkiego niepożądanego działania produktu leczniczego (Dz. U. Nr 104, poz. 1107); Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 15 listopada 2010 r. w sprawie wzorów wniosków przedkluczanych w związku z badaniem klinicznym, wysokości opłat za złożenie wniosków oraz sprawozdania końcowego z wykonania badania klinicznego (Dz. U. 2010r. nr 222 poz. 1453, z późn. zm.); Ustawy z dnia 20 maja 2010 r. o wyrobach medycznych (Dz. U. 2010r. nr 107 poz. 679, z późn. zm.); Rozporządzenie Ministra Finansów z dnia 6 października 2010 r. w sprawie obowiązkowego ubezpieczenia odpowiedzialności cywilnej sponsora i badacza klinicznego w związku z prowadzeniem badania klinicznego wyrobów (Dz. U. 2010, Nr 194 poz. 1290); Ustawy z dnia 18 marca 2011 r. o Urzędzie Rejestracji Produktów Leczniczych, Wyrobów Medycznych i Produktów Biobójczych (Dz. U. 2011 nr 82 poz. 451); Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 2 maja 2012r. w sprawie Dobrej Praktyki Klinicznej (Dz. U. 2012, poz. 489); Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 2 maja 2012r. w sprawie wzorów dokumentów przedkluczanych w związku z badaniem klinicznym produktu leczniczego oraz w sprawie wysokości i sposobu uiszczania opłat za złożenie wniosku o rozpoczęcie badania klinicznego (Dz. U. 2012, Nr 0 poz. 491); w oparciu o Deklarację Helsińską - Zasadę Etycznego Postępowania w Eksperymentach Medycznych z Udziałem Ludzi oraz przepisy ICH GCP.

**Komisja Bioetyczna, na posiedzeniu w dniu 06 kwietnia 2017 r.**

**rozpatrzyła wniosek dotyczący prowadzenia badań naukowych.**

**Kierownik projektu:**

**prof. dr hab. Ewa Mojs**

**Miejsce prowadzenia badań:**

**Zakład Psychologii Klinicznej  
Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu**

**Główny badacz: mgr Bartosz Grobelny**

**Członkowie zespołu**

**badawczego: mgr Karolina Kabzińska**

**mgr Dominik Czajeczny**

**Temat badań:**

**„Wpływ zaburzenia koordynacji psychomotorycznej na ruchy oka w trakcie poszukiwania wizualnego u dzieci z grupy ryzyka dysleksji”.**

**Komisja wydała uchwałę o pozytywnym zaopiniowaniu tego wniosku**

Przewodniczący Komisji

prof. zw. dr hab. med. Paweł Chęciński

## Spis tabel

Tabela 1: Przegląd definicji dysleksji według Bogdanowicz .....	14
Tabela 2: Statystyki opisowe zmiennej wiek – wszyscy uczestnicy badania.....	73
Tabela 3: Statystyki opisowe zmiennej wiek – grupa kontrolna.....	73
Tabela 4: Statystyki opisowe zmiennej wiek – grupa z ryzykiem dysleksji .....	73
Tabela 5: Częstości zmiennej płeć – wszyscy uczestnicy badania .....	73
Tabela 6: Częstości zmiennej płeć - grupa kontrolna.....	73
Tabela 7: Częstości zmiennej płeć - grupa z ryzykiem dysleksji.....	73
Tabela 8: Statystyki opisowe zmiennej IQ – wszyscy uczestnicy badania .....	75
Tabela 9: Statystyki opisowe zmiennej IQ – grupa kontrolna .....	75
Tabela 10: Statystyki opisowe zmiennej IQ – grupa z ryzykiem dysleksji .....	75
Tabela 11: Statystyki opisowe dla wszystkich badanych.....	80
Tabela 12: Statystyki opisowe zmiennych dla grupy badanych .....	82
Tabela 13: Statystyki opisowe zmiennych dla grupy kontrolnej .....	82
Tabela 14: Czas reakcji a pamięć fonologiczna dla wszystkich badanych – współczynniki korelacji rho Spearmana .....	84
Tabela 15: Czas reakcji a pamięć fonologiczna dla grupy badanych – współczynniki korelacji rho Spearmana.....	84
Tabela 16: Czas reakcji a pamięć fonologiczna dla grupy kontrolnej – współczynniki korelacji rho Spearmana.....	85
Tabela 17: Czas reakcji a pamięć wzrokowo przestrzenna dla wszystkich badanych – współczynniki korelacji rho Spearmana.....	86
Tabela 18: Czas reakcji a pamięć wzrokowo przestrzenna dla grupy badanych – współczynniki korelacji rho Spearmana.....	86
Tabela 19: Czas reakcji a pamięć wzrokowo przestrzenna dla grupy kontrolnej – współczynniki korelacji rho Spearmana.....	87
Tabela 20: Czas reakcji a koordynacja wzrokowo ruchowa dla wszystkich badanych – współczynniki korelacji rho Spearmana.....	88

Tabela 21: Czas reakcji a koordynacja wzrokowo ruchowa dla grupy badanych – współczynniki korelacji rho Spearmana .....	88
Tabela 22: Czas reakcji a koordynacja wzrokowo ruchowa dla grupy kontrolnej – współczynniki korelacji rho Spearmana .....	89
Tabela 23: Pamięć wzrokowo przestrzenna a koordynacja wzrokowo ruchowa dla wszystkich badanych – współczynniki korelacji rho Spearmana .....	90
Tabela 24: Pamięć wzrokowo przestrzenna a koordynacja wzrokowo ruchowa dla grupy badanych – współczynniki korelacji rho Spearmana .....	90
Tabela 25: Pamięć wzrokowo przestrzenna a koordynacja wzrokowo ruchowa dla grupy kontrolnej – współczynniki korelacji rho Spearmana .....	91
Tabela 26: Pamięć fonologiczna a koordynacja wzrokowo ruchowa dla wszystkich badanych – współczynniki korelacji rho Spearmana .....	92
Tabela 27: Pamięć fonologiczna a koordynacja wzrokowo ruchowa dla grupy badanych – współczynniki korelacji rho Spearmana .....	92
Tabela 28: Pamięć fonologiczna a koordynacja wzrokowo ruchowa dla grupy kontrolnej – współczynniki korelacji rho Spearmana .....	93
Tabela 29: Pamięć wzrokowo przestrzenna a pamięć fonologiczna dla wszystkich badanych – współczynniki korelacji rho Spearmana .....	94
Tabela 30: Pamięć wzrokowo przestrzenna a pamięć fonologiczna dla grupy badanych – współczynniki korelacji rho Spearmana .....	94
Tabela 31: Pamięć wzrokowo przestrzenna a pamięć fonologiczna dla grupy kontrolnej – współczynniki korelacji rho Spearmana .....	95
Tabela 32: Grupa badana a czas reakcji – test U Manna-Whitneya.....	96
Tabela 33: Grupa badana a czas reakcji w zależności od bodźca – test U Manna-Whitneya ..	97
Tabela 34: Grupa badana a pamięć fonologiczna – test t Studenta.....	98
Tabela 35: Grupa badana a pamięć wzrokowo przestrzenna – test U Manna-Whitneya .....	99
Tabela 36: Grupa badana a koordynacja wzrokowo ruchowa – test U Manna-Whitneya .....	100



## **Spis rysunków**

Rysunek 1: Model badawczy w planie 2 grupowym .....	66
Rysunek 2: Wiek wszystkich badanych .....	72
Rysunek 3: IQ płynne .....	76
Rysunek 4: IQ skryalizowane.....	76
Rysunek 5: IQ pełne .....	76
Rysunek 6: Bodźce z zadania Gaze Cues .....	79
Rysunek 7: Stanowisko badań .....	118
Rysunek 8: Kalibracja urządzenia do eyetrackingu .....	119
Rysunek 9: Przykładowe bodźce z zadania Gaze Cues.....	120
Rysunek 10: Tablica wyników eyetrackera .....	120