

AUTOREFERAT

Opis dorobku i osiągnięć naukowych

dr Anna Przekoracka-Krawczyk

Pracownia Fizyki Widzenia i Optometrii, Wydział Fizyki, Uniwersytet im.
Adama Mickiewicza w Poznaniu;
Centrum NanoBioMedyczne, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w
Poznaniu

POZNAŃ 2019

1. Imię i nazwisko: Anna Przekoracka-Krawczyk

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe

- ▶ **dr nauk fizycznych w zakresie biofizyki** (obszar nauk o widzeniu) - stopień uzyskany w 2008 r. Tytuł rozprawy doktorskiej: *Rola maski w prymowaniu podprogowym bodźcami wzrokowymi*. Rozprawa realizowana w Pracowni Fizyki Widzenia i Optometrii Wydziału Fizyki UAM w Poznaniu, pod kierunkiem prof. dr hab. n. med. Piotra Jaśkowskiego
- ▶ **magister - specjalność optometria** - tytuł uzyskany w 2003 r. na Wydziale Fizyki UAM w Poznaniu, Tytuł pracy magisterskiej: *Degradacja organizacji percepcyjnej maski i negatywne prymowanie*, promotor: prof. dr hab. n. med. Piotra Jaśkowskiego
- ▶ **licencjat - specjalność optyka okularowa** - tytuł uzyskany w 2003 r. na Wydziale Fizyki UAM w Poznaniu
- ▶ Certyfikat ukończenia Studium Nowoczesnej Metodyki Kształcenia uzyskany na UAM w ramach projektu „Proinnowacyjne kształcenie, kompetentna kadra, absolwenci przyszłości” - uzyskany w 2013 roku.

3. Informacje dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- 2004 - 2008 r.:** Pracowni Fizyki Widzenia i Optometrii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu - studium doktoranckie - *doktorant*
- 2008 r.- aktualnie:** Pracownia Fizyki Widzenia i Optometrii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu - *adiunkt*
- 2011 r.- aktualnie:** Centrum NanoBioMedyczne, Laboratorium Fizyki Widzenia i Neuronauki, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu - *współpracownik naukowy*
- 2010 r.- aktualnie:** Centrum Optyki i Optometrii Fundacji Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu - *kierownik i optometrysta*

4. Wykaz osiągnięcia wynikającego z art.16 ust.2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopiach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. 2016 r. poz. 1311.)

Tytuł: „Zaburzenia sensoryczno-mózdkowe u osób z deficytami widzenia obuocznego“

Osiągnięciem będącym podstawą wnioskowania o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego jest spójny tematycznie **cykl 5 publikacji** dotyczących deficytów wzrokowo-motorycznych u osób z zaburzeniami widzenia obuocznego, wydanych w czasopismach medycznych. Cykl składa się z **4 prac oryginalnych** opublikowanych w czasopiśmie z bazy JCR oraz **1 opisu przypadku**. We wszystkich pracach jestem pierwszym autorem. Łączna wartość wskaźnika oddziaływania IF dla prezentowanego cyklu prac wynosi **10,31**, a punktacja Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego wynosi **155 pkt.**

Spis prac wchodzących w cykl habilitacyjny:

[H1] **Przekoracka-Krawczyk A**, Nawrot P, Czainska M, Michalak KP. 2014. *Impaired body balance control in adults with strabismus*. **Vision Research**; 98: 35-45, DOI:10.1016/j.visres.2014.03.008

MNiSW: 30 pkt., IF: 1,815

[H2] **Przekoracka-Krawczyk A**, Nawrot P, Kopyciuk T, Naskrecki R. 2015, *Implicit motor learning is impaired in strabismic adults*. **Journal of Vision**; 15(11): 1-20, DOI: 10.1167/15.11.6

MNiSW: 35 pkt., IF: 2,341

[H3] **Przekoracka-Krawczyk A**, Brenk-Krakowska A, Nawrot P, Rusiak P, Naskrecki R. 2017, *Unstable Binocular Fixation Affects Reaction Times But Not Implicit Motor Learning in Dyslexia*. **Investigative Ophthalmology and Visual Science**; 58(14): 6470-6480, DOI: 10.1167/iovs.16-21305

MNiSW: 40 pkt., IF: 3,388

[H4] **Przekoracka-Krawczyk A**, Michalak KP, Pyżalska P. 2019, *Deficient vergence prism adaptation in subjects with decompensated heterophoria*. **PLoS One**; 14(1): e0211039, DOI: 10.1371/journal.pone.0211039

MNiSW: 35 pkt., IF: 2,766

[H5] **Przekoracka-Krawczyk A**, Michalski A, Wojtczak-Kwaśniewska M. 2018, *Visual Therapy in Open Space Rehabilitation of Acquired Visual Field Defect*. **Neuropsychiatry (London)**; 8(5): 1527–1532, DOI:10.4172/Neuropsychiatry.1000487

MNiSW: 15 pkt.

OMÓWIENIE

Tytuł osiągnięcia naukowego:

Zaburzenia sensoryczno-mózdkowe u osób z deficytami widzenia obuocznego

Wstęp i uzasadnienie podjęcia tematu badawczego

Frontalne usytuowanie obu oczu u ludzi pozwoliło na rozwinięcie zdolności widzenia obuocznego, które znacząco wzbogaca jakość widzenia. W efekcie widzenia obuocznego nie tylko poprawia się nasza zdolność do oceny odległości (widzenie przestrzenne - stereopsja), ale polepsza się także ostrość wzroku (o ok. 1-2 rzędy w stosunku do widzenia jednoocznego), wzrasta wrażliwość na kontrast o ok. 40%, oraz zwiększa się pole widzenia o ok. 40° [1]. Ze zdolnościami tymi nie rodzimy się, ale wykształcają się one w pierwszych latach życia, jeżeli nie stanie nic na drodze prawidłowej stymulacji siatkówek obu oczu. Jednakże, jeżeli u dziecka pojawi się zez, znaczna różnowzroczność (różnica w wadach refrakcji na obu oczach), zaćma, czy inna zmiana patologiczna w obrębie narządu wzroku, stymulacja oczu jest nierównomierna uniemożliwiając rozwinięcie się prawidłowego widzenia obuocznego. W efekcie wyżej wymienionych zaburzeń, najczęściej w jednym z oczu pojawia się niedowidzenie (osłabiona ostrość wzroku) i oko to ulega supresji (wytlumieniu), przez co osoba taka staje się jednooczna. Najczęstszą przyczyną zaburzeń widzenia obuocznego są zezy, które poza mało estetycznym efektem kosmetycznym, wywołują szereg deficytów widzenia. Problemy wzrokowe związane z zezami znane są już od lat i do niedawna wiązano je głównie z wystąpieniem niedowidzenia na jednym z oczu i brakiem widzenia przestrzennego. Jednak obserwacje pacjentów z zezami, zwłaszcza dzieci, sugerują, że poza problemami w ocenie odległości wykazują oni znacznie więcej deficytów nie tylko natury wzrokowej, ale także motorycznej. Bardzo często osoby z zezami są słabe w sporcie i mają problem z nauką jazdy na rowerze czy graniem w gry zespołowe. Rodzice dzieci z zezami skarżą się na osłabienie koordynacji oko-ręka i małej motoryki, objawiające się problemami np. w wycinaniu nożyczkami, czy nauczaniu się zawiązywania sznurówek, itp. Dzieci te wydają się być bardziej „niezdarne” niż ich zdrowi rówieśnicy [obserwacje własne, informacje od rodziców dzieci z zezem]. Obserwacje te sugerują, że zaburzenia widzenia obuocznego mają znacznie szerszy charakter niż tylko deficyt widzenia przestrzennego, czy osłabiona ostrość na oku zezującym, a dotyczą także zaburzeń motorycznych, co może determinować wiele aspektów życia codziennego.

Badania prowadzone w ostatnich latach w kilku laboratoriach na świecie coraz częściej wykazują, na to że u osób z zezami i/lub niedowidzeniem, zaburzenia widzenia i koordynacji nie dotyczą tylko oka zezującego, ale także oka prowadzącego/dominującego, pomimo, że posiada ono zwykle dobrą ostrość wzroku. Przykładowo, wykazano, że osoby z zezem patrząc okiem prowadzącym (niezezującym) posiadają osłabioną wrażliwość na kontrast [2], zaburzoną percepcję ruchu [3] oraz spowolniony czas reakcji na bodźce wzrokowe [4], a także występują u nich dysfunkcje okoruchowe dotyczące tego oka [5]. Ponadto, osobom z zezem często towarzyszy osłabiony balans ciała [6, 7], co niekoniecznie związane jest z brakiem widzenia obuocznego [8], ale może wynikać z deficytów w obrębie drogi mózdkowo-korowej, która związana jest silnie z kontrolą równowagi ciała i integracją sygnałów pochodzących z mięśni szkieletowych, układu przedsionkowego i kory ruchowej [9].

Ze względu na to, że mózdek zaangażowany jest w proces koordynacji mięśni szkieletowych [10], jak i mięśni okoruchowych [11-13] i koordynacji oko-ręka [14], można spodziewać się, że obecne u osób z zezami zaburzenia motoryczne i równowagi ciała mogą mieć związek z dysfunkcjami w obrębie mózdku. Za hipotezą tą przemawiają badania osób z chorobami mózdku, u których często występują zezy - głównie zbieżne, ale także inne zaburzenia w ustawieniu oczu [15, 16]. Badania wykonane na małpach pokazały, że uszkodzenie dorsalnej części robaka mózdku indukuje ezoforię (zeza zbieżnego ukrytego) oraz osłabia kontrolę wergencji [17, 18]. Zredukowana dynamika ruchów oczu wergencyjnych w efekcie uszkodzeń robaka mózdku potwierdzona została także w badaniach z udziałem ludzi [12, 19].

Wymienione powyżej przykładowe deficyty towarzyszące zezom i/lub niedowidzeniu, wskazują na zasadność podjęcia badań mających na celu sprawdzenie czy osoby z zaburzeniami widzenia obuocznego (zwłaszcza z zezami), poza deficytami wzrokowymi wykazują dysfunkcje motoryczne oraz czy, i w jakim stopniu mogą one wynikać z zaburzeń kontroli neuronalnej na poziomie korowo-mózdkowym. Poznanie tych mechanizmów pozwoli lepiej zrozumieć naturę, jak i przyczyny powstawania zaburzeń widzenia obuocznego oraz odpowiedzieć na pytanie czy dotychczasowe metody rehabilitacji pacjentów z tego typu deficytami (czyli korekcja wady okularami, chirurgiczna redukcja kąta zezu i/lub ćwiczenia skupiające się na poprawie ostrości wzroku i rozwoju widzenia obuocznego) są wystarczające.

W serii eksperymentów wykonanych na osobach z zaburzeniami widzenia obuocznego w efekcie zezu jawnego lub ukrytego, anizometropii, czy dysleksji rozwojowej, zbadano różne aspekty kontroli motorycznej, takie jak utrzymywanie balansu ciała, uczenie się motoryczne oraz

koordynację wzrokowo-ruchową. Sprawdzono, czy deficyty wzrokowo-motoryczne wynikają z braku/nieprawidłowego widzenia obuocznego, czy może są one od niego niezależne i występują bez względu na warunki obserwacji (występują nawet na oku prowadzącym lub przy oczach zamkniętych).

Cele i najważniejsze wnioski z prac wchodzących w skład cyklu omówione zostały poniżej.

[H1] Przekoracka-Krawczyk A, Nawrot P, Czainska M, Michalak KP. 2014, *Impaired body balance control in adults with strabismus*. Vision Research; 98: 35-45.

Utrzymanie równowagi ciała wymaga integracji sygnałów przedsionkowych z wzrokowymi i proprioceptywnymi z mięśni i ścięgien, po czym praca mięśni kończyn i tułowia musi być skoordynowana w mózdzku. Brak właściwej koordynacji objawi się zaburzeniami motorycznymi, w tym osłabieniem kontroli posturalnej. Deficyty balansu ciała u osób z zezami badano dotąd głównie u dzieci, wykazując, że nie prawidłowemu ustawieniu oczu często towarzyszy słaba kontrola balansu ciała [7, 20]. Pytaniem jest, czy deficyty równowagi utrzymują się także u osób dorosłych z zezami i czy związane są one z brakiem lub niewłaściwym widzeniem obuocznym, czy może raczej obrazują uogólnione dysfunkcje na poziomie kontroli postawy ciała, niezależnie od warunków patrzenia. Gdy badanie posturograficzne wykonywane jest obuocznie, u osób z zezem (zwłaszcza u dzieci, gdy zez nie jest jeszcze silnie utrwalony) może dochodzić do okresowego dwojenia obrazu, konfuzji (nakładania się dwóch różnych obrazów na siebie), czy nadmiernego wysiłku konwergencyjnego. Wszystko to może wpływać na balans ciała destabilizująco. Aby wykryć rzeczywiste zaburzenia równowagi ciała, należy wykluczyć ten destabilizujący czynnik wzrokowy. Z tego też względu, w niniejszej pracy koncentrowano się na badaniu balansu ciała u dorosłych osób z zezami, wykonując testy jednoocznie oraz przy oczach zamkniętych.

Celem zaprezentowanych badań było sprawdzenie, czy u osób zezujących zaburzenia równowagi wystąpią przy patrzeniu jednoocznym, fiksując nawet okiem prowadzącym, a także, czy u dorosłych osób z zezem rozwijają się mechanizmy kompensacyjne, niwelujące deficyty motoryczne.

W eksperymencie wzięło udział 21 dorosłych uczestników z zezem towarzyszącym nierefrakcyjnym, obecnym od dzieciństwa (18 osób z zezem rozbieżnym i 3 z zbieżnym) oraz 41 osób bez zezu (grupa kontrolna). Pomiary posturograficzne wykonano przy użyciu platformy stabilometrycznej, patrząc jednoocznie - okiem prowadzącym/dominującym i zezującym oraz przy oczach zamkniętych. Badano balans ciała w warunkach swobodnego stania (cz.1) oraz podczas wykonywania zadania mentalnego (słuchanie ciągu cyfr i liczenie cyfry-celu) stojąc na platformie

(cz.2). Wprowadzenie zadania mentalnego powoduje zaangażowanie płatów czołowych, które nie mogą wtedy już kompensować deficytów motorycznych, jeżeli takowe występują. Pozwoliło to zatem na sprawdzenie czy osoby dorosłe z zezem podobnie jak dzieci, posiadają zaburzenia balansu ciała, albo czy w efekcie lat funkcjonowania z zezem deficyty te ulegają kompensacji (ukryciu).

Wyniki wykazały, że osoby dorosłe z zezami mają osłabiony balans ciała zarówno gdy informacja wzrokowa jest zupełnie odcięta poprzez zamknięcie oczu, jak i przy patrzeniu jednoocznym, nawet okiem prowadzącym (niezezującym). Co ciekawe, fiksując okiem zezującym, wychylenia ciała zmniejszały się, co wytłumaczono chwilowym zwiększeniem napięcia tonicznego mięśni okoruchowych (większość badanych osób miała zezu rozbieżnego, który związany jest ze słabym napięciem mięśni okoruchowych). Zaburzenia równowagi u uczestników badań wystąpiły przy swobodnym staniu, a wprowadzenie zadania mentalnego nie zaburzyło wyjąściowego balansu ciała, co sugeruje, że pomimo wielu lat funkcjonowania z zezem, nie rozwinęły się mechanizmy kompensacji deficytów posturalnych.

Zaburzenia motoryczne u osób dorosłych z zezem rozbieżnym potwierdzone zostały później w badaniach Aprile i wsp. [21], którzy zaobserwowali u swoich uczestników nieprawidłowy schemat chodu.

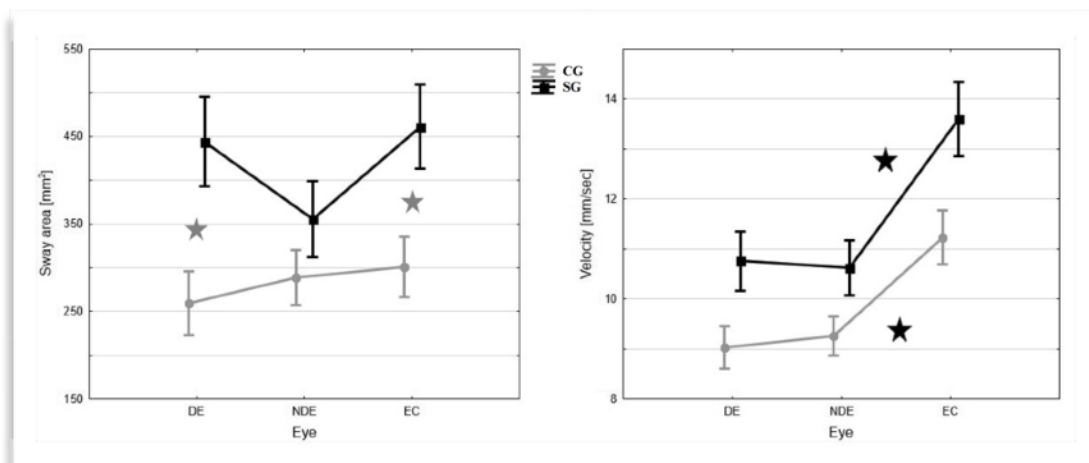


Fig.1. Pole powierzchni zakreślane przez COP oraz prędkość COP w grupie z zezem (SG) i w grupie kontrolnej bez zaburzeń widzenia (CG). DE - oko dominujące, NDE - oko niedominujące, EC - oczy zamknięte.

Wnioski:

- Osoby dorosłe z zezem wykazują zaburzenia równowagi ciała, nawet gdy patrzą okiem prowadzącym i przy oczach zamkniętych, co może sugerować deficyty motoryczne (na poziomie nerwowej drogi mózdkowo-korowej).

- U dorosłych osób z zezami rozbieżnymi nie rozwijają się mechanizmy kompensacji zaburzeń równowagi ciała, czyli zaburzenia te występują całe życie, co może wpływać na ich aktywność życia codziennego.

[H2] Przekoracka-Krawczyk A, Nawrot P, Kopyciuk T, Naskrecki R. 2015, *Implicit motor learning is impaired in strabismic adults*. Journal of Vision; 15(11): 1-20.

Istotną funkcją ruchową człowieka jest uczenie się motoryczne, czyli nabywanie nowych umiejętności ruchowych poprzez powtarzanie ich. Wyróżnić można trzy typy uczenia się motorycznego. Pierwszy typ to **uczenie się proste**, zwane **asocjacyjnym**, polegające na uczeniu się związku pomiędzy bodźcem a reakcją poprzez wielokrotne powtarzanie danej czynności [22]. Przykładem może być nabycie umiejętności, którym przyciskiem włączmy światło w biurze. Drugi typ, to **uczenie się deklaratywne (jawne)**, czyli umiejętność zdobywania faktycznej wiedzy o obiektach, miejscach lub wydarzeniach, które można świadomie przywołać. Wymaga ono uwagi oraz świadomości. Ten typ uczenia się może być wykorzystany praktycznie w terapii manualnej, pomagając pacjentom w uczeniu się umiejętności funkcjonalnych (np. niepełnosprawny pacjent świadomie uczy się sekwencji ruchowych, np. jak wstać z pozycji siedzącej i próbuje wykonywać to zadanie w oparciu o tą wiedzę) [23]. Trzeci typ to **uczenie się proceduralne, zwane niejawnym**. Jest to proces nabywania nowych umiejętności i sposobów wykonywania zadań bez znajomości reguł (reguły są ukryte). Innymi słowy mózg w sposób automatyczny, pozaświadomy „wykrywa” reguły i uczy się ich [24]. W sposób proceduralny uczymy się np. prowadzenia roweru, samochodu, czy obsługi urządzeń, jak telefon komórkowy. Istotne jest, że różne typy uczenia się motorycznego kontrolowane są przez odrębne szlaki nerwowe. Uczenie się asocjacyjne podlega kontroli szlaku korowo-prążkowo-wzgórzowego, a uczenie się proceduralne drogą korowo-mózdkowej [22]. Badanie zdolności uczenia się pozwala zatem na ocenę na jakim poziomie neuronalnym występują deficyty u osób z zaburzeniami motorycznymi.

Badania opisane w niniejszym artykule koncentrowały się na ocenie zdolności uczenia się motorycznego u osób z zaburzeniami widzenia obuocznego. W eksperymencie 1 udział wzięło 13 osób z zezem jawnym towarzyszącym (nierefrakcyjnym), u których określano umiejętności uczenia się asocjacyjnego, deklaratywnego i proceduralnego oraz 13 osób bez zaburzeń widzenia (grupa kontrolna). Zdolności do uczenia się motorycznego badano patrząc okiem prowadzącym/dominującym, stosując zmodyfikowaną wersję testu zwanego *zadaniem z pomiarem czasu reakcji seryjnej (SRTT ang. serial reaction time task)*.

Wyniki wykazały, że osoby z zezami mają generalnie wolniejsze czasy reakcji na pojawiające się bodźce wzrokowe, nawet gdy patrzą okiem prowadzącym z dobrą ostrością wzroku, co dowodzi deficytów w przetwarzaniu sensoryczno-motorycznym (Fig.2). Ponadto, osoby te wykazały osłabione zdolności uczenia się proceduralnego, w stosunku do grupy kontrolnej, zachowując jednocześnie umiejętności uczenia się asocjacyjnego i deklaratywnego. Wyniki te sugerują dysfunkcje występujące w obrębie szlaku korowo-mózdkowego (zaburzenia typu móżdkowego, albowiem mózdek jest najsilniej zaangażowany w ten typ uczenia się motorycznego [25]).

Aby sprawdzić czy deficyty uczenia się proceduralnego mogły być wynikiem nieprawidłowego widzenia obuocznego, w eksperymencie 2 te same testy wykonano na osobach z zaburzeniami widzenia obuocznego o charakterze niezezowym - z niedowidzeniem refrakcyjnym (14 osób) i porównano wyniki z grupą kontrolną (13 osób). Uzyskane wyniki wykazały, że osoby z osłabionym widzeniem obuocznym ale bez zezów, posiadają podobny poziom uczenia się motorycznego co grupa kontrolna, we wszystkich trzech badanych aspektach. Sugeruje to, że osłabione uczenie się proceduralne skojarzone jest bezpośrednio z nieprawidłowym napięciem tonicznym mięśni okoruchowych (zezem), a nie wynika z braku widzenia obuocznego.

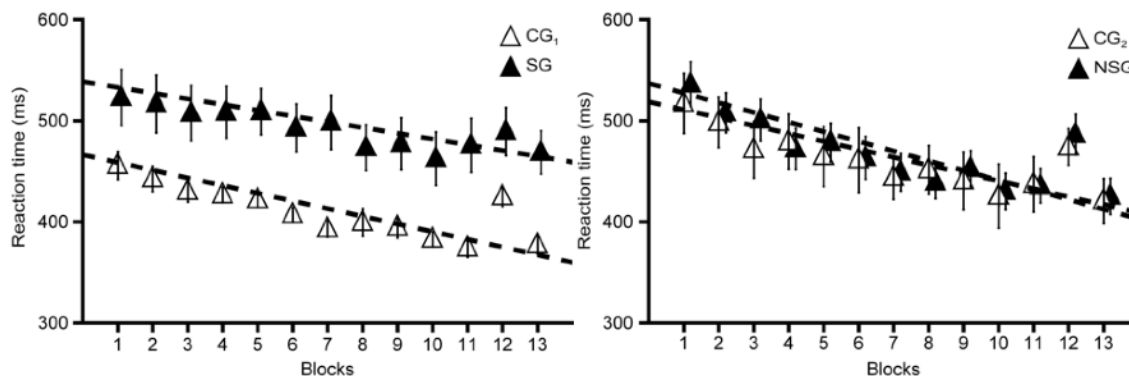


Fig.2. Wyniki testu uczenia się motorycznego proceduralnego u osób z zezami (z lewej) i osób z zaburzeniami widzenia obuocznego typu niezezowego (z prawej). SG - grupa zezowa, CG - grupa kontrolna, NSG - grupa z zaburzeniami widzenia obuocznego typu niezezowego.

Wnioski:

- ▶ Osoby z zezami wykazują osłabione zdolności uczenia się proceduralnego, wskazujące na funkcjonalne deficyty w obrębie mózdku.
- ▶ Deficyty te nie są wynikiem braku widzenia obuocznego, ale towarzyszą zezom lecz nie osobom z niedowidzeniem anizotropowym.
- ▶ Osoby z zezami charakteryzują się osłabionymi czasami reakcji ruchowej na bodźce wzrokowe, świadczące o zaburzeniach sensoryczno-motorycznych.

[H3] Przekoracka-Krawczyk A, Brenk-Krakowska A, Nawrot P, Rusiak P, Naskrecki R., 2017, *Unstable Binocular Fixation Affects Reaction Times But Not Implicit Motor Learning in Dyslexia*. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*; 58(14): 6470-6480.

O podłoże mózdkowe zaburzeń sensoryczno-motorycznych podejrzewa się także osoby z dysleksją rozwojową. Liczne badania wykazały, że dyslektycy poza problemami z czytaniem i pisanem, charakteryzują się osłabionym balansem ciała [26], jak i deficytami w zakresie uczenia się proceduralnego [27]. Obserwacje te stanowiły podstawę do postawienia hipotezy o mózdkowym etiologii dysleksji [28, 29]. Co istotne, u osób z dysleksją wykrywane są także zaburzenia w widzeniu obuocznym, a dokładniej w koordynacji obuocznych ruchów oczu (wergencji), jak i stabilności obuocznej fiksacji [30, 31]. Dotychczas prowadzone badania nad deficytami motorycznymi w dysleksji wykonywane były obuocznie, a więc niestabilność obuoczna mogła być przyczyną obserwowanych deficytów motorycznych.

Celem badań zaprezentowanych w niniejszym artykule było sprawdzenie, czy niestabilne widzenie obuoczne u osób z dysleksją może wpływać na czasy reakcji przy wykonywaniu zadań wzrokowo-ruchowych, a także na zdolności uczenia się motorycznego. W badaniu wzięło udział 30 dorosłych osób ze stwierdzoną dysleksją rozwojową i 30 w grupie kontrolnej (niedyslektycznych), u których sprawdzano parametry wzrokowe (w tym ustawienie oczu i dysparację fiksacji obuocznej), jak i przeprowadzono test uczenia się motorycznego (*SRTT* - taki sam jaki zastosowano w badaniach z pracy **H2**). Połowa osób z każdej grupy wykonywała test jednoocznie na oku dominującym (Mono), a druga połowa - obuocznie (BIN).

Wyniki potwierdziły, że osoby z dysleksją mają zaburzenia w stabilności obuocznej objawiające się obuoczną dysparacją fiksacji oraz okresowym zanikaniem obrazu z jednego oka (niestabilność sensoryczna) i poruszaniem się obrazu po siatkówce (niestabilność motoryczna). Wykonując test uczenia się motorycznego patrząc obuocznie, ich czasy reakcji były znacznie wydłużone w stosunku do czasów wykonywania zadania jednoocznie (Fig.3). Co jednak istotne, bez względu na warunki patrzenia, grupa ta miała znacząco słabsze wyniki uczenia się proceduralnego, co potwierdza występowanie u nich deficytów na poziomie mózdkowym.

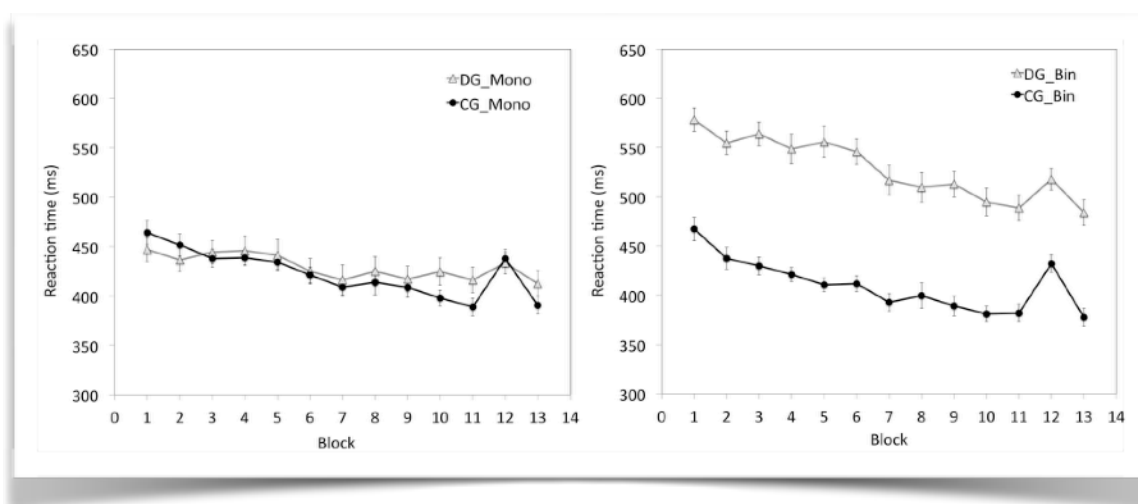


Fig.3. Wyniki testu uczenia się motorycznego proceduralnego u osób z dysleksją wykonując test jednoocześnie (z lewej) i obuocześnie (z prawej). DG_Mono - grupa dyslektyczna patrząca jednoocześnie okiem dominującym, DG_Bin - grupa dyslektyczna patrząca obojgiem oczu, CG - grupy kontrolne (niedyslektyczne).

Wnioski

- ▶ U osób z dysleksją rozwojową występuje niestabilność obuoczna (dysparacje fiksacji), mogąca utrudniać proces czytania i pisanania.
- ▶ Niestabilność obuoczna znacząco wydłuża czasy reakcji ruchowej na pojawiające się bodźce wzrokowe.
- ▶ Osoby dyslektyczne wykazują osłabione zdolności uczenia się motorycznego proceduralnego, bez względu na warunki obserwacji (jednooczne/obuoczne).
- ▶ Zarówno niestabilność obuoczna, jak i słabe umiejętności uczenia się proceduralnego mogą mieć to samo podłoże - zaburzenia w funkcji mózdku.

[H4] Przekoracka-Krawczyk A, Michalak KP, Pyżalska P. 2019, *Deficient vergence prism adaptation in subjects with decompensated heterophoria*. PLoS One; 14(1): e0211039.

Zezy mogą występować pod postacią jawną, czyli cały czas lub większość czasu oś widzenia jednego z oczu ustawiona jest nieprawidłowo (heterotropie), albo pod postacią ukrytą (heteroforie), gdzie przy prawidłowej stymulacji siatkówek odchylenie osi widzenia nie występuje, ale ma ono miejsce przy zerwaniu bodźca do fuzji (np. poprzez zakrycie jednego z oczu). Zezy ukryte i jawne (inne niż refrakcyjne i porażenne) mają podobne podłoże, czyli wynikają z nieprawidłowego napięcia tonicznego mięśni okoruchowych, a jednak u różnych osób objawiają się w inny sposób - u jednych stałym odchyleniem jednego z oczu, a u innych pod postacią ukrytą. Chociaż heteroforie traktowane są jako „łagodniejsza“ wersja zeza jawnego, ponieważ nie wywołują utraty widzenia obuocznego i nie dają niepożądanych efektów kosmetycznych, to bardzo często wywołują duże

dolegliwości wzrokowe - tak zwane symptomy astenopijne. Do symptomów tych należą bóle okolic oczu po dłuższej pracy z bliska, zamazywanie obrazu, dyskomfort, bóle głowy, uczucie piasku pod powiekami, albo okresowe dwojenie obrazu. Naukowcy od lat zadają sobie pytanie dlaczego w niektórych przypadkach zez ulega kompensacji i nie daje dolegliwości, a u innych osób nawet nieduże kąty odchylenia oka stwarzają znaczące deficyty. Badania z ostatnich lat sugerują, że za kompensację niewłaściwego ustawienia oczu odpowiada system wergencyjny, a dokładniej jego zdolność do szybkiej i efektywnej zmiany napięć tonicznych mięśni okoruchowych [32].

Patrzeć przez dłuższy czas na obiekty znajdujące się w pewnej stałej odległości (np. podczas czytania, pracy przy komputerze) wywołuje bardzo duży wysiłek wergencyjny, związany ze zbieżnym ustawieniem osi widzenia. Ten nadmierny wysiłek wywołuje wcześniej wymienione dolegliwości astenopijne, dlatego aby go zniwelować system wergencyjny, a dokładniej jego komponent wolny (ang. *slow component*), zmienia napięcie toniczne mięśni okoruchowych w kierunku bardziej zbieżnym (zgodnie z wymaganym aktualnie wysiłkiem wergencyjnym). Zmiana napięcia tonicznego powoduje, że system wergencyjny nie jest poddany nadmiernemu stresowi, przez co jesteśmy w stanie wykonywać pracę wymagającą skupienia wzroku przez długi czas bez dolegliwości wzrokowych. Ta zmiana napięcia tonicznego mięśni okoruchowych zwana jest adaptacją do forii, adaptacją pryzmatyczną lub adaptacją wergencyjną (ang. *vergence/phoria adaptation - VPA*) [33]. Proces VPA można badać poprzez włożenie przed jedno oko pryzmatu, który indukuje heteroforię o wartości odpowiadającej temu pryzmatowi. Po pewnym okresie obuocznej fiksacji przez pryzmat, wywołana foria znika w efekcie adaptacji, co związane jest ze zmianą napięć tonicznych mięśni, aby zniwelować wywołany przez pryzmat wysiłek wergencyjny [33]. Jeżeli wyindukowana foria całkowicie zniknie, zdolności do adaptacji do forii/pryzmatu określa się za bardzo dobre - sprawny system wergencyjny. U osób bez zaburzeń widzenia, VPA zachodzi bardzo szybko, bo już w pierwszych minutach fiksacji obuocznej na obiekt. Okazuje się jedna, że osoby z zaburzeniami widzenia obuocznego, a zwłaszcza z heteroforiami nieskompensowanymi (dającymi dolegliwości astenopijne) lub z heterotropiami, wykazują zaburzony proces VPA - adoptują się one wolniej i słabiej do pryzmatu niż osoby bez zaburzeń widzenia. Obserwacje te pozwoliły wysunąć hipotezę, że nie wielkość kąta odchylenia oka (zeza), tylko zdolność do VPA determinuje, czy zaburzenie w ustawieniu oczu będzie skompensowane dając lub nie dolegliwości astenopijne.

Badania opisane w niniejszym artykule dotyczyły badań zdolności do VPA u osób z heteroforiami. Starano się sprawdzić czy dekompensacja heteroforii związana jest z deficytami w

zakresie funkcji systemu wergencyjnego, objawia się osłabioną VPA. W eksperymencie wzięły udział trzy grupy osób: (1) 15 osób z heteroforią o znaczącym kącie (ponad normę), u których występują dolegliwości astenopijne - foria nieskompensowana (ang. decompensated phoria - dCPh), (2) 15 osób z heteroforią o znaczącym kącie (ponad normę), które nie skarżą się na dolegliwości astenopijne - foria skompensowana (ang. compensated phoria - CPh), (3) 15 osób z ortoforią lub forią o bardzo małym kącie (w granicy normy), które nie skarżą się na dolegliwości astenopijne (ang. orthophoria lub foria w zakresie normy - NPh). VAP badano poprzez wstawienie przed jedno oko pryzmatu indukującego egzoforię (zeza rozbieżnego ukrytego) i pomiar wielkości forii co minutę, przez okres 10 minut adaptacji do pryzmatu.

Wyniki wykazały (Fig.4), że osoby bez zaburzeń widzenia (grupa NPh) bardzo szybko i w znacznym stopniu zaadoptowały się do pryzmatu. Po okresie 10 minut obuocznej fiksacji zredukowały one 65% wyindukowanej pryzmatem forii i potrzebowały jedynie 1,8 minuty aby zaadoptować 2/3 wartości pryzmatu. Osoby z grupy z foriami skompensowanymi (grupa CPh) adoptowały się wolniej niż grupa kontrolna (co mogło wynikać z konieczności zredukowania dużego wysiłku wergencyjnego - duża foria + dodatkowy pryzmat), ale były w stanie zredukować wyindukowaną forię do podobnego poziomu jak grupa NPh. Natomiast osoby z heteroforiami nieskompensowanymi (grupa dCPh) adoptowały się znacznie wolniej niż grupa kontrolna, potrzebując aż 4,9 minuty aby zaadoptować 2/3 wartości pryzmatu i ostatecznie po 10 minutach zaadoptowały tylko 18% wyindukowanej forii. Ponadto, efekt poadaptacyjny (czyli zmiana forii po zdjęciu pryzmatu, będący ważną miarą zdolności adaptacyjnych) wykazał, że w grupie dCPh nie doszło prawie wogóle do zmiany napięcia tonicznego mięśni okoruchowych (bazowej forii), co świadczy o znacznym deficycie w VPA u tych osób.

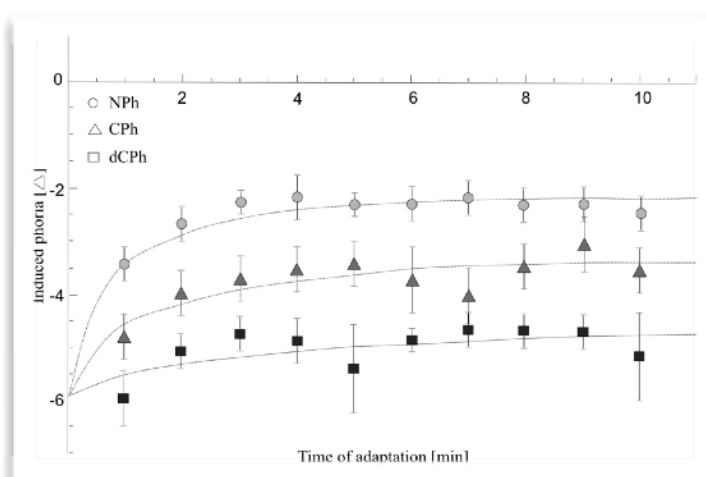


Fig.4. Wyniki testu pryzmatycznej adaptacji wergencyjnej (VPA) wykonanego na grupie bez zaburzeń widzenia obuocznego (NPh), z heteroforiami skompensowanymi - bez dolegliwości (CPh) i z heteroforiami nieskompensowanymi - z symptomami wzrokowymi (dCPh).

Wnioski:

- ▶ Osoby wykazujące symptomy wzrokowe, mają osłabiony proces wergencyjnej adaptacji pryzmatycznej.
- ▶ Występowanie heteroforii nie wpływa na dolegliwości wzrokowe, jeżeli system wergencyjny jest sprawny - potrafi szybko i efektywnie zmieniać napięcie toniczne mięśni okoruchowych.
- ▶ Słabe zdolności do VPA sugerują deficyty w systemie wergencyjnym wolnym (slow component).
- ▶ Uzyskane wyniki potwierdzają deficyty na poziomie mózdku u osób z zaburzeniami widzenia obuocznego, albowiem (jak wyjaśniono w artykule), VPA jest silnie zależna od funkcji mózdku.

[H5] Przekoracka-Krawczyk A, Michalski A, Wojtczak-Kwaśniewska M., 2018, *Visual Therapy in Open Space Rehabilitation of Acquired Visual Field Defect. Neuropsychiatry (London)*; 8(4): 739-744.

Przedstawione w cyklu prace [H1-H4] potwierdziły występowanie deficytów sensoryczno-motorycznych u osób z zaburzeniami widzenia obuocznego i systemu wergencyjnego. Pokazały także, że osłabione funkcje sensoryczno-motoryczne występują również w oku prowadzącym, a nie tylko zezującym. Sugeruje to, że pacjenci z zaburzeniami widzenia obuocznego wymagają rehabilitacji obejmującej zarówno funkcje czysto wzrokowe, jak wzmacniania koordynacji wzrokowo-ruchowej oraz funkcji motorycznych. Leczenie zezów i niedowidzenia zazwyczaj polega na korekcji wady refrakcji, obturacji oka lepszego - aby zmusić do pracy oko słabsze, chirurgicznej redukcji kąta zezów i/lub korekcji pryzmatycznej [34]. W niektórych przypadkach aby wzmocnić efekty leczenia wprowadza się ćwiczenia ortoptyczne mające na celu poprawę ostrości wzroku oka niedowidzącego i/lub zwiększenie zdolności widzenia obuocznego. Większość tego typu ćwiczeń

polega na rysowaniu drobnych obrazków przy zakrytym oku prowadzącym, czy stymulacji obu oczu jednocześnie przy użyciu przyrządu zwanego synoptoforem. Są to ćwiczenia statyczne i skupione głównie na stymulacji centralnego widzenia. Mniej popularną w Polsce, ale dość powszechną w USA, Kanadzie i Australii metodą rehabilitacji wzroku jest optometryczna terapia widzenia (ang. optometric vision therapy - OVT), która poza usprawnianiem podstawowych funkcji wzrokowych, koncentruje się również na poprawie zdolności motorycznych, takich jak balans ciała, koordynacja wzrokowo-ruchowa oraz pobudzanie widzenia peryferyjnego [35]. OVT stosowane jest zwykle w zaburzeniach akomodacyjno-konwergencyjnych, zezach i niedowidzeniu, problemach z czytaniem, ale także w usprawnianiu funkcji wzrokowo-motorycznych u pacjentów neurologicznych [36]. Stosowane w OVT techniki silnie angażują proces uwagi oraz pobudzają peryferia siatkówki, dlatego wydają się być pomocnymi metodami rehabilitacji wzrokowo-ruchowej osób z nabytymi uszkodzeniami mózgu.

W niniejszym artykule zaprezentowany jest przypadek jedenastoletniej neurologicznej pacjentki ze znacznymi deficytami wzrokowymi, w efekcie wystąpienia torbieli zlokalizowanej w okolicy kory potylicznej, u której zastosowano rehabilitację wzroku metodami proponowanymi w OVT. Ucisk torbieli na korę wzrokową w potylicy wywołał deficyty wzrokowe takie jak, zawężenie pola widzenia (widzenie lunetowe), osłabiona ostrość wzroku, zaburzenia w ruchomości oczu, akomodacji i konwergencji. Po usunięciu chirurgicznym torbieli i okresie rekonwalescencji trwającym 8 miesięcy, zaburzenia wzrokowe nie ustąpiły, co uniemożliwiało wykonywanie codziennych czynności, uczęszczanie do szkoły, czytanie i pisanie oraz samodzielne poruszanie się (ze względu na znacznie ograniczone pole widzenia). Konsultacja okulistyczna nie wykazała żadnych zmian patologicznych w obrębie narządu wzroku, ale ostrość wzroku, zdolności akomodacyjno-wergencyjne, koordynacja okoruchowa były bardzo słabe. Jeden z największych problemów stanowiło lunetowe widzenie (Fig.5, górna część) oraz dwojenie obrazu z bliska. Pacjentka została skierowana do Pracowni Fizyki Widzenia i Optometrii UAM w celu próby zastosowania OVT. Terapia obejmowała ćwiczenia akomodacji, konwergencji, ruchów oczu, koordynacji oko-ręka, balansu ciała oraz pobudzenia widzenia peryferyjnego. Pacjentka uczęszczała na zajęcia rehabilitacyjne co tydzień (godzinę czasu) dodatkowo wykonując ćwiczenia w domu (5 dni w tygodniu po 40 min.), wg wskazówek danych przez terapeutę. Pierwszą znaczącą poprawę funkcji wzrokowych zaobserwowano po 16 tygodniach terapii (11 sesji gabinetowych). Cała terapia trwała 8 miesięcy (25 sesji gabinetowych). Pacjentka uzyskała pełną ostrość wzroku, prawidłowe zdolności akomodacyjno-konwergencyjne, znaczną poprawę ruchów oczu i

koordynacji okoruchowej. Podwójne widzenie zniknęło i odzyskała pełne pole widzenia (Fig.5). Pacjentka mogła powrócić do codziennych aktywności, do szkoły, swobodnie czytać i uczyć się, nie odczuwając żadnych dolegliwości wzrokowych.

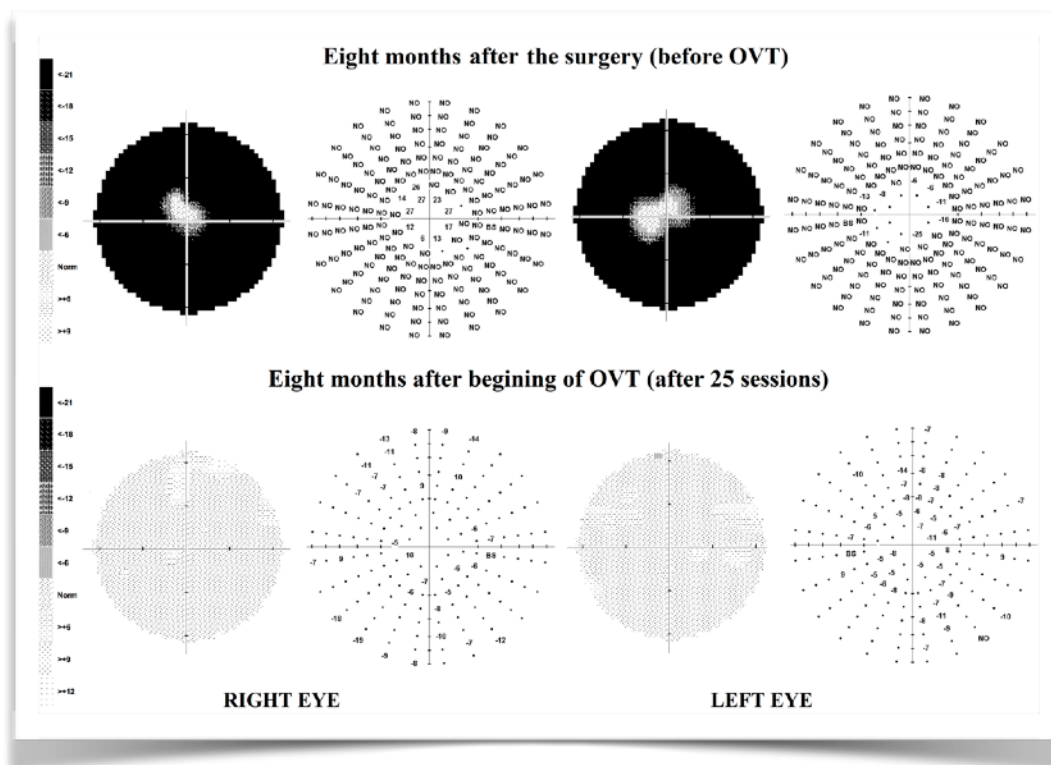


Fig.5. Wyniki pola widzenia uzyskane perymetrią komputerową przed zastosowaną rehabilitacją OVT oraz po 8 miesiącach rehabilitacji. W górnej części widoczne jest lunetowe widzenie (biały obszar obrazuje pole widziane przez pacjentkę). W dolnej części, po 8 miesiącach rehabilitacji pole widzenia jest już zupełnie pełne - prawidłowe.

Wnioski:

- ▶ Techniki ćwiczeń złożonych funkcji wzrokowych, w tym peryferyjnego widzenia mogą wpływać na znaczną poprawę zdolności widzenia, w tym redukcję ubytków w polu widzenia w efekcie uszkodzeń neurologicznych.
- ▶ Plastyczność mózgu młodych ludzi jest bardzo wysoka i rehabilitacja wzroku powinna być rozpoczęta w miarę możliwości jak najszybciej, aby przywrócić utracone funkcje wzrokowe.
- ▶ Wskazane wydaje się dalsze sprawdzanie efektywności technik stosowanych w OVT u pacjentów z innymi nabytymi deficytami neurologicznymi.

PODSUMOWANIE OGÓLNE

W czterech zaprezentowanych powyżej artykułach stanowiących cykl habilitacyjny, skupiono się na eksploracji zaburzeń sensoryczno-motorycznych, zwłaszcza funkcji będących pod kontrolą mózdzku, u osób z deficytami widzenia obuocznego. Wykazane zostało, że osoby z zezami mają zaburzenia równowagi, które występują zarówno gdy informacja wzrokowa jest wyeliminowana poprzez zamknięcie oczu, jak i podczas fiksacji okiem prowadzącym. Osoby z zezami miały również spowolnione reakcje podczas wykonywania zadań ruchowych na bodźce wzrokowe, co nie było związane z brakiem widzenia obuczonego, ponieważ występowało nawet gdy osoby te patrzyły okiem z dobrą ostrością wzroku (okiem prowadzącym/niezezującym).

Osoby z zezem wykazywały także deficyty w uczeniu się motorycznym niejawnym, co sugeruje dysfunkcje w obrębie neuronalnej drogi korowo-mózdkowej. Osłabione zdolności uczenia się motorycznego niejawnego oraz wydłużone czasy reakcji na bodźce wzrokowe występowały także u osób z dysleksją rozwojową, którym często towarzyszy również niestabilność obuoczna. Może to sugerować, że zarówno słabe zdolności uczenia się motorycznego, jak i niestabilność obuoczna mogą mieć wspólne źródło - zaburzenia w obrębie drogi korowo-mózdkowej.

Badania te pokazują, że zaburzenia zezowe, jak i dyslektyczne, nie są ograniczone jedynie do funkcji czysto wzrokowych, ale obejmują także obszary kontroli motorycznej oraz koordynacji wzrokowo-ruchowej. Sugeruje to zatem zasadność stosowania technik wzmacniających koordynację ciała i koordynację oko-ręka podczas rehabilitacji osób z zezami, czy problemami w czytaniu (osób dyslektycznych).

Opisany w ostatnim artykule z cyklu, przypadek pacjenta neurologicznego wykazał, że wzbogacenie tradycyjnych statycznych metod rehabilitacji wzroku o elementy rehabilitacji motorycznej i koordynacyjnej oraz pobudzanie widzenia peryferyjnego, może znacząco wzmocnić efekty rehabilitacji osób z nabytymi deficytami wzrokowymi w efekcie uszkodzeń mózgu. Tego typu rehabilitacja wskazana jest zarówno u pacjentów neurologicznych z deficytami wzrokowymi, jak i u osób z zezami, czy niedowidzeniem.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych (poza cyklem)

5A. Analiza bibliometryczna

Mój pełen dorobek naukowy obejmuje **32 publikacje**, w tym 21 publikacji oryginalnych, 5 publikacji poglądowych, 2 opisy przypadku, 2 rozdziały w książkach i 2 referaty w formie publikacji ze zjazdów międzynarodowych. Spośród tych prac 15 znajduje się na liście A wykazu MNiSW. Spośród tych 32 publikacji, 29 wydanych zostało w czasopismach należących do dziedziny medycyny, nauki o zdrowiu lub/i nauki biologiczne, a pozostałe 3 w czasopiśmie należącym do nauk fizycznych (w obszarze optyki), lecz publikującym także artykuły z zakresu optometrii. Oba rozdziały w książkach, których jestem współautorem należą również do wydawnictw medycznych.

Sumaryczny wskaźnik **IF tych prac wynosi 27.168**, a liczba punktów **MNiSW to 429**. Dodatkowo jestem autorem lub współautorem 55 doniesień konferencyjnych prezentowanych na krajowych i zagranicznych konferencjach naukowych, a 9 z nich zostało opublikowanych w formie streszczeń (*dokładny spis - załącznik nr 4*).

Wyłączając publikacje z cyklu (5 prac), dorobek dodatkowy stanowi 27 prac, w tym 17 oryginalnych, 1 opis przypadku, 5 prac poglądowych, 2 rozdziały w książkach 2 referaty w formie publikacji ze zjazdów międzynarodowych. Ich wskaźnik **IF wynosi 16.858**, a liczba punktów **MNiSW to 274**.

IH wg WoS: 5

IH wg Scopus: 5

IH wg Google Scholar: 6

Liczba cytowań: wg WoS: 101 (bez autocytowań 83)

wg Scopus: 106

wg Google Scholar: 201

Dokładna analiza bibliometryczna wykonana przez Bibliotekę Medyczną Collegium Medicum im. Ludwika Rydgiera w Bydgoszczy znajduje się w załączniku nr 5.

5B. Omówienie zagadnień badawczych poza cyklem

Optometria jest obecnie nauką interdyscyplinarną łączącą medycynę, biologię, fizykę (biofizykę) oraz neuronaukę. Dlatego od początku swojej pracy naukowej zajmowałam się zagadnieniami leżącymi na pograniczu tych nauk. Moje zainteresowanie badaniami z zakresu nauk medycznych zaczęło się rozwijać już od początku studiów, gdy studia ze specjalności Optyka Okularowa (studia licencjackie) realizowane były wówczas we współpracy Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza

(UAM) z Uniwersytetem Medycznym im. Karola Marcinkowskiego (UMP). Większość zajęć realizowanych było na UMP (ówczesna Akademia Medyczna) i obejmowały przedmioty czysto medyczne, jak anatomia, fizjologia, histologia z cytologią, biologia układu wzrokowego i szereg pobliskich medycznych tematów. Natomiast na studiach magisterskich w specjalności Optometria (realizowanych na UAM) nadal wiele z prowadzonych przedmiotów skupiało się (i nadal skupia) wokół tematyk medycznych, a wiele zajęć prowadzonych było w szpitalach na oddziałach okulistycznych (*np. w Szpitalu Wojewódzkim w Poznaniu przy ul. Lutyckiej czy w Wielospecjalistycznym Szpitalu Miejskim im. Józefa Strusia w Poznaniu*).

Aktualnie główne moje zainteresowania naukowe obejmują poznawanie procesu widzenia, ale także we współpracy z innymi ośrodkami naukowymi zajmuję się szeroko pojętą neuronauką. Zagadnienia naukowe, które poruszam podzielone zostały tematycznie i krótko scharakteryzowane poniżej.

Z1) Wpływ wzrokowej stymulacji podprogowej na reakcje ruchowe

Moje zainteresowania badawcze zaczęłam rozwijać w okresie studiów magisterskich z optometrii, gdzie pod kierunkiem **prof. dr hab. n. med. Piotra Jaśkowskiego** prowadziłam badania z zakresu wpływu podprogowej stymulacji wzrokowej na reakcje ruchowe człowieka. W czasie tym podjęłam współpracę z *Zakładem Psychofizjologii Akademii Bydgoskiej im. Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy*, gdzie prof. Piotr Jaśkowski wówczas był kierownikiem. Prowadzone w tamtym czasie badania miały na celu wyjaśnienie słabo poznanego zjawiska zwanego *negatywnym prymowaniem podprogowym* (NCE, z ang. *negative compatibility effect*). NCE jest procesem, w którym bodźce wzrokowe prezentowane obserwatorowi w sposób podprogowy (nie postrzegane świadomie), zamiast przyspieszyć reakcję, wywołują spowolnienie odpowiedzi udzielanej przez obserwatora. W przeprowadzonych eksperymentach wykorzystywane były metody psychofizyczne (behawioralne testy psychofizyczne) oraz technika encefalografii (EEG). Zagadnienie NCE było przedmiotem mojej pracy magisterskiej, a później również rozprawy doktorskiej. Od 2004 r. badania nad procesem NCE z zastosowaniem metody EEG/EP prowadziłam w *Laboratorium Psychofizjologii, Katedry Psychologii Poznawczej w Wyższej Szkole Finansów i Zarządzania w Warszawie*, której kierownikiem stał się prof. Piotr Jaśkowski. Na bazie badań prowadzonych w okresie od 2004 r. do 2008 r. przygotowałam rozprawę doktorską, a uzyskane wyniki prezentowałam na 10 naukowych konferencjach krajowych i zagranicznych oraz zostały opublikowane one w dwóch artykułach z listy A ministerialnej [37, 38].

Artykuły powstałe na bazie badań z zagadnienia 1:

- Jaśkowski P, Przekoracka-Krawczyk A. *On the role of mask structure in subliminal priming. Acta Neurobiol Exp.* 2005;65:409-417.
- Przekoracka-Krawczyk A, Jaśkowski P. *Perceptual learning can reverse subliminal priming effects. Percept Psychophys.* 2007;69:558-566.

Doniesienia konferencyjne na bazie badań z zagadnienia 1:

- 22-26.08.2004. BUDAPEST, Hungary - European Conference on Visual Perception: *The influence of the mask on the direction of the subliminal priming effect*
- 2-3.12.2004. GENT, Belgium - Seminar on the Neuroscience of Cognitive Control: *The influence of the mask on the direction of the subliminal priming effect.*
- 11.02.2005. POZNAŃ - II Sympozjum Doktoranckie na Wydziale Fizyki, UAM: *Wpływ struktury maski na kierunek efektu prymowania podprogowego*
- 11-16.09.2005. WARSZAWA - XXXVIII Spotkanie Polskich Fizyków: *Odwrócony efekt prymowania podprogowego wywołany uczeniem się percepcyjnym maski*
- 22-25.09.2005. KRAKÓW - XXXII Spotkanie Naukowe PTP: *Wpływ bodźca maskującego na kierunek prymowania podprogowego*
- 3-4.06.2005. WARSZAWA - Konferencja Nadwzroczność: *Wpływ wzrokowych bodźców podprogowych na reakcje ruchowej*
- 17-18.05.2007. KRAKÓW - 2nd International Psychophysiological Conference in Krakow: *Mask relevance as evaluated by N2pc*
- 27-31.08.2007. AREZZO, Italy - European Conference on Visual Perception: *Perceptual learning can reverse subliminal priming effects*
- 28.02.2007. POZNAŃ – I Poznańskie Seminarium Fizyka w Okulistyce XXI wieku: *Rola maski we wzrokowym prymowaniu podprogowym*
- 21-24.10.2009. BERLIN, Society for Psychophysiological Research , 49th Annual Meeting, 2009: *Attention can be captured by neutral masks*

Z2) Rehabilitacja wzroku a proces widzenia

Pod koniec studiów doktoranckich, zajęłam się również badaniami zagadnień związanych z widzeniem obuocznym, do czego skłoniła mnie praca z pacjentami z zezami i niedowidzeniem. Zaraz po studiach magisterskich, równorzędnie ze studiami doktoranckimi podjęłam pracę w charakterze optometrysty, gdzie specjalizowałam się głównie w badania i korekcji wzroku osób z niedowidzeniem i zezem, a także ze stanami zaburzeń okołozezowych (zaburzenia akomodacyjno-konwergencyjne, okoruchowe). Obserwacje tych pacjentów oraz badania, które prowadziłam nasuwały wniosek, że stanom tym towarzyszy znacznie więcej deficytów niż te, które bada się standardowo. Skłoniło mnie to do podjęcia badań, które w dużej mierze stały się przedmiotem cyklu prac należących do habilitacji. W okresie tym nawiązałam współpracę z **Dr. WC Maplesem** z *Souther Collage of Optometry, USA*, który jest doświadczonym specjalistą w zakresie rehabilitacji wzroku oraz nauczycielem akademickim tamtej uczelni. Dr. Maples wraz z innymi specjalistami w zakresie rehabilitacji wzroku (takimi jak: Dr. Paul Harris z USA, Dr. Stean Alberg z Danii) regularnie przyjeżdża do Polski, gdzie od 2010 roku do dzisiaj prowadzą kursy z obszaru

rehabilitacji wzroku (*optometrycznej terapii widzenia - optometric vision therapy - OVT*). W terapii OVT poza wzmacnianiem funkcji wzrokowych usprawnia się także zdolności motoryczne pacjenta. Chociaż OVT jest popularną i uczoną na uniwersytetach metodą w USA, Kanadzie i Australii oraz stosowaną terapią od ponad 70 lat, to jednak nadal nie ma wiele doniesień naukowych w czasopiśmie punktowanych, o efektywności tych technik, albo o konieczności ich stosowania. W związku z tym od ok. 2007 r. rozpoczęłam pierwsze badania w tym zakresie, które stale kontynuuję.

Równorzędnie z pomiarami zaburzeń sensoryczno-motorycznych zaprezentowanych w części habilitacyjnej cyklu prac, prowadziłam i prowadzę badania nad efektywnością różnych metod rehabilitacji wzroku. Jedną z nich, propagowaną głównie wśród pedagogów i psychologów, jest stosowanie okularów ajuwerdyjskich. Są to ciemne okulary bezzoczewkowe z wieloma otworami o niedużej średnicy, które rzekomo mają „leczyć” wady refrakcji, takie jak krótkowzroczność, astygmatyzm, presbiopia i poprawiać ostrość wzroku. Badania, które przeprowadziliśmy na uczestnikach/wolontariuszach, którzy zgodzili się używać tych okularów przez okres kilku dni, nie wykazał żadnej zmiany w wadzie refrakcji, ustawieniu oczu czy innych parametrach wzrokowych, poza nieznaczną poprawą ostrości wzroku [39]. Poprawa ta była na tyle mała, że może być uznana za przypadkową. Co istotne, w efekcie używania okularów ajuwerdyjskich doszło do istotnego pogorszenia funkcji akomodacji oczu oraz powiązanej z nią konwergencji, co pokazuje, że okulary te mogą mieć szkodliwe działanie na funkcje wzrokowe, a nie działanie „lecnicze”.

Prowadziłam również badania nad efektywnością technik stosowanych w OVT u osób z zezami ukrytymi (heteroforiami). Celem badań było sprawdzenie, czy odpowiednio dobrane procedury treningu wzrokowego wykonywane w domu, mogą poprawić funkcje widzenia. Grupa osób z heteroforiami wykonywała w domu ćwiczenia wzroku (5 dni w tygodniu ok. 15-20 minut), przez okres 3 miesięcy, po czym w kolejnych 3 miesiącach ćwiczenia podtrzymujące (o mniejszej intensywności). Natomiast druga grupa osób z heteroforiami - kontrolna - nie wykonywała żadnych ćwiczeń. W grupie badawczej parametry akomodacji, wergencji, znacząco się poprawiły i wszystkie wzrokowe symptomy astenopijne zostały zredukowane, czego nie zaobserwowano w grupie kontrolnej. Wyniki wykazały zatem [40], że techniki rehabilitacji wzroku proponowane w OVT są bardzo efektywne u osób z zezami ukrytymi i potrafią znacząco usprawnić funkcje widzenia oraz zredukować symptomy wzrokowe. Wymagają jednak zaangażowania i systematycznej pracy przez okres kilku miesięcy. Pozytywny wpływ na funkcje wzroku i redukcję kąta zeza zaobserwowano także u osób z zezami jawnymi [41], jednak zagadnienie to jest na tyle szerokie ze względu na

różnego typu zaburzenia widzenia obuocznego, że wymaga dalszych badań (aktualnie dalsze publikacje są w przygotowaniu i projekty badawcze w realizacji).

Od kilkunastu lat w neuronauce i naukach o widzeniu bardzo dużą popularność zyskują nieinwazyjne metody stymulacji mózgu, takie jak przezczaszkowa stymulacja magnetyczna (TMS, z ang. *transcranial magnetic stimulation*) oraz przezczaszkowa stymulacja prądem (tDCS, z ang. *transcranial direct current stimulation*). Metody te, jak udowodniono naukowo, przy zachowaniu odpowiedniej procedury są bezpieczne i dają możliwość poznawania mechanizmów neuronalnych związanych zarówno z procesem widzenia, słyszenia, kontrolą motoryczną, jak i z wyższymi funkcjami poznawczymi [42]. W celu poznania tych metod odbyłam wiele szkoleń oraz staży naukowych, między innymi: w *UCL Institute of Child Health, London; Institute of Cognitive Neuroscience, Department of Psychology, University College London* (w 2009 r.); w *Laboratory for Transcranial Magnetic Stimulation, Department of Psychiatry, University of Ulm w Niemczech* (w 2010 r.); w *Department of Clinical Neurophysiology, University of Göttingen w Niemczech* (w 2011 i 2012 r.); na szkoleniu z zakresu TMS/tDCS prowadzonym przez firmę *Elmico na Uniwersytecie im. Adama Mickiewicza w Poznaniu* (w 2011 r.).

W czasie tym podjęłam współpracę z *Laboratory for Transcranial Magnetic Stimulation, University of Ulm, Germany*, gdzie kierownikiem jest **dr n. med Thomas Kammer** (neurolog), gdzie realizowałam badania z zakresu stymulacji TMS do projektu pt. *TMS in Temporal Order Judgement*. Efektywność stymulacji przezczaszkowej prądem (tDCS) na proces widzenia badałam również u nas w *Pracowni Fizyki Widzenia i Optometrii UAM* i w *Laboratorium Fizyki Widzenia i Neuronauki Centrum Nanobiomedycznego w Poznaniu*. W eksperymentach tych sprawdzaliśmy, czy krótkotrwała (10 minutowa) stymulacja tDCS kory potylicznej, może mieć wpływ na odpowiedź akomodacji oka. Wyniki wykazały, że stymulacja ta oddziałuje na napięcie akomodacji odpowiednio ją pobudzając lub hamując, zależnie od polaryzacji zastosowanych elektrod oraz od dobranego bodźca wzrokowego [43]. Badania te wyglądają obiecująco, albowiem sugerują, że poprzez stymulację tDCS możliwa jest zmiana podstawowych funkcji wzrokowych i w przyszłości można opracować odpowiednią procedurę przeznaczoną do rehabilitacji wzroku osób z zaburzeniami akomodacji. Aktualnie, pracujemy nad projektem zastosowania stymulacji tDCS do poprawy widzenia u osób z niedowidzeniem.

Artykuły powstałe na bazie badań z zagadnienia 2:

- Nawrot P, Michalak KP, Przekoracka-Krawczyk A. *Does home-based vision therapy affect symptoms in young adults with convergence insufficiency?* Optica Applicata. 2013; 43(3), 553-568. doi:10.5277/oa130314

- Przekoracka-Krawczyk A, Wojtczak-Kwaśniewska M. *Efektywność optometrycznej terapii wzroku w akomodacyjnej esotropii z wysokim AC/A*. OphthaTherapy. 2018
- Wendel M, Burdzinski G, Michalak KP, Przekoracka-Krawczyk A. *tDCS as a new method for change the accommodative response of the eye*. Optica Applicata. 2017; 47(4)
- Frąckowiak S, Przekoracka-Krawczyk A, Naskrecki R. *Wpływ okularów ajuwerdyjskich na układ wzrokowy człowieka*. Optyka. 2011; 4, 44-46

Doniesienia konferencyjne na bazie badań z zagadnienia 2:

- 20.04.2007. WARSZAWA – Konferencja: Psychologia i Medycyna, *Adaptacja pryzmatyczna u osób z zaburzeniami widzenia obuocznego*
- 21-22.11.2008. POZNAŃ, Konferencja: Optyka 2008: *Rola pryzmatu w procesie widzenia: Redukcja astenopii u osób z niedostateczną konferencją przy zastosowaniu treningu wzrokowego*
- 31.03-03.04.2009. ZAKOPANE, Poland, XVI Konferencja Inżynierii Akustycznej i Biomedycznej: *Redukcja astenopii u osób z niedostateczną konwergencją przy zastosowaniu treningu wzrokowego*
- 12-13.03.2010. POZNAŃ, Rozwój Optometrii w Polsce – rola szkół wyższych: *Efekty wywoływania przejściowych symptomów zaniedbywania jednostronnego u osób z heteroforią*
- 22-26.08.2010. LOZANNA, 33rd European Conference on Visual Perception: *Long-term home-based therapy in people with convergence insufficiency*
- 17-20.11.2011. WISŁA, IX Kongres KRIO: *Zez: efekt dysfunkcji wzroku, czy zaburzenie układu nerwowego*
- 20-22.05.2016. BERLIN, The European Academy of Optometry and Optics: *Fixation Disparity destabilization after short-time Transcranial Direct Current Stimulation over the Posterior Parietal Cortex in subjects with Symptomatic Heterophoria*

Z3) Neurofizjologia ruchów oczu

Powszechnie, jednym z najważniejszych badań dotyczących funkcji widzenia jest pomiar ostrości wzroku, który określa zdolność rozpoznawania szczegółów obserwowanych obiektów. Jednakże w życiu codziennym, zwłaszcza gdy poruszamy się, bardzo ważną rolę odgrywają również ruchy oczu, dzięki którym poznajemy otaczający nas świat i możemy na niego reagować. Ruchy oczu można wykonywać w sposób płynny (śledzący), albo skokowy (sakadyczny), w taki sposób, że obie gałki oczne odchylają się w tym samym kierunku - są to tzw. wersje, albo poprzez obrót gałek w przeciwnych kierunkach patrzenia - czyli wergencje, np. konwergencja i dywergencja. Wersje służą do obserwacji otaczającego nas otoczenia oraz do utrzymania obrazu na siatkówkach oczu, zaś wergencje związane są z percepcją głębi (oceną odległości). Neurofizjologia wersji jest już bardzo dobrze poznana i nadal jest to częsty przedmiot badań naukowych w wielu laboratoriach na świecie, ale niewiele jest wiadomo o neuronalnych mechanizmach wergencyjnych ruchów oczu. Badania nad wergencjami prowadzone są głównie na zwierzętach, albo w rzadkich przypadkach na ludziach, przy użyciu metod obrazowania takich jak fMRI. Mała popularność tego typu badań wynika z dużej złożoności procedury, która musi być zastosowana oraz z niestandardowych metod analiz, albowiem obecne przyrządy do rejestracji ruchów oczu

przystosowane są jedynie do badań ruchów wersyjnych. Ponadto, stosując techniki takie jak fMRI lub PET, nie ma możliwości badania dynamiki procesu przygotowania i wykonania ruchów oczu, albowiem zmiany w mózgu z nimi związane są często bardzo krótkie, a powyższe metody neurobrazowania wymagają dłuższego czasu rejestracji. Metodą dającą możliwość eksplorowania dynamiki ruchów oczu jest elektroencefalografia (EEG), którą zastosowaliśmy do badań nad wergencjami. Zagadnieniem tym zaczęłam się zajmować w 2011 roku, gdy w *Centrum NanoBioMedycznym powstało Laboratorium Fizyki Widzenia i Neuronauki*, wyposażone w aparaturę taką jak, wielokanałowe EEG (128 aktywnych kanałów) i Eyetrackery. Na początku pracy badawczej nad tym zagadnieniem opracowywałam metodykę badań ruchów wergencyjnych z użyciem technik EEG i Eyetrackerów (zbudowałam specjalny przyrząd z diodami LED skalibrowany z aparatem EEG i EOG, opracowałam metodykę analizy sygnału i skorelowałam go z danymi z Eyetrackera). Następnie przeprowadziłam serię badań nad ruchami wergencyjnymi wykonywanymi odruchowo, jak i dobrowolnie (wolincjonalnie). Badania te są nadal kontynuowane.

W okresie tym nawiązałam również współpracę z ośrodkami zagranicznymi zajmującymi się badaniami ruchów oczu i/lub EEG, czyli z *Department of Cognitive Psychology and Ergonomics, University of Twente, Enschede, Netherlands* (z **Dr. Robertem van der Lubbe**) oraz z *Università Degli Studi Roma Tre, Department of Sciences, Roma, Italy* oraz z *School of Life and Health Sciences, Aston University, United Kingdom* (z **Dr. Fabrizio Zeri**). W ramach tej współpracy prowadzona była praca licencjacka studentki z *Roma Tre University*, oraz praca doktorska studentki z UAM. Ponadto, powstało kilka prac magisterskich na kierunku optometria UAM. Stosując metodę potencjałów wywołanych skorelowanych ze zdarzeniem (ERP, z ang. *event-related potentials*) oraz analizę źródła sygnału (*Principal component analyses w BESA*), udało nam się zlokalizować źródła korowe zaangażowane w generowanie konwergencji i dywergencji i porównać ich aktywność z aktywnością związaną z ruchami wersyjnymi. Wyniki tych badań zostały opisane w trzech publikacjach z listy A ministerialnej [44-46], a kilka kolejnych jest w przygotowaniu. Ponadto wyniki prezentowane były na kilku konferencjach naukowych, w tym na konferencji The European Academy of Optometry and Optics gdzie nasz poster pt. *Differences in cortical activation between pure saccades and combined vergences* otrzymał nagrodę na najlepsze badania naukowe (**New Research**).

Badania nad wergencyjnymi ruchami oczu są cały czas kontynuowane w naszym Laboratorium, a w kolejnych eksperymentach mamy w planach sprawdzić różnice w aktywności

kory mózgowej osób z zaburzeniami widzenia obuocznego w stosunku do osób bez zaburzeń oraz zbadać efektywność treningu wzrokowego na zmiany w procesach korowych u tych osób.

Artykuły powstałe na bazie badań z zagadnienia 3:

- Przekoracka-Krawczyk A, Wojtczak-Kwaśniewska M, Przekoracka K, Zeri F, Naskręcki R. *Sensory processing related to vergence eye movements – an ER. Optica Applicata*. 2018; 48(3)
- Wojtczak-Kwaśniewska M, Przekoracka-Krawczyk A, van der Lubbe R. *The engagement of cortical areas preceding exogenous vergence eye movements*. PLoS One. 2018; 13(6), e0198405. doi:10.1371/journal.pone.0198405
- Wojtczak-Kwaśniewska M, Przekoracka-Krawczyk A, van der Lubbe R. *The engagement of cortical areas preceding endogenous vergence eye movements*. Biol Psychol. (dane nieopublikowane - w recenzji)

Doniesienia konferencyjne na bazie badań z zagadnienia 3:

- 09.11.2012. POZNAŃ, Konferencja: OPTYKA: *Aktywność korowa podczas przygotowania wergencyjnych ruchów oczu*
- 09-11.05.2012. KRAKOW, Conference: NEURONUS: *Near and Far Space dissociation reflected in cortical activity to Vergence Eye Movements*
- 30.09-1.10.2012 r. ROMA, IX Congresso Nazionale S.Opt.I. di Roma 20: *L'attività corticale nella preparazione dei movimenti oculari di vergenza*
- 9-11.05.2013, KRAKOW, NEURONUS 2013 IBRO & IRUN Neuroscience Forum: *Near and far space dissociation reflected in cortical activity related to vergence eye movement*
- 16–18.05.2014. WARSAW, The European Academy of Optometry and Optics: *Differences in cortical activation between pure saccades and combined vergences*
- 17-19.04.2015. KRAKOW, Konferencja: NEURONUS 2015 IBRO & IRUN Neuroscience Forum: *Localizing cortical sources of ERPs related to vergence eye movement preparation; Source analyses of ERP activity related to combined vergence eye movement preparation*
- 17-20.09.2015. CYPRUS, 19th Conference of the European Society for Cognitive Psychology (ESCAP): *Source analyses of ERP activity related to combined vergence eye movement preparation*
- 16-17.03.2016. WROCŁAW, Wrocławskie Dni Mózgu: *Neuronalne podstawy wergencyjnych ruchów oczu;*
- 20-22.05.2016. BERLIN, The European Academy of Optometry and Optics: *Cortical sources of event – related potentials related to vergence eye movement preparation;*
- 27-29.10.2016. ROME, Conference: International Conference and Expo on Optometry and Vision Science: *Comparison of cortical activation evoked by volitional vergence and saccade eye movements*
- 6-8.10.2016. RIGA, 1st International Symposium on Visual Physiology, Environment, and Perception: *Differences in cortical activation between pure volitional saccades and pure volitional vergence movements*

Z4) Sumowanie obuoczne i supresja korowa

Widzenie obuoczne znacząco poprawia jakość widzenia w taki sposób, że w stosunku do widzenia jednoocznego, dochodzi do wzrostu ostrości wzroku o ok. 20%, poprawy poczucia kontrastu o 40%, zwiększa się pole widzenia o 40° oraz pojawia się zdolność widzenia stereoskopowego (przestrzennego) [34]. Innymi słowy informacja wzrokowa jest wzmacniana gdy patrzymy dwoma

gałkami ocznymi i gdy procesy mózgowe z tym związane są zachodzą prawidłowo. Wzmocnienie to zwane jest sumowaniem obuocznym (*BS*, z *ang. binocular summation*). *BS* badane jest głównie metodami subiektywnymi - przy użyciu testów psychofizycznych, podczas których ocenia się w jakim stopniu wzrastają zdolności widzenia w efekcie stymulacji obuocznej w stosunku do jednoocznej. Na świecie podejmuje się również próby rejestracji procesu *BS* metodami obiektywnymi, takimi jak wzrokowe potencjały wywołane (*WPW*), zarówno u osób w prawidłowym widzeniem jak i u pacjentów z zezem lub/i niedowidzeniem, w celu oceny dojrzałości kory mózgowej oraz rejestracji zmian jakie zachodzą w korze mózgowej w efekcie różnego typu zaburzeń widzenia obuocznego. Niektóre badania faktycznie potwierdzają, że w efekcie stymulacji obuocznej dochodzi do zwiększenia amplitudy komponentu P100 i/lub skrócenia jego latencji [47, 48], co traktowane jest jako odpowiedź komórek obuocznych zlokalizowanych w korze wzrokowej pierwszorzędowej. Wyniki innych badaczy nie potwierdzają jednak tego założenia, albowiem *BS* uzyskiwano jedynie przy bodźcach o wysokiej częstotliwości przestrzennej [48] lub przy porównaniu stymulacji obuocznej do oka niedominującego, ale nie do oka dominującego [49]. Bagolini i wsp. [50] zaobserwowali wzmocnienie *WPW* tylko przy bodźcach o niskim kontraście, zaś Tyler i wsp. [51] jedynie przy wysokim kontraście. Co więcej Pineles i wsp. [52] uzyskali efekt *BS* tylko u 36% osób z prawidłowym widzeniem obuocznym, a 46% badanych wykazało hamowanie korowe (zmniejszona amplituda *WPW* przy patrzeniu obuocznym w stosunku do stymulacji jednoocznej).

Jak zatem widać dotychczas stosowane paradygmaty badań nad *BS* z zastosowaniem *WPW* nie są wystarczająco czułe, aby mogły być stosowane klinicznie. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że we wszystkich badaniach używano jedynie potylicznych kanałów (*Oz*, a czasem *O1* i *O2*) i poza nielicznymi wyjątkami, analizowano jedynie parametry komponentu P100. Sugeruje to, że może inne komponenty lub rejestrowane z innego miejsca głowy niż elektroda *Oz*, mogą być bardziej wrażliwe na zmiany aktywności korowej w procesie *BS*.

Celem badań, które prowadziłam w tym obszarze było sprawdzenie czy *BS* jest możliwe do rejestracji poprzez metodę EEG/*WPW* jeżeli zastosuje się odpowiednią konfigurację kanałów oraz wyznaczy inne parametry niż komponent P100. Chcieliśmy także sprawdzić czy wzmocnienie na komponencie P100 faktycznie pochodzi z pierwszorzędowej kory wzrokowej (poprzez analizę źródła sygnału). Eksploracja wielu komponentów na wielu kanałach może pomóc w zrozumieniu mechanizmu *BS*, czyli na jakim etapie przetwarzania ono zachodzi (wczesnym czy późnym i w jakich obszarach kory mózgowej). Dodatkowo moje zainteresowanie sięga procesu hamowania korowego towarzyszącego supresji międzyocznej obecnej w zezach i niedowidzeniu. W

prorowadzonych eksperymentach nad procesem sumowania i hamowania korowego, zastosowano wielokanałowy system EEG (64 kanały) i analizie poddano wszystkie cztery widoczne komponenty WPW (N75, P100, N145 i P200). Poza oceną załamek WPW wykonano także analizę czasowo-częstotliwościową fal mózgowych (tzw. *analizę falkową* - z ang. *wavelets*), a do określenia neuronalnych źródeł korowych BS użyto metody BESA (ang. *Brain Electrical Source Analysis*).

Uzyskane wyniki wykazały, że najsilniejsze wzmocnienie sygnału podczas stymulacji obuocznej obserwowane jest nie na komponencie P100 ale na N75 [53]. Źródła korowe załamka N75 zlokalizowane są w obrębie bruzdy ostrogowej, czyli w miejscu gdzie znajduje się pierwszorzędowa kora wzrokowa, zatem odpowiedź komórek obuocznych z kory prążkowej obrazują zmiany na załamku N75. Źródła korowe załamka P100 znajdują się w korze pozaprążkowej, zlokalizowanej w obrębie szlaku wzrokowego brzuszego (kora potyliczno-skroniowa) i grzbietowego (kora górno-ciemieniowa), więc zmiany na tym komponencie odzwierciedlają integrację informacji zachodzącą na wyższych piętrach korowych. Pozostałe komponenty (N145 i P200) posiadają liczne generatory korowe, głównie w obrębie kory ciemieniowej, skroniowej, ale także czołowej, ponieważ obrazują odpowiedź kory mózgowej na procesy percepcyjne. Ponadto, analiza czasowo-częstotliwościowa wykazała, że w efekcie stymulacji obuocznej w pierwszych fazach analizy sygnału dochodzi do wzmocnienia fal wysokoczęstotliwościowych (gamma i beta), co może odzwierciedlać komunikację lokalną neuronów w obrębie kory wzrokowej pierwszorzędowej), zaś w późniejszych oknach czasowych zmiany w mocy fal mózgowych obserwowane były głównie w zakresie fal niskoczęstotliwościowych (alfa) [54], obrazujących procesy kontroli odgórnej (top-down), czyli wpływ obszarów ciemieniowych na aktywność kory potylicznej [55].

Ponadto w badania przeprowadzonych na osobach z zezami i niedowiedzeniem wykazaliśmy, że u osób z zachowanym częściowym widzeniem obuocznym na wczesnych etapach przetwarzania (kora pierwszorzędowa), dochodzi do integracji sygnału obuocznego, a proces supresji korowej zachodzi na późnych etapach - tzw. supresja świadomego perceptu). Natomiast u osób z całkowitym brakiem widzenia obuocznego i stereopsji (nieleczone zezy od wczesnego dzieciństwa), obuoczne wzmocnienie sygnału korowego nie zachodzi, co świadczy o procesach hamownia obecnych już na poziomie kory pierwszorzędowej. Dodatkowo osoby z zezami wykazują uogólnioną inhibicję korową objawiającą się zredukowaną amplitudą wszystkich komponentów WPW i mocą fal mózgowych w zakresie alfa, beta i gamma, co występuje zarówno przy stymulacji obuocznej jak i jednoocznej patrząc okiem prowadzącym/dominującym [prace w przygotowaniu].

Występowanie procesu inhibicji korowej może tłumaczyć dlaczego osoby z zezami wykazują osłabione zdolności koordynacji oko-ręka, czułości na kontrast, percepcji ruchu, czy nawet przy patrzeniu okiem prowadzącym (z dobrą ostrością wzroku). Potwierdza to, że zaburzenia widzenia obuocznego nie ograniczają się tylko do braku stereopsji, ale towarzyszą im znacznie szersze deficyty.

Na bazie badań prowadzonych w tym zakresie powstała rozprawa doktorska, której jestem promotorem pomocniczym i głównym pomysłodawcą oraz 2 prace magisterskie. Wyniki zostały opublikowane w dwóch recenzowanych artykułach, trzeci jest w trakcie recenzji a kolejne publikacje w przygotowaniu. Ponadto, wyniki prezentowane były na wielu konferencjach naukowych krajowych i zagranicznych. Badania nad tym zagadnieniem nadal kontynuuję w naszym Laboratorium.

Artykuły powstałe na bazie badań z zagadnienia 4:

- Czaińska M, Przekoracka-Krawczyk A, Naskręcki R, van der Lubbe R. *Binocular summation evaluated by early and late visual evoked potentials*. Optica Applicata. 2018; 48(1), 137-148. doi: 10.5277/oa180113
- Przekoracka-Krawczyk A, Czainska M, van der Lubbe R. *Binocular facilitation with parvo- and magno-cellular stimulation reflected in EEG oscillations*. Proceedings VII European I word meeting in visual and psysiological optics. 2014, 259-262. doi:10.13140/2.1.3834.5923

Doniesienia konferencyjne na bazie badań z zagadnienia 4:

- 09-11.05.2012. KRAKOW, Conference: NEURONUS: *Cortical activity related to binocular visio*
- 9-11.05.2013, KRAKOW, NEURONUS 2013 IBRO & IRUN Neuroscience Forum: *Cortical activity related to binocular vision; Cortical oscillation related to binocular vision*
- 3-4.10.2013. POZNAN, Electromagnetic Fields and Quantum Phenomena in the Biological Systems: *Cortical oscillation related to binocular vision*
- 11.2013 r. WISŁA, Konferencja KRIO: *Thumienie międzyocne - mechanizm oraz terapia*
- 16–18.05.2014. WARSAW, The European Academy of Optometry and Optics: *Inter-ocular suppression reflected in event-related potentials*
- 25-27.04.2014. KRAKOW, NEURONUS 2014 IBRO & IRUN Neuroscience Forum: *Induced inter-ocular suppression reflected in evoked cortical oscillations*
- 25-27.08.2014. WROCLAW, The 7th European Meeting coinciding with the 1st World Meeting in Visual and Physiological Optics: *Binocular facilitation with parvo- and magno-cellular stimulation reflected in EEG oscillations*
- 7.11.2014. POZNAN, Konferencja: Optyka 2014: *Strong representation of dominant eye reflected in event-related potential*
- 17-19.04.2015. KRAKOW, Konferencja: NEURONUS 2015 IBRO & IRUN Neuroscience Forum: *Source analyses of ERP activity during binocular facilitation*
- 17-20.09.2015. CYPRUS, 19th Conference of the European Society for Cognitive Psychology (ESCAP): *Localizing cortical sources of ERPs related to binocular facilitation*
- 20-22.05.2016. BERLIN, The European Academy of Optometry and Optics: *Neural generators of binocular summation – EEG study*

- 27-29.10.2016. ROME, Conference: International Conference and Expo on Optometry and Vision Science: *Intercortical inhibition in area of extrastriate cortex in strabismus*

Z5) Badania funkcji i zaburzeń widzenia u dzieci

Ze względu na to, że proces widzenia rozwija się w pierwszych latach życia, najsilniej do 7 r.ż. bardzo ważne jest aby wszelkie odchylenia od normy wzrokowej były jak najwcześniej wykryte i leczone lub korygowane. Obecnie badania wzroku dzieci nie są wykonywane rutynowo (nie są przewidziane jako obowiązkowe), a dzieci trafiają do gabinetów głównie gdy oko zaczyna uciekać lub zachowania dziecko są podejrzane (przechylenie głowy, przybliżanie się do telewizora). Wyjątek stanowią dzieci urodzone przedwcześnie lub z innymi sprzężonymi zaburzeniami, które najczęściej trafiają pod kontrolę specjalisty od pierwszych dni życia. Wiele wad wzroku i zaburzeń funkcji widzenia nie jest możliwa do wykrywania prostymi metodami takimi jak pomiar ostrości wzroku, które odbywa się regularnie w szkołach i często przedszkolach. Przykładowo, dziecko z dużą nadwzrocznością może uzyskać dobre wyniki ostrości wzroku jeżeli skompensuje wadę poprzez akomodację, bądź u osoby z zezem rozbieżnym podczas badania przesiewowego w szkole, nieprawidłowe ustawienie oczu może być niezauważone, ponieważ zezy rozbieżne zwykle są okresowe a widzenie stereoskopowe zachowane. Aby wykryć tego typu zaburzenia badanie musi być przeprowadzone albo przez specjalistę, albo przez osoby odpowiednio przeszkolone. Z tego też względu bardzo istotne jest opracowywanie metod przesiewowych badań wzroku, które w większym stopniu będą wrażliwe na różnego typu zaburzenia. Doniesienia naukowe i epidemiologiczne wskazują, że w całej populacji ludzkości następuje gwałtowny wzrost wad refrakcji, głównie krótkowzroczność. Aktualnie szacuje się, że na świecie jest ok. 2 miliardy ludzi z krótkowzrocznością, a jeśli obecny trend się utrzyma to w roku 2050 wartość ta wzrośnie do 5 miliardów ludzi (czyli ponad połowa populacji świata) [56]. Dlatego też, bardzo ważne jest aby dzieci były badane w jak najwcześniejszym wieku i regularnie kontrolowane (choćby w szkołach), aby skorygować wadę w odpowiednim czasie, ponieważ zaburzenia wzrokowe mają znaczny wpływ nie tylko na zdolności widzenia w dali wzrokowej, ale również wpływają na naukę, pisanie i czytanie oraz koncentrację uwagi.

Badania nad oceną stanu wzroku dzieci zaczynających edukację wczesnoszkolną rozpoczęłam w 2008 we współpracy z Katedrą Psychologii Poznawczej Wyższej Szkoły Finansów i Zarządzania w Warszawie (WSFIZ), realizując ministerialny projekt, pt. *Predykcja ryzyka dysleksji u dzieci w wieku przedszkolnym na podstawie badań deficytów mózdkowych*, którego kierownikiem był prof. Piotr Jaśkowski oraz realizując projekt uczelniany WSFIZ pt. *Zaburzenia*

układu wzrokowego w diagnozie dysleksji rozwojowej, którego byłam kierownikiem. W projekty te zaangażowana była również Katedra Biologii Układu Wzrokowego i Optometrii, Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu (**dr n. med. Katarzyna Perz** - okulista) oraz lekarze okuliści z prywatnych gabinetów w Krakowie. W ramach tych projektów przebadaliśmy optometrycznie i okulistycznie ponad 400 dzieci, u których określano wady refrakcji, ustawienie oczu, zdolności konwergencyjno-akomodacyjne i widzenie obuoczne. Wyniki wykazały, że w wieku 5-6 lat odsetek osób z krótkowzrocznością jest niewielki, ale jedynie 20% dzieci miało wadę refrakcji większą niż fizjologiczna nadwzroczność +1,00, co sugeruje, że duża liczba z tych dzieci będzie miała w przyszłości krótkowzroczność. Parametry widzenia obuocznego w tej grupie dzieci były przybliżone do osób dorosłych, pokazując, że w wieku 6 lat układ wzrokowy jest już prawie w pełni dojrzały.

Podobne badania przeprowadziliśmy w 2014 roku we współpracy z Katedrą i Kliniką Okulistyki Uniwersytetu Medycznego we Wrocławiu (z **prof. dr n. med. Martą Misiuk-Hojło**) oraz z Katedrą Optyki i Fotoniki Politechniki Wrocławskiej (**prof. Marekiem Zajacem** oraz **prof. Henrykiem Kasprzakiem**) oraz grupą Essilor. Badania realizowane w ramach wspólnego projektu dotyczyły opracowania procedur badań przesiewowych dzieci mających na celu wykrycie niedowidzenia i zaburzeń widzenia obuocznego. W badaniu okulistycznym i optometrycznym wzięło ponad 400 dzieci w wieku przedszkolnym. Dzieci te najpierw przeszły badanie przesiewowe przy użyciu rozszerzonego pakietu testów, a następnie po badaniu szczegółowym określono, które z zastosowanych testów są najbardziej wrażliwe i mogą posłużyć do szybkiego wykrywania wad refrakcji, jak i zaburzeń widzenia obuocznego [praca w przygotowaniu]. Na bazie tych testów w latach 2016-2017 we współpracy międzyuczelnianej (Uniwersytet im. Adama Mickiewicza; Oddział Okulistyki Uniwersytetu Medycznego we Wrocławiu; Politechnika Wrocławska; Politechnika Częstochowska i Uniwersytet Warszawski) przeprowadzono badanie przesiewowe ok. 2500 dzieci w wieku przedszkolnym (6-letnie) [praca w przygotowaniu], a aż 48% z nich miało podejrzenie zaburzeń widzenia i zostało skierowane na dalsze badania specjalistyczne. Ponadto, badania potwierdziły większą skłonność do krótkowzroczności niż w latach wcześniejszych, a także niepokojącym jest fakt występowania u dużej grupy dzieci znacznej egzoforii (zeza ukrytego rozbieżnego) w bliży wzrokowej. Wartości egzoforii znacząco zwiększyły się w stosunku do badań, które wykonywaliśmy 8 lat wcześniej, co może być wynikiem dużej liczby godzin spędzanych przez te dzieci przy tabletach i/lub smartfonach (8 lat temu nie były one jeszcze tak powszechne wśród dzieci wczesnoszkolnych). Pokazuje to, że aktualne młode pokolenie będzie miało dużo

problemów konwergencyjno-akomodacyjnych, a także liczne wady refrakcji, mogące im utrudniać proces czytania i nauki. Publikacje z tego zakresu są aktualnie w przygotowaniu.

W ramach pracy naukowej skoncentrowanej na badaniach dzieci, aktualnie realizuję również projekt, we współpracy z Katedrą Chorób Oczu i Optometrii (**dr med. Andrzejem Michalskim i dr med. Katarzyną Perz-Juszczyszyn - okulistami**). Dotyczy on badań nad zastosowaniem skiaskopii w blizy (ang. *near retinoscopy*) wykonanej metodą Mohindry, w celach badań wady refrakcji. Metoda ta wydaje się być bardzo użyteczna, ponieważ nie wymaga stosowania środków farmakologicznych w czasie pomiarów wady, lecz dokładność tej metody u dzieci ze złożonymi wadami nie jest jednoznacznie potwierdzona. Aktualnie przeprowadzaliśmy badania w dużej grupie dzieci z wysokimi wadami refrakcji i zezami i wykazaliśmy, że metoda ta daje bardzo porównywalne wyniki do techniki badań autorefraktometrem po porażeniu akomodacji środkiem o silnym działaniu porażającym akomodację - cyclopentolatem. Aktualnie powstają dwie publikacje przedstawiające wyniki tych badań, a projekt jest w dalszej realizacji.

Artykuły związane z zagadnieniem 5:

- Przekoracka-Krawczyk A. *Zaburzenia wzrokowe u dzieci_Cz.I_Pomiar ostrości wzroku*. Optyka. 2012;4:30-35
- Przekoracka-Krawczyk A, Nawrot P. *Zaburzenia wzrokowe u dzieci Cz.II Wady refrakcji i metody ich wyznaczania*. Optyka. 2012;5:26-31
- Przekoracka-Krawczyk A, Naskręcki R. *Dysfunkcja akomodacji i metody jej badań*. Optyka. 2010; 6:24-30.

Doniesienia konferencyjne na bazie badań z zagadnienia 5:

- 28-29.05.2010. POZNAŃ, Poland, Polska Konferencja Optometryczna: *Badanie wybranych parametrów wzrokowych u dzieci w wieku przedszkolnym*
- 26.11.2010. POZNAŃ, Konferencja: Optyka 2010: *Badanie wybranych parametrów wzrokowych u dzieci w wieku przedszkolnym; Wpływ warunków badania na pomiar forii z zastosowaniem pałeczki Maddoxa*
- 25-26.11.2011. ŻORY, Konferencja pt. „Istota zmysłu wzroku i słuchu w rozwoju dziecka - zaburzenia, diagnoza i terapia”: *Trening wzrokowo-motoryczny w terapii zaburzeń widzenia obuocznego*

Z6) Uczenie się motoryczne za pomocą wyobraźni ruchowej

Uczenie się motoryczne to jedna z podstawowych zdolności ruchowych człowieka. Dzięki niemu w efekcie praktyki wykonujemy wiele czynności coraz lepiej i szybciej, poczynając od nauki chodzenia, pisanie, uprawiania sportów, po prowadzenie samochodu. Uczenie to polega na wielokrotnym powtarzaniu danej czynności, aż nie osiągnie się poziomu automatyzmu. Istnieje idea, że nauka czynności ruchowych takich jak, rzucanie piłką, łapanie obiektów, poruszanie palcami/kończynami w odpowiedniej sekwencji ruchów, może zajść nie tylko w treningu fizycznym

ale również gdy osoba mentalnie wyobraża sobie ruch zamiast go faktycznie wykonywać [57]. Proces ten zwany jest wyobrażaniem motorycznym (ruchowym, z *ang.* *motor imagery* - *MI*) i polega na wykonywaniu czynności jedynie „wewnętrznie” - poprzez symulację ruchu. Badania nad MI sugerują, że podczas symulacji ruchowej aktywują się również obszary kory ruchowej związane z faktycznie wykonywanym ruchem, dlatego metoda ta staje się coraz bardziej popularna w rehabilitacji osób po udarach, jak i we wspomaganiu treningu fizycznego u sportowców czy muzyków. Niemniej jednak, nie ma jednoznacznych dowodów na to, że w efekcie MI dochodzi faktycznie do zmian w obrębie kory ruchowej, a nie kory wzrokowej (wyobrażenia ruchu). Ponadto nie jest jasne w jakim stopniu MI może zastąpić faktyczny trening fizyczny lub go wzmocnić.

Celem badań nad procesem MI, w które byłam zaangażowana było określenie specyfiki nabywania umiejętności ruchowych za pomocą MI przy zastosowaniu metody elektroencefalografii (EEG). Badania realizowane były w Laboratorium Fizyki Widzenia i Neuronauki w Centrum NanoBioMedycznym na UAM, w ramach grantu ministerialnego pt. "Uczenie motoryczne za pomocą symulacji ruchowej"; Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, ID: 184256, pod kierownictwem **dr Rob van der Lubbe**. W badaniach stosowany był wielokanałowy (128 kanałów) system EEG z aktywnymi elektrodami (Brain Products), który umożliwia rejestrację sygnału korowego z bardzo dużą czułością (bardzo wysoki stosunek sygnału do szumu). Badania prowadzone były na osobach zdrowych, a ich zadaniem było wykonywanie palcami określonych sekwencji ruchowych, zgodnie ze wskazówkami pojawiającymi się na ekranie monitora.

W pierwszym eksperymencie wykazaliśmy [58], że MI faktycznie wzmacnia efekty uczenia się motorycznego, lecz nie może zastąpić realnie wykonywanych ruchów. Ponadto, na podstawie badań aktywności mózgu w EEG/ERP (*event related potentials*) zaobserwowaliśmy, że w procesie MI dochodzi do aktywacji kory czołowej w rejonie kory ruchowej. W drugim eksperymencie [59], sprawdzaliśmy czy w procesie MI do nauki wymaganych sekwencji ruchowych uczestnicy wykorzystywali wyobraźnię ruchową, czy wyobraźnię wzrokową. Badania ponownie wykazały, że w procesie MI dochodzi do przyspieszania wykonywanych później ruchów (uczenie się motoryczne) czemu towarzyszył wzrost aktywności głównie w obrębie kory ruchowej zarówno w zadaniu z MI, jak i w zadaniu z realnie wykonywanym ruchem. W rejonie kory potylicznej natomiast obserwowane zmiany w aktywności były nieznaczne. Dowodzi to, że w procesie MI zachodzą faktyczne zmiany w korze ruchowej, a proces ten nie jest ograniczony jedynie do wyobrażania sobie ruchu. W kolejnych badaniach [60] sprawdzaliśmy, czy proces uczenia się motorycznego poprzez MI odnosi się do konkretnego efektora (konkretnego palca ręki).

Wykazaliśmy, że uczenie się poprzez MI nie jest specyficzne do konkretnego, uczonego efektora, ale raczej wynika z wyuczonych sekwencji ruchowych niezależnych od „ćwiczonego” palca.

Badania realizowane w ramach tego projektu pozwoliły lepiej zrozumieć mechanizm uczenia się motorycznego poprzez wyobraźnię ruchową i dostarczyły dowodów, że jest to faktyczne uczenie się motoryczne związane ze zmianami w obrebie kory ruchowej. Metoda ta może zatem być efektywną techniką wspomagającą proces rehabilitacji ruchu u pacjentów po różnego typu uszkodzeniach mózgu, czy u sportowców i muzyków. Badania te są nadal kontynuowane w naszej pracowni.

Na podstawie tych badań powstały 3 prace magisterskie, jedna rozprawa doktorska, opublikowane zostały 3 artykuły naukowe, a wyniki były prezentowane na kilku konferencjach międzynarodowych.

Artykuły związane z zagadnieniem 6:

- Sobierajewicz J, Szarkiewicz S, Przekoracka-Krawczyk A, et al. *To What Extent Can Motor Imagery Replace Motor Execution While Learning a Fine Motor Skill?* Adv Cogn Psychol. 2016;12:179-192.
- Sobierajewicz J, Przekoracka-Krawczyk A, Jaskowski W, et al. *The influence of motor imagery on the learning of a fine hand motor skill.* Exp Brain Res. 2017;235:305-320.
- Sobierajewicz J, Przekoracka-Krawczyk A, Jaskowski W, et al. *How effector-specific is the effect of sequence learning by motor execution and motor imagery?* Exp Brain Res. 2017;235:3757-3769.

Doniesienia konferencyjne na bazie badań z zagadnienia 6:

- 25-27.04.2014. KRAKOW, NEURONUS 2014 IBRO & IRUN Neuroscience Forum: *The influence of motor imagery on the learning of a motor skills*
- 04.2015, KRAKOW, Conference NEURONUS 2015 IBRO & IRUN Neuroscience Forum: *To what extent does motor imagery affect sequential motor skill learning?*
- 09.2015, SEATTLE, USA, The 55th Annual Meeting of the Society for Psychophysiological Research (SPR): *The influence of motor imagery on the learning of a motor skill*

Z7) Badania zależności posturalnej kontroli ciała od informacji wzrokowej

Utrzymanie balansu ciała zależne jest od informacji wzrokowej, przedsionkowej i proprioceptywnej, a sygnały te są integrowane w mózdzku. Spośród tej informacji jedną z istotniejszych są sygnały pochodzące z narządu wzroku, czyli informacja siatkówkowa (poruszanie się obrazu po siatkówce oka) oraz okoruchowa (wysiłek konwergencyjny) [61]. Nieprawidłowa informacja wzrokowa może znacząco zaburzyć proces utrzymywania równowagi, co wykazano już w jednym z artykułów wchodzących w skład cyklu habilitacyjnego [H1]. Skoro u osób z zezami pojawiają się zaburzenia motoryczne i balansu ciała, to można spodziewać się, że nieprawidłowa informacja wzrokowa może także wpłynąć na równowagę ciała u szerszej grupy osób z deficytami widzenia obuocznego. W

badaniach realizowanych w ramach zagadnienia VII podjęłam się próby sprawdzenia czy niestabilne widzenie obuoczne u osób z dysleksją rozwojową może mieć destabilizujący wpływ na ich postawę ciała i utrzymywanie równowagi. Wyniki wykazały [62], że osoby dyslektyczne wykazujące niestabilność obuoczną mają osłabione zdolności kontroli balansu ciała, ale nie jest to związane z nieprawidłową informacją obuczoną, albowiem ich balans ciała przy patrzeniu obuocznym był porównywalny do patrzenia jednoocznego. Ponadto, wykazaliśmy, że zaburzenia równowagi w grupie dorosłych dyslektyków ulegają znacznej kompensacji z wiekiem i nie są możliwe do wykrycia w prosty sposób. Aby je zarejestrować konieczne jest wprowadzenie dodatkowego zadania mentalnego, które angażuje obszary kory czołowej i znosi efekty kompensacji zaburzeń motorycznych. Widać zatem, że badania posturograficzne pozwalają lepiej zrozumieć wzajemne zależności różnych zmysłów u osób zdrowych, jak i u pacjentów z różnego typu zaburzeniami.

Nietrywialnym jest jednak fakt, że stosując standardowe metody analizy sygnału posturograficznego, czyli ocenę wielkości wychyleń środka nacisku ciała na podłoże (CoP), jego prędkość i pole powierzchni jakie on zakreśla, pewne deficyty balansu ciała mogą być trudne do detekcji. Dlatego konieczne jest opracowywanie nowych/innych metod analizy sygnału posturograficznego, które byłyby bardziej czułe na nieduże deficyty oraz pozwoliły wyróżnić składowe bezpośrednio związane z odruchami posturalnymi od swobodnego dryftu ciała [63]. Aby lepiej zrozumieć rolę zmysłu wzroku w kontroli postawy ciała u osób z różnego typu deficytami (wzrokowymi i neurologicznymi), we współpracy z dr n. med. Krzysztofem Michalakiem wykorzystujemy nową autorską opracowaną przez niego metodę zwaną *dekompozycją sygnału posturograficznego*. Metodę dekompozycji sygnału wykorzystaliśmy do badań balansu ciała u osób młodych i w podeszłym wieku, z i bez idiopatycznych zaburzeń chodu. Wykazaliśmy, że w efekcie starzenia informacja wzrokowa odgrywa coraz mniejszy wpływ na stabilizację ciała, a osoby te przy oczach otwartych posiadają balans ciała porównywalny do osób młodych przy oczach zamkniętych. Osoby starsze z idiopatycznymi zaburzeniami chodu mają natomiast nieco gorszą kontrolę posturalną przy oczach otwartych niż osoby młode przy oczach zamkniętych [64, 65].

Prace nad opracowywaniem metody analizy sygnału posturograficznego są nadal kontynuowane w naszej Pracowni. Wyniki były publikowane w kilku artykułach naukowych a kolejne są w przygotowaniu.

Artykuły związane z zagadnieniem 7:

- Michalak KP, Przekoracka-Krawczyk A, Nawrot P, et al. *The filtering of the posturographic signals shows the age related features*. ScientificWorldJournal. 2014;2014:403893.

- Michalak KP, Przekoracka-Krawczyk A, Nawrot P, et al. *The aging process in principal component analysis of posturographic signals*. Applications of Information Systems in Engineering and Bioscience. 2014:183-192.
- Michalak KP, Przekoracka-Krawczyk A, Zabel J. *Wpływ informacji wzrokowej na proces kontroli balansu ciała*. Optyka. 2018, 6(55): 38-42.
- Michalak, K. P.; Przekoracka-Krawczyk, A. *Wpływ wzroku na złożoność regulacji balansu ciała*. Optyka. 2019; 1(56): 66-69.

5C. Komunikaty konferencyjne - aktywny udział

Wyniki prowadzonych przez siebie badań prezentowane były w formie referatów lub posterów (jako jedyny autor albo współautor) na **41 konferencjach**: w sumie **55 doniesień konferencyjnych**, tym 35 na konferencjach o zasięgu międzynarodowym i 20 na krajowych konferencjach. Dokładny spis komunikatów zjazdowych znajduje się w *załączniku nr 4*.

5D. Projekty badawcze

- **2008-2009 r.** Kierownik grantu rektorskiego Wyższej Szkoły Finansów i Zarządzania w Warszawie, pt. „*Zaburzenia układu wzrokowego w diagnozie dysleksji rozwojowej*”
- **2008-2010 r.** Wykonawca w grantie ministerialnym pt. „*Predykcja ryzyka dysleksji u dzieci w wieku przedszkolnym na podstawie badań deficytów mózdkowych – cz.1, pretest*”, Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego H01F 007 29 (kier. prof. dr hab. n. med. Piotr Jaśkowski).
- **2010 r.** Przyznanie wydziałowego aparaturowego grantu naukowego, pt. “*Rola mózdku w procesie widzenia obuocznego*” na zakup platformy do oceny równowagi (AccuSway) wraz z oprogramowaniem NetForce i Balance Trainer, firmy AMTI.
- **2011 r.** Przyznanie wydziałowego aparaturowego grantu naukowego na budowę stanowiska do badań koordynacji okoruchowej oraz na zakup stymulatora do potencjałów wywołanych.
- **2013-2016 r.** Wykonawca w grantie ministerialnym pt. “*Uczenie motoryczne za pomocą symulacji ruchowej*”; Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, ID: 184256 (kierownik dr Rob van der Lubbe).

5E. Udział w komitetach redakcyjnych i recenzje artykułów naukowych

- Od roku 2016 jestem jednym z członków rady naukowej w okulistycznym amerykańskim czasopiśmie *EC Ophthalmology*.
- **Recenzowałam 10 artykułów naukowych** (prac oryginalnych), w tym 7 artykułów w czasopismach z listy A, takich jak: *Advances in Cognitive Psychology* (MNiSW 15 pkt), *PlosOne* (MNiSW 35 pkt), *International Journal of Ophthalmology* (MNiSW 15 pkt), *Neuroscience Letter*, (MNiSW 20 pkt), *Clinical Pediatrics* (MNiSW 20 pkt); oraz 3 artykuły spoza listy A w czasopismach: *EC Ophthalmology*, *Journal of Ophthalmic Studies*, *The Open Ophthalmology Journal*.

5F. Kursy, staże, szkolenia naukowe

- 2008-2011 – współpraca naukowa i staż (okresowo/cyklicznie) z zakresu metod elektroencefalografii (pomiar i analiza sygnału) w *Pracowni elektrofizjologii Katedry Psychologii Eksperymentalnej* w Wyższej Szkole Finansów i Zarządzania w Warszawie
- 2011- dwudniowe warsztaty z przezczaszkowej stymulacji mózgu (TMS, tDCS), w *Centrum NanoBioMedyczny, UAM* w Poznaniu
- 2011- dwudniowe warsztaty z badań metodą EEG z aktywnymi elektrodami w *Centrum NanoBioMedyczny, UAM* w Poznaniu
- 2009 - tygodniowy pobyt - TMS Summer School w Londynie
- 2009 - tygodniowy pobyt - ITN-LAN Meeting, *UCL Institute of Child Health*, London; Institute of Cognitive Neuroscience, Department of Psychology, University College London.
- 2010 - miesięczny staż naukowy w *Laboratory for Transcranial Magnetic Stimulation, University of Ulm*, Department of Psychiatry, realizacja projektu: „TMS in Temporal Order Judgement” pod opieką Dr. Thomasa Kammera.
- 2011 – tygodniowy staż w *Department of Clinical Neurophysiology*, University of Göttingen, Niemcy, z zakresu stymulacji przezczaszkowej mózgu
- 2012 - czterodniowy kurs z zakresu stymulacji przezczaszkowej mózgu *The Course of Transcranial Magnetic and Electric Stimulation (TMS/tDCS/tACS/tRNS)* w *Department of Clinical Neurophysiology*, University of Göttingen, Niemcy

5G. Kursy, staże, szkolenia i doświadczenie zawodowe w zakresie optometrii***Doświadczenie zawodowe w zakresie optometrii:***

- 2003 – 2006 r.: optometrysta w gabinecie okulistyczno-optometrycznym przy zakładzie optycznym *Żrenica* w Poznaniu
- 2003 – 2007 r.: optometrysta w gabinecie okulistyczno-optometrycznym przy salonie optycznym *Progres* w Poznaniu
- 2007 - 2014 r. – optometrysta (specjalność zaburzenia widzenia obuocznego i terapeuta wzroku) w *Centrum Optyki i Optometrii Fundacji UAM* w Poznaniu
- 2009 r. - aktualnie - kierownik *Centrum Optyki i Optometrii Fundacji UAM* w Poznaniu
- 2014 r. - aktualnie - optometrysta (specjalność zaburzenia widzenia obuocznego i terapeuta wzroku) w prywatnej praktyce *COTW (Centrum Optometrii i Terapii Wzrokowej)* w Poznaniu

Kursy w zakresie optometrii:

- 1999: uczestnik International Conference on Contact Lenses, Poznań.
- 2004 r. miesięczny kurs z aplikacji soczewek kontaktowych organizowany na UAM w Poznaniu we współpracy z University of California, Berkeley, School of Optometry.
- 2003 – 2005 r.: udział w cyklu szkoleń „Współczesna optometria” prowadzonych przez Prof. Bolesława Kędzie w Uniwersytecie Medycznym w Poznaniu.
- 2005 r. udział w szkoleniowej konferencji Optometria, Warszawa
- 2005 r. World Congress of World Council on Optometric Education, Kraków
- 2007 r. kurs soczewek kontaktowych organizowany przez J&J w Poznaniu
- 2007 r. udział w szkoleniowej konferencji Optometria, Warszawa
- 2008 r. kurs z aplikacji soczewek ortokeratologicznych prowadzony przez Prof. Samiego El Hage na UAM w Poznaniu
- 2008 r. udział w szkoleniowej konferencji Optometria, Warszawa

- 2009 r. dwudniowy kurs z zakresu diagnostyki jaskry, Gdańsk
- 2009 r. tygodniowy kurs Vision Therapy and Behavioral Optometry Course prowadzony przez Dr. W.C. Maples z The Southern College of Optometry, UAM Poznań
- 2010 r. tygodniowy kurs Vision Therapy and Behavioral Optometry Course prowadzony przez Dr. W.C. Maples z The Southern College of Optometry, oraz przez Dr. Steena Albeerga, UAM Poznań
- 2012 r. tygodniowy kurs Vision Therapy and Pediatric Optometry prowadzony przez Dr. W.C. Maples oraz Dr Paula Harris z The Southern College of Optometry, UAM Poznań
- 2014 r. 5-cio weekendowy kurs *Vision Therapy* prowadzony przez Dr. W.C. Maples z The Southern College of Optometry organizowany przez PTOO; Sieradz
- 2015 r. 2-weekendowy kurs *Advanced Vision Therapy* Course organized prowadzony przez Dr. W.C. Maples z The Southern College of Optometry organizowany przez PTOO; Sieradz
- 2017 r. cykl wykładów i ćwiczeń z zakresu diagnostyki tylnego odcinka oka prowadzony przez lekarza okulistę - dr Andrzeja Michalskiego, organizowany przez PTOO, Poznań, Sieradz.
- 2018 r. 6-cio dniowy kurs aplikacji soczewek ortokeratologicznych, Poznań, Poland

5H. Nagrody

- **2014 r.** Nagroda za najlepszy poster z badaniami naukowymi „*New research*“ prezentowany na międzynarodowej konferencji The European Academy of Optometry and Optics w Warszawie. Poster pt. „*Differences in cortical activation between pure saccades and combined vergences*“.
- **2014 r.** artykuł pt. „*Impaired body balance control in adults with strabismus*“. Vision Research; 2014, autorstwa Przekoracka-Krawczyk A, Nawrot P, Czainska M, Michalak KP. (stanowiący część cyklu habilitacyjnego), został uznany w USA za *feature article* w zakresie artykułów o zezach wydanych w roku 2014. Artykuł został wyróżniony przez *Expert Opinions at Elsevier's Practice Update for Eye Care*.
- **2014 r.** Dydaktyczna nagroda Dziekana Wydziału Fizyki UAM za prace nad programem do specjalności Optyka okularowa i Optometria
- **2015 r.** Dydaktyczna zespołowa nagroda Rektora UAM II stopnia za prace nad programem studiów do kierunku Optometria
- **2013 r.** Przyznanie rocznego stypendium naukowego dla młodych doktorów (postdoc), Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

5I. Członkostwo w towarzystwach naukowych

- od 2004 r. członek ***Polskiego Towarzystwa Optometrii i Optyki*** (PTOO)
- od 2014 r. członek międzynarodowej organizacji terapeutów wzroku: ***College of Optometrists in Vision Development*** (COVD)
- współzałożyciel i członek ***Środowiskowej Komisji Akredytacyjnej Optyki i Optometrii*** (ŚKAOiO)
- od 2018 r. członek ***Komisji Etyki Optometrii*** PTOO

5J. Działalność dydaktyczna i na rzecz popularyzacji nauki

Prowadzone zajęcia dydaktyczne:

- Przez okres 10 lat (2004-2014 r.) prowadziłam zajęcia (wykłady i laboratoria) z przedmiotu ***Percepcja wzrokowa z elementami neuronauki*** na specjalności Optyka Okularowa na UAM.
- W okresie 2012-2015 r. prowadziłam zajęcia laboratoryjne z zakresu **metod przeczaszkowej stymulacji mózgu (TMS i tDCS)** w ramach przedmiotu ***Podstawy neurologii z neuroanatomią i neuronauką*** na kierunku Optometria oraz kierunku Fizyka Medyczna na UAM.
- Od 2014 r. do aktualnie prowadzę zajęcia (wykłady i laboratoria) z przedmiotu ***Optometria Pediatryczna*** na kierunku Optometria. Zajęcia te prowadzone są wg autorskiego programu opracowanego na bazie kształcenia optometrystów na uczelniach wyższych w USA i Wielkiej Brytanii.
- Od 2008 r. do aktualnie prowadzę zajęcia (wykłady i laboratoria) z przedmiotu ***Widzenie Obuoczne*** na kierunku Optometria. Zajęcia te prowadzone są wg autorskiego programu opracowanego na bazie kształcenia optometrystów na uczelniach wyższych w USA i Wielkiej Brytanii.
- Od 2008 r. do aktualnie prowadzę zajęcia (wykłady i laboratoria) z przedmiotu ***Terapie widzenia*** na kierunku Optometria. Zajęcia te prowadzone są wg autorskiego programu opracowanego na bazie kształcenia optometrystów na uczelniach wyższych w USA i Wielkiej Brytanii.
Przedmiot ten, obejmujący metody terapii pasywnej i aktywnej (ćwiczenia wzroku) został wprowadzony z mojej inicjatywy, przez co staliśmy się pierwszą uczelnią wyższą w Polsce kształcąca optometrystów w zakresie terapii zezów oraz rehabilitacji pacjentów neurologicznych poprzez aktywny trening wzroku.
- od 2008 r. do aktualnie koordynuje **praktyki** studentów Optometrii **z zakresu badań zaburzeń widzenia obuocznego u dzieci i dorosłych oraz treningu wzroku** (studenci odbywali praktykę z tego zakresu na całym I roku studiów magisterskich z Optometrii oraz dodatkowo chętni studenci mogli kontynuować taką praktykę na II roku studiów). W okresie 2008 r. do 2014 r. praktyki odbywały się w Centrum Optyki i Optometrii Fundacji UAM w Poznaniu. Po roku 2014 r. praktyki te realizowane są nadal w Centrum Optometrii i Terapii Wzrokowej COTW w Poznaniu i przeznaczone są dla chętnych studentów kierunku Optometria.

Inne działania dydaktyczne i na rzecz popularyzacji nauki:

- Jestem doradcą (jednym z trzech) Dziekana Wydziału Fizyki do spraw kształcenia na kierunku Optometria i specjalności Optyka Okularowa. Od 2008 r. jestem czynnie zaangażowana w opracowywanie i modyfikację programów kształcenia dla tych specjalności.

Początkowo przygotowywaliśmy program studiów dla specjalności Optyka Okularowa na kierunku Biofizyka oraz na specjalności Optometria (kierunek Biofizyka), które zostały powołane w roku 2006/2007 (wcześniej realizowane były na kierunku Fizyka w specjalności Optyka Okularowa i Optometria).

W efekcie naszych późniejszych działań w roku 2013 powołano odrębny kierunek studiów - Optometria, w ramach którego wprowadzone zostały nowe przedmioty silniej skupione

na kształcenie medyczne (takie jak, optometria geriatryczna, neurologia, optometria pediatria, itp.), a wiele z przedmiotów fizycznych zostało wycofane na rzecz przedmiotów medycznych i specjalistycznych.

W roku 2016 r. prowadzony wg opracowanego przez nas programu studiów, kierunek Optometria oraz specjalność Optyka Okularowa na UAM otrzymały **ocenę wyróżniającą od Polskiej Komisji Akredytacyjnej (PKA)**.

- Od 10 lat czynnie działam na rzecz prac nad ustawą określającą kwalifikacje zawodowe optometrysty. **W roku 2016 zostałam powołana przez Ministra Zdrowia do grupy roboczej działającej przy Ministerstwie, zajmującej się pracami nad ustawą o zawodzie optometrysty.**
- W latach 2009-2010 brałam czynny udział w pracach nad projektem stworzenia **Laboratorium Fizyki Widzenia i Neuronauki w Centrum NanoBioMedycznym w Poznaniu**. CNBM jest jednostką badawczo-dydaktyczną i powstało w roku 2011 r., a jego kierownikiem stał się były rektor UAM, prof.dr hab. Stefan Jurga. CNBM powstało we współpracy kilku poznańskich jednostek naukowych, w tym Uniwersytetu im. A.Mickiewicza, Uniwersytetu Medycznego im. K.Marcinkowskiego, Uniwersytetu Przyrodniczego i Politechniki Poznańskiej.

W okresie 2011 do 2015 r. zajmowałam się koordynacją działania Laboratorium Fizyki Widzenia i Neuronauki w CNBM w charakterze kierownika, a obecnie jestem współpracownikiem CNBM w zakresie naukowym. Aktualnie w CNBM realizuje kilka ze swoich projektów badawczych oraz prowadzi wraz ze studentami Optometrii badania do prac magisterskich i doktorskich.

- W roku 2009 z mojej inicjatywy zostało powołane **Centrum Optyki i Optometrii (COPTOM) przy Fundacji UAM w Poznaniu**, które zajmuje się prowadzeniem specjalistycznych badań optometrycznych dzieci i dorosłych z problemami widzenia obuocznego, zaburzeniami w czytaniu oraz innymi złożonymi wadami wzroku. W ramach tego centrum, którego jestem kierownikiem i jednym ze specjalistów, pracownicy Pracowni Fizyki Widzenia i Optometrii UAM prowadzą badania oraz trening wzrokowy, a studenci Optometrii odbywają praktyki zawodowe. Obecnie (od 2017 r.) COPTOM skupione jest głównie na kształceniu (organizacja kursów i szkoleń) specjalistów ochrony wzroku w zakresie badań i terapii zaburzeń widzenia jedno- i obuocznego.
- Od 2008 r. intensywnie pracuje nad opracowywaniem programu kształcenia w zakresie badań i terapii zaburzeń zezowych i okołozezowych u dzieci i dorosłych. Wraz z innymi pracownikami naszej Pracowni organizowaliśmy wiele kursów/szkoleń w tym zakresie, na które zapraszaliśmy specjalistów z USA i Europy. W szkoleniach tych brali udział zarówno studenci specjalności Optometria jak i specjaliści w zakresie ochrony wzroku (okuliści i optometryści). Pierwsze tego typu prawie tygodniowe szkolenie odbyło się na UAM w roku 2010 r. i prowadzone było przez **Dr. WC Maplesa** z Southern Collage of Optometry w USA. W następnych latach organizowaliśmy kolejne szkolenia prowadzone przez specjalistów z bardzo dużym doświadczeniem w tym zakresie, m.in. **Dr. Paula Harris**a z Southern Collage of Optometry w USA czy **Dr. Steena Alberga** z Danii. W szkoleniach tych wzięło udział kilkaset specjalistów, a część z nich wprowadziło elementy Optometrycznej Terapii Widzenia (OVT) do swojej praktyki.

- Od roku 2012 w ramach działalności COPTOM cyklicznie organizuje kursy dla lekarzy okulistów i optometrystów w zakresie badań zaburzeń wzrokowych i rehabilitacji wzroku (OVT). Do dnia dzisiejszego odbyły się 4 edycje kursów (1,5-rocznych), a zainteresowanie wśród specjalistów jest tak duże, że zgłoszeni są już chętni na kolejne edycje szkoleń.
- Brałam udział w popularyzowaniu wiedzy o widzeniu i ochronie wzroku na seminariach, prowadząc wykłady np.:
 - w roku 2006 i 2007 na UAM w ramach Poznańskiego Festiwalu Nauki i Sztuki
 - w roku 2009 r. na seminarium w Katedrze i Klinice Okulistyki Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu
 - w roku 2009 na seminarium *Fizyka w okulistyce* na UAM
 - w roku 2011 na konferencji *Istota zmysłu wzroku i słuchu w rozwoju dziecka - zaburzenia, diagnoza i terapia*, organizowanej przez Polskie Towarzystwo Integracji Sensorycznej

Prowadzone prace licencjackie/magisterskie/doktorskie:

- Jestem promotorem pomocniczym w 4 otwartych przewodach doktorskich i każdy z nich jest obecnie na ukończeniu (na początku roku 2019 odbędą się obrony trzech z tych prac, a w połowie roku 2019 czwartej pracy). W trzech z tych przewodów byłam głównym pomysłodawcą tematów. *Spis tematów rozpraw doktorskich znajduje się w załączniku 4.*
- Byłam opiekunem w 10 obronionych pracach magisterskich i promotorem w 33 pracach magisterskich realizowanych na kierunku/specjalności Optometria na UAM w Poznaniu oraz na specjalności Psychologia w Wyższej Szkole Finansów i Zarządzania w Warszawie (w sumie 43 prace magisterskie). *Spis tematów prac magisterskich znajduje się w załączniku 4.*
- Byłam promotorem w 22 obronionych pracach licencjackich realizowanych na specjalności Optyka Okularowa na UAM w Poznaniu oraz współpromotorem 1 pracy licencjackiej na kierunku Optometria na RomaTre University w Rzymie (Włochy). *Spis tematów prac licencjackich znajduje się w załączniku 4.*
- Aktualnie dodatkowo rozpoczęłam współpracę naukową z Zakładem Boiniki i Bioimpedancji (Wydział Nauk o Zdrowiu) Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego (z dr hab. n. o zdr. Janem Olszewskim), gdzie realizowany będzie przewodód doktorski dotyczący ***badan nad hamowaniem progresji krótkowzroczności***. Jestem pomysłodawcą tego projektu, a w przewodzie tym jestem promotorem pomocniczym.
- Rozpoczęłam także współpracę naukową z Katedrą i Kliniką Neonatologii Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego (z dr hab. n. med. Tomaszem Szczapą), w ramach projektu doktorskiego dotyczącego badań skłonności do występowania krótkowzroczności u dzieci przedwcześnie urodzonych. Jestem pomysłodawcą tego projektu, a w przewodzie tym jestem promotorem pomocniczym.

Bibliografia

1. Benjamin WJ. *Borish's Clinical Refraction*. 2nd ed. Butterworth-Heinemann; 2006
2. Chatzistefanou KI, Theodossiadis GP, Damana- kis AG, Ladas ID, Moschos MN, Chimonidou E. Contrast sensitivity in amblyopia: the fellow eye of untreated and successfully treated amblyopes. *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus*. 2005; 9(5), 468–474.
3. Ho CS, Giaschi DE, Boden C, Dougherty R, Cline R, Lyons C. Deficient motion perception in the fellow eye of amblyopic children. *Vision Res*. 2005; 45(12), 1615–1627.
4. Farzin F, Norcia AM. Impaired visual decision-making in individuals with amblyopia. *J Vis*. 2011; 11(14), 1-10. doi:10.1167/11.14. 6
5. Schor C. A directional impairment of eye movement control in strabismus amblyopia. *Invest Ophthalmol*. 1975; 14(9), 692–697.
6. Legrand A, Quoc EB, Vacher SW, Ribot J, Lebas N, Milleret C, et al. Postural control in children with strabismus: effect of eye surgery. *Neurosci Lett*. 2011; 501(2), 96-101. doi:10.1016/j.neulet.2011.06.056
7. Gaertner C, Creux C, Espinasse-Berrod MA, Orssaud C, Dufier JL, Kapoula Z. Postural control in nonamblyopic children with early-onset strabismus. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2013; 54(1), 529-536. doi:10.1167/iov.12-10586
8. Isotalo E, Kapoula Z, Feret PH, Gauchon K, Zamfirescu F, Gagey PM. Monocular versus binocular vision in postural control. *Auris Nasus Larynx*. 2004; 31(1), 11-17. doi:10.1016/j.anl.2003.10.001
9. Martin JH. *Neuroanatomy: Text and Atlas*. 2nd ed. Stamford: Appleton & Lange; 1996
10. Alves C, Fragoso DC, Gonçalves FG, Marussi VH, Amaral L. Cerebellar Ataxia in Children: A Clinical and MRI Approach to the Differential Diagnosis. *Top Magn Reson Imaging*. 2018; 27(4), 275-302. doi:10.1097/RMR.0000000000000175
11. Nitta T, Akao T, Kurkin S, Fukushima K. Involvement of the cerebellar dorsal vermis in vergence eye movements in monkeys. *Cereb Cortex*. 2008; 18(5), 1042-1057. doi:10.1093/cercor/bhm143
12. Alvarez TL, Vicci VR, Alkan Y, Kim EH, Gohel S, Barrett AM, et al. Vision therapy in adults with convergence insufficiency: clinical and functional magnetic resonance imaging measures. *Optom Vis Sci*. 2010; 87(12), E985-1002. doi:10.1097/OPX.0b013e3181fef1aa
13. Jenkinson N, Miall RC. Disruption of saccadic adaptation with repetitive transcranial magnetic stimulation of the posterior cerebellum in humans. *Cerebellum*. 2010; 9(4), 548-555. doi:10.1007/s12311-010-0193-6
14. Hiraoka K, Horino K, Yagura A, Matsugi A. Cerebellar TMS evokes a long latency motor response in the hand during a visually guided manual tracking task. *Cerebellum*. 2010; 9(3), 454-460. doi:10.1007/s12311-010-0187-4
15. Versino M, Hurko O, Zee DS. Disorders of binocular control of eye movements in patients with cerebellar dysfunction. *Brain*. 1996; 119 (Pt 6), 1933-1950.
16. Pokharel D, Siatkowski RM. Progressive cerebellar tonsillar herniation with recurrent divergence insufficiency esotropia. *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus*. 2004; 8(3), 286-287. doi:10.1016/j.jaapos.2004.01.014
17. Takagi M, Trillenber P, Zee DS. Adaptive control of pursuit, vergence and eye torsion in humans: basic and clinical implications. *Vision Res*. 2001; 41(25-26), 3331-3344.
18. Takagi M, Tamargo R, Zee DS. Effects of lesions of the cerebellar oculomotor vermis on eye movements in primate: binocular control. *Prog Brain Res*. 2003; 142, 19-33. doi:10.1016/S0079-6123(03)42004-9
19. Sander T, Sprenger A, Neumann G, Machner B, Gottschalk S, Rambold H, et al. Vergence deficits in patients with cerebellar lesions. *Brain*. 2009; 132(Pt 1), 103-115. doi:10.1093/brain/awn306
20. Legrand A, Bui-Quoc E, Bucci MP. Re-alignment of the eyes, with prisms and with eye surgery, affects postural stability differently in children with strabismus. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2012; 250(6), 849-855. doi:10.1007/s00417-011-1845-z
21. Aprile I, Ferrarin M, Padua L, Di Sipio E, Simbolotti C, Petroni S, et al. Walking strategies in subjects with congenital or early onset strabismus. *Front Hum Neurosci*. 2014; 8, 484. doi:10.3389/fnhum.2014.00484
22. Laforce R, Jr., Doyon J. Distinct contribution of the striatum and cerebellum to motor learning. *Brain Cogn*. 2001; 45(2), 189-211. doi:10.1006/breg.2000.1237
23. Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Motor learning and recovery of function. Motor control: Translating research into clinical practice*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2007.
24. Cohen NJ, Squire LR. Preserved learning and retention of pattern-analyzing skill in amnesia: dissociation of knowing how and knowing that. *Science*. 1980; 210(4466), 207-210.
25. Pascual-Leone A, Grafman J, Clark K, Stewart M, Massaquoi S, Lou JS, et al. Procedural learning in Parkinson's disease and cerebellar degeneration. *Ann Neurol*. 1993; 34(4), 594-602. doi:10.1002/ana.410340414
26. Stoodley CJ, Fawcett AJ, Nicolson RI, Stein JF. Impaired balancing ability in dyslexic children. *Exp Brain Res*. 2005; 167(3), 370-380. doi:10.1007/s00221-005-0042-x
27. Menghini D, Hagberg GE, Caltagirone C, Petrosini L, Vicari S. Implicit learning deficits in dyslexic adults: an fMRI study. *Neuroimage*. 2006; 33(4), 1218-1226. doi:10.1016/j.neuroimage.2006.08.024
28. Fawcett AJ, Nicolson RI. Performance of Dyslexic Children on Cerebellar and Cognitive Tests. *J Mot Behav*. 1999; 31(1), 68-78. doi:10.1080/00222899909601892
29. Eckert MA. Anatomical correlates of dyslexia: frontal and cerebellar findings. *Brain*. 2003; 126(2), 482-494. doi:10.1093/brain/awg026

30. Bucci MP, Bremond-Gignac D, Kapoula Z. Poor binocular coordination of saccades in dyslexic children. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2008; 246(3), 417-428. doi:10.1007/s00417-007-0723-1
31. Jainta S, Kapoula Z. Dyslexic children are confronted with unstable binocular fixation while reading. *PLoS One*. 2011; 6(4), e18694. doi:10.1371/journal.pone.0018694
32. Kim EH, Granger-Donetti B, Vicci VR, Alvarez TL. The relationship between phoria and the ratio of convergence peak velocity to divergence peak velocity. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2010; 51(8), 4017-4027. doi:10.1167/iovs.09-4560
33. Evans BJ. *Pickwell's binocular vision anomalies*. 5th ed. Oxford: Butterworth-Heinemann; 2007
34. Griffin JR, Grisham JD. *Binocular Anomalies: Diagnosis And Vision Therapy*. 4th ed. Amsterdam; London: Butterworth-Heinemann; 2002
35. Peachey GT, Peachey PM. *Optometric Vision Therapy for Visual Deficits and Dysfunctions: A Suggested Model for Evidence-Based Practice*. Vision Development and Rehabilitation. 2015; 1(4), 50.
36. Ciuffreda KJ. Vision Problems in Mild Traumatic Brain Injury. *J Neurol Neurophysiol*. 2016; 7, 401. doi:10.4172/2155-9562.1000401
37. Jaskowski P, Przekoracka-Krawczyk A. On the role of mask structure in subliminal priming. *Acta Neurobiol Exp (Wars)*. 2005; 65(4), 409-417.
38. Przekoracka-Krawczyk A, Jaskowski P. Perceptual learning can reverse subliminal priming effects. *Percept Psychophys*. 2007; 69(4), 558-566.
39. Frąckowiak S, Przekoracka-Krawczyk A, Naskrecki R. Wpływ okularów ajurwedyjskich na układ wzrokowy człowieka. *Optyka*. 2011; 4, 44-46.
40. Nawrot P, Michalak KP, Przekoracka-Krawczyk A. Does home-based vision therapy affect symptoms in young adults with convergence insufficiency? *Optica Applicata*. 2013; 43(3), 553-568. doi:10.5277/oa130314
41. Przekoracka-Krawczyk A, Wojtczak-Kwaśniewska M. Efektywność optometrycznej terapii wzroku w akomodacyjnej esotropii z wysokim AC/A. *OphthaTherapy*. 2018.
42. Antal A, Alekseichuk I, Bikson M, Brockmüller J, Brunoni AR, Chen R, et al. Low intensity transcranial electric stimulation: Safety, ethical, legal regulatory and application guidelines. *Clinical Neurophysiology*. 2017; 128(9), 1774-1809. doi:10.1016/j.clinph.2017.06.001
43. Wendel M, Burdzinski G, Michalak KP, Przekoracka-Krawczyk A. tDCS as a new method for change the accommodative response of the eye. *Optica Applicata*. 2017; 47(4).
44. Przekoracka-Krawczyk A, Wojtczak-Kwaśniewska M, Przekoracka K, Zeri F, Naskrecki R. Sensory processing related to vergence eye movements – an ER. *Optica Applicata*. 2018; 48(3).
45. Wojtczak-Kwaśniewska M, Przekoracka-Krawczyk A, van der Lubbe R. The engagement of cortical areas preceding exogenous vergence eye movements. *PLoS One*. 2018; 13(6), e0198405. doi:10.1371/journal.pone.0198405
46. Wojtczak-Kwaśniewska M, Przekoracka-Krawczyk A, van der Lubbe R. The engagement of cortical areas preceding endogenous vergence eye movements. *Biol Psychol*. 2019.
47. Amigo G, Fiorentini A, Prichio M, Spinelli D. Binocular vision tested with visual evoked potentials in children and infants. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1976; 17(9), 910-915.
48. Apkarian PA, Nakayama K, Tyler CW. Binocularity in the human visual evoked potential: facilitation, summation and suppression. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1981; 51(1), 32-48.
49. di Summa A, Polo A, Tinazzi M, Zanette G, Bertolasi L, Bongiovanni LG, et al. Binocular interaction in normal vision studied by pattern-reversal visual evoked potential (PR-VEPS). *Ital J Neurol Sci*. 1997; 18(2), 81-86.
50. Bagolini B, Falsini B, Cermola S, Porciatti V. Binocular interactions and steady-state VEPs. A study in normal and defective binocular vision (Part II). *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 1994; 232(12), 737-744.
51. Tyler CW, Apkarian PA. Effects of contrast, orientation and binocularity in the pattern evoked potential. *Vision Res*. 1985; 25(6), 755-766.
52. Pineles SL, Velez FG, Isenberg SJ, Fenoglio Z, Birch E, Nusinowitz S, et al. Functional burden of strabismus: decreased binocular summation and binocular inhibition. *JAMA Ophthalmol*. 2013; 131(11), 1413-1419. doi:10.1001/jamaophthalmol.2013.4484
53. Czainska M, Przekoracka-Krawczyk A, Naskrecki R, van der Lubbe R. Binocular summation evaluated by early and late visual evoked potentials. *Optica Applicata*. 2018; 48(1).
54. Przekoracka-Krawczyk A, Czainska M, Naskrecki R. Binocular summation revealed by time-frequency analysis. *Vision Res*. 2019.
55. Przekoracka-Krawczyk A, Czainska M, van der Lubbe R. Binocular facilitation with parvo- and magno-cellular stimulation reflected in EEG oscillations. *Proceedings VII European I word meeting in visual and physiological optics*. 2014, 259-262. doi:10.13140/2.1.3834.5923
56. Lipson MJ, Brooks MM, Koffler BH. The Role of Orthokeratology in Myopia Control: A Review. *Eye Contact Lens*. 2018; 44(4), 224-230. doi:10.1097/ICL.0000000000000520
57. Allami N, Paulignan Y, Brovelli A, Boussaoud D. Visuo-motor learning with combination of different rates of motor imagery and physical practice. *Exp Brain Res*. 2008; 184, 105-113. doi:10.1007/s00221-007-1086-x
58. Sobierajewicz J, Szarkiewicz S, Przekoracka-Krawczyk A, Jaskowski W, van der Lubbe R. To What Extent Can Motor Imagery Replace Motor Execution While Learning a Fine Motor Skill? *Adv Cogn Psychol*. 2016; 12(4), 179-192. doi:10.5709/acp-0197-1

59. Sobierajewicz J, Przekoracka-Krawczyk A, Jaskowski W, Verwey WB, van der Lubbe R. The influence of motor imagery on the learning of a fine hand motor skill. *Exp Brain Res.* 2017; 235(1), 305-320. doi:10.1007/s00221-016-4794-2
60. Sobierajewicz J, Przekoracka-Krawczyk A, Jaskowski W, van der Lubbe RHJ. How effector-specific is the effect of sequence learning by motor execution and motor imagery? *Exp Brain Res.* 2017; 235(12), 3757-3769. doi: 10.1007/s00221-017-5096-z
61. Bucci MP, Le TT, Wiener-Vacher S, Bremond-Gignac D, Bouet A, Kapoula Z. Poor postural stability in children with vertigo and vergence abnormalities. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2009; 50(10), 4678-4684. doi:10.1167/iovs.09-3537
62. Przekoracka-Krawczyk A, Brenk-Krakowska A, Nawrot P, Naskrecki R, Kowalska K, Rusiak P. Title. *Journal.* Forthcoming.
63. Michalak KP, Przekoracka-Krawczyk A, Nawrot P, Wozniak P, Vieregge P. The filtering of the posturographic signals shows the age related features. *ScientificWorldJournal.* 2014; 2014, 403893. doi:10.1155/2014/403893
64. Michalak KP, Przekoracka-Krawczyk A, Nawrot P, Woźniak P, Vieregge P. The aging process in principal component analysis of posturographic signals. *Applications of Information Systems in Engineering and Bioscience.* 2014, 183-192.
65. Michalak KP, Przekoracka-Krawczyk A, Zabel J. Wpływ informacji wzrokowej na proces kontroli balansu ciała. *Optyka.* 2018.

14.02.2019 r.

Anne Przekoracka-Krawczyk