

## Adaptacja pryzmatyczna i jej zastosowanie w rehabilitacji pacjentów ze wzrokowo-przestrzennym pomijaniem stronnym

### Prismatic adaptation and its application to rehabilitation of patients with unilateral visuo-spatial neglect

Anna Grzybkowska

Institut Psychologii, Uniwersytet Jagielloński w Krakowie

Neuropsychiatria i Neuropsychologia 2009; 4, 2: 59–67

#### Adres do korespondencji:

mgr Anna Grzybkowska

faks +48 32 627 75 31

e-mail: agrzybko@wp.pl

#### Streszczenie

Celem niniejszego artykułu jest przybliżenie adaptacji pryzmatycznej – eksperymentalnej metody rehabilitacji pacjentów z pomijaniem stronnym – oraz nakreślenie kierunków potencjalnych badań nad tą metodą. Pomimo licznych badań w tej dziedzinie nie ma wystarczających rozstrzygnięć w kwestii skuteczności adaptacji pryzmatycznej i trwałości obserwowanych efektów. Nie zbadano, czy adaptacja pryzmatyczna wpływa na redukcję objawów pomijania stronnego, w którym punkt odniesienia stanowi obiekt, podobnie jak w przypadku pomijania stronnego względem pozycji obserwatora. Zbyt mało jest także badań wskazujących na możliwość niwelowania innych objawów niezwiązanych ze spostrzeganiem relacji przestrzennych, które często towarzyszą temu deficytowi.

**Słowa kluczowe:** pomijanie stronne, adaptacja pryzmatyczna, rehabilitacja

#### Abstract

This article presents prismatic adaptation, an experimental method used in rehabilitation of unilateral neglect and some potential directions of future research. Experimental research are not coherent in conclusions, but they suggest positive effects of prismatic adaptation. We are not sure how long this effects may last. No previous research explicitly indicate that prismatic adaptation can eliminate symptoms of unilateral neglect in relation to object likewise in relation to observer. Further research is also necessary to indicate if prismatic adaptation can eliminate other, non-spatial symptoms of neglect.

**Key words:** unilateral neglect, prismatic adaptation, rehabilitation

#### Pomijanie stronne

Pomijanie stronne (*unilateral neglect*) jest częstym następstwem urazów i udarów mózgu. Częstość występowania objawów (po przebytych udarach niedokrwinnym półkuli prawej) szacuje się na 43% przypadków (Jodzio i wsp. 2004). Pomijanie stronne określa się przeważnie jako deficyt uwagi – trudność w jej orientowaniu w stronę przeciwną do lokalizacji uszkodzenia mózgu, najczęściej lewą. Wraz z tego rodzaju problemami obserwuje się wiele innych dysfunkcji, wśród których wymienić można: problemy o charakterze motorycznym – trudność w wykonaniu ruchu w lewą stronę (*directional hypokinesia*), pochylenie ciała w pra-

wą stronę, skierowanie gałek ocznych w prawą stronę, oraz problemy związane z brakiem świadomości bodźców lewostronnych (Danckert i Ferber 2006). W ekstremalnej postaci zaburzenia pacjenci ubierają tylko prawy but, golą tylko prawą połowę podbródka, nakładają makijaż tylko na prawą połowę twarzy. Co więcej, nie mają świadomości swojego deficytu i usilnie poszukują wyjaśnień dla swojej sytuacji oraz niepowodzeń, których nieustannie doświadczają, funkcjonując w świecie skupionym na prawej stronie przestrzeni (Domańska 2004).

Pomijanie stronne może obejmować lewą stronę przestrzeni, definiowaną względem obserwatora (*egocentric neglect*). Pacjenci często igno-

rują również szczegóły obiektów, które są położone po lewej stronie tych obiektów, niezależnie od położenia względem obserwatora (*object neglect*, Ota i wsp. 2001; Ota i wsp. 2003). Możemy zatem mówić o pomijaniu stronnym w relacji do obserwatora i obiektu, a w przypadku osób zdrowych – o uwadze przestrzennej w relacji do obserwatora i obiektu.

Interesującym zjawiskiem jest pomijanie stronne w wyobraźni. Pacjenci, u których diagnozuje się tego rodzaju pomijanie stronne, wymieniają mniejszą liczbę miast położonych po lewej stronie mapy dostępnej tylko w wyobraźni (Ortigue i wsp. 2003), błędnie określają środek wyobrażonej poziomej linii (Ishiai i wsp. 2004) oraz wymieniają mniej obiektów wyobrażonych po stronie lewej, niezależnie od tego, po której stronie były prezentowane (Della Sala i wsp. 2004).

## Rehabilitacja pacjentów z objawami pomijania stronnego

W ok. 9% przypadków następuje spontaniczna remisja objawów w ciągu pierwszego tygodnia od zachorowania, natomiast w 43% poprawa pojawia się w ciągu 2 tygodni (Danckert i Ferber 2006). Pozostałe 48% pacjentów wymaga specjalistycznej pomocy. U części pacjentów deficyt jest trwały i utrzymuje się mimo prowadzonej rehabilitacji.

W Polsce rehabilitacja pacjentów z uszkodzeniami mózgu ma na celu poprawę sprawności ruchowej, rzadziej przedmiotem oddziaływania terapeutycznego są zmiany w funkcjonowaniu poznawczym, emocjonalnym i społecznym. Ogólnym celem rehabilitacji jest jednak niesienie pomocy pacjentowi i jego rodzinie w radzeniu sobie z zaistniałą sytuacją (Prigatano 2009).

Cel ten okazuje się niezwykle trudny do zrealizowania. Niełatwe jest również opracowanie ogólnych wzorców postępowania z pacjentem. W niniejszej pracy skoncentrowano się na analizie jednej, eksperymentalnej metody terapii skutków uszkodzeń mózgu o charakterze poznawczym, czyli nieuwagi przestrzennej.

Zaproponowano szereg metod umożliwiających osiągnięcie celów terapii pomijania stronnego (tab. 1.). Można je podzielić na dwie kategorie: techniki wymagające wolicjonalnego kierowania uwagi i techniki oparte na stymulacji sensorycznej. Każda z metod ma swoje wady i zalety.

### Wady i zalety technik rehabilitacji pomijania stronnego

Techniki wolicjonalne okazują się być stosunkowo skuteczne w kompensowaniu objawów pomijania stronnego, jednak ich efekty nie są generalizowane na zadania, które nie podlegają ćwiczeniu. Z kolei techniki oparte na stymulacji sensorycznej stosowane jednorazowo dają krótkotrwałe efekty, ograniczone do 10–15 min po zastosowaniu. Wyjątek w tym zakresie stanowi technika adaptacji pryzmatycznej, której efekty obserwowane są znacznie dłużej. Adaptacja pryzmatyczna wydaje się obiecującą techniką rehabilitacji pacjentów z pomijaniem stronnym, choć na razie traktuje się ją tylko jako propozycję eksperymentalną.

### Adaptacja pryzmatyczna

Metoda adaptacji pryzmatycznej polega na ćwiczeniu pacjentów w wykonywaniu ruchów ręką w kierunku dwóch celów w warunkach przesunięcia obrazu wzrokowego. Najczęściej pacjenci proszeni są o naprzemienne

**Tabela 1.** Eksperymentalne techniki rehabilitacji pacjentów z pomijaniem stronnym (Luauté i wsp. 2006; Manly 2002; Rossetti i Rode 2002)

Techniki oparte na stymulacji sensorycznej	Techniki oparte na wolicjonalnym kierowaniu uwagą
stymulacje (wibracje, stymulacja: optokinetyczna, elektryczna, przedsionkowa) – dodatkowe dostymulowanie lewej strony ciała	trening przeszukiwania pola wzrokowego – wzmacnianie eksploracji lewej strony przestrzeni
techniki polegające na zastąpieniu prawego oka – zmniejszenie przewagi prawego pola widzenia	trening podtrzymywania uwagi – stopniowe przechodzenie od zewnętrznego podtrzymywania uwagi (dodatkowo bodźce ostrzegawcze podawane przez badacza) do podtrzymywania wewnętrznego (głos wewnętrzny „uważaj!”)
stymulacja lewej półkuli o charakterze dezorganizującym procesy mózgowie (rTMS) – zmniejszenie aktywacyjnej przewagi lewej półkuli nad prawą uszkodzoną	trening zwiększający świadomość deficytu – forma rozmowy z pacjentem, uświadamiającej zmiany w sposobie funkcjonowania na skutek dysfunkcji
adaptacja pryzmatyczna – zastosowanie gogli przesuwających pole widzenia w prawą stronę	

wskazywanie dwóch punktów umieszczonych przed nimi. Dodatkowa podpórka pod brodę zasłania początkowe etapy ruchu wskazującego (ryc. 1., 2.).

Zadanie wskazywania punktów badani wykonują w goglach pryzmatycznych, które przesuwają widziany obraz o ok.  $10^\circ$  w prawą stronę lub lewą, zależnie od zastosowanych gogli (ryc. 3.).

W eksperymentalnej rehabilitacji pacjentów z pomijaniem lewostronnym stosuje się gogle przesuwające obraz w prawą stronę. Przesunięcie obrazu powoduje, że badani (pacjenci i osoby zdrowe) początkowo nie trafiają we wskazane punkty. Ich wskazania są przesunięte zgodnie z kierunkiem przesunięcia obrazu wywoływanym przez gogle. Stopniowo jednak nabywają wprawy w wykonywaniu zadania i uczą się korygować zaplanowany ruch ręki w stronę przeciwną do przesunięcia wywoływanego przez gogle. W rezultacie osoby badane nie popełniają już błędów we wskazywaniu. Umiejętność bezbłędnego wskazywania punktów w warunkach przesunięcia obrazu wzrokowego świadczy o tym, że badany zaadaptował się do nowych warunków.

Zarówno przed zastosowaniem wspomnianej procedury, jak i po zakończeniu ćwiczeń i zdjęciu gogli, pacjenci wykonują zadanie kontrolne, np. są proszeni o określenie momentu, w którym przesuwający się przed nimi punkt świetlny znajdzie się na wprost nich. Mogą być również proszeni o wykonanie standardowych testów służących do oceny pomijania stronnego (np. dzielenie linii, skreślanie obiektów rozmieszczonych na kartce papieru czy rysowanie zegara). Podczas wykonywania zadania przez pacjentów, np. z punktem świetlnym, widoczny jest tzw. efekt następczy adaptacji pryzmatycznej (Serino i wsp. 2006), który polega na tym, że po zdjęciu gogli obserwowane jest przesunięcie w lewo, czyli w stronę przeciwną do przesunięcia wywołanego przez gogle pryzmatyczne. Przesunięcie to jest zgodne z kierunkiem dokonywanej korekty w trakcie wskazywania punktów w goglach i stanowi korektę obserwowanych skutków uszkodzenia mózgu – w takim przypadku wskazania pacjentów stają się poprawne. Zdrowi badani po zastosowaniu gogli zaczynają popełniać błędy, ale niekoniecznie w kierunku przeciwnym do przesunięcia obrazu za pomocą gogli. Zaobserwowanie efektu następczego jest uznawane za predyktor skuteczności adaptacji w redukowaniu objawów pomijania stronnego (Frassinetti i wsp. 2002).



Ryc. 1. Procedura adaptacji pryzmatycznej



Ryc. 2. Przesunięcie obrazu wzrokowego w trakcie adaptacji pryzmatycznej. Na górze obraz widziany w goglach pryzmatycznych, na dole – bez gogli



Ryc. 3. Gogle pryzmatyczne wykorzystywane w adaptacji pryzmatycznej

#### *Adaptacja pryzmatyczna w badaniach pacjentów i osób zdrowych*

Badania pacjentów służą ocenie przydatności adaptacji pryzmatycznej w rehabilitacji. Przydatność adaptacji zależy przede wszystkim od trwałości pozytywnych efektów i zakresu funkcji, w których następuje poprawa. Osoby zdrowe uczestniczą w tego rodzaju badaniach, stanowiąc grupy kontrolne (porównawcze). Badania eksperymentalne z udziałem osób zdro-

wych służą przeważnie zrozumieniu mechanizmów leżących u podłoża obserwowanych zmian. Grupy te różnią się przede wszystkim obecnością uszkodzeń mózgu bądź ich brakiem. Jak już wspomniano przy omawianiu procedury adaptacji pryzmatycznej, po jej zastosowaniu pacjenci poprawnie wykonują zadania diagnostyczne i inne, służące do badania efektów następczych adaptacji, w porównaniu z wykonaniem przed zastosowaniem adaptacji. Osoby zdrowe po zastosowaniu gogli pryzmatycznych zaczynają popełniać błędy. Wnioski z badań prowadzonych w obu nurtach mają charakter ogólny i dotyczą adaptacji pryzmatycznej, a w przypadku pacjentów – możliwości terapii pomijania stronnego. W tabeli 2. wymieniono badania prowadzone w obu tych nurtach.

Zadania, za pomocą których próbuje się oceniać efekty następcze adaptacji pryzmatycznej, można podzielić na trzy grupy wyróżnione ze względu na wymagania procesualne (funkcjonalne). Należą do nich: zadania wzrokowe, dodatkowo wymagające reakcji motorycznej (np. podzielenie poziomej linii umieszczonej na kartce papieru na pół), zadania wymagające głównie oceny wzrokowej (percepcyjne), w których badani proszeni są np. o oszacowanie, czy prezentowana pozioma linia jest poprawnie podzielona, oraz zadania wyobrazeniowe, wymagające np. wyobrażenia mapy danego państwa i wymienienia miast znajdujących się na niej. Grupy te, poza charakterem badanego procesu, różnią się także stopniem podobieństwa do zadania wykonywanego w trakcie adaptacji, przy czym zadania wymagające reakcji motorycznej są najbardziej podobne, a zadania wyobrazeniowe najmniej. Podobieństwo to wyznacza stopień generalizacji efektów adaptacji na inne zadania (funkcje) niepodlegające cwi-

czeniu, przez co służy ocenie przydatności danej metody w rehabilitacji. Najlepszą metodą rehabilitacji jest metoda, której pozytywne efekty widoczne są w wielu aspektach funkcjonowania pacjenta i mogą być generalizowane na inne zadania niepodlegające ćwiczeniu.

Innym podziałem, który można zaproponować, jest podział na zadania badające pomijanie stronne przy określeniu części przestrzeni względem obserwatora i pomijanie stronne, w którym punktem odniesienia jest obiekt, zgodnie z wyróżnionymi typami pomijania stronnego (Ota i wsp. 2001, 2003). Skuteczność adaptacji pryzmatycznej w redukowaniu objawów pomijania stronnego względem obserwatora i względem obiektu byłaby jednym z argumentów w dyskusji nad jej powszechnym stosowaniem w rehabilitacji pacjentów.

W niniejszej pracy, na podstawie przeglądu literatury, dokonano analizy badań pacjentów i osób zdrowych pod kątem zaproponowanych wyżej dwóch podziałów zadań (zadania: wymagające reakcji motorycznej, percepcyjne i wyobrazeniowe) oraz pod względem punktu odniesienia w konstruowanej reprezentacji przestrzeni (względem obserwatora bądź względem obiektu).

#### *Badania z udziałem pacjentów*

Stosunkowo najmniej badań ma na celu określenie wpływu adaptacji pryzmatycznej na funkcje wyobrazeniowe pacjentów. Natomiast zdecydowanie więcej badań jest prowadzonych z wykorzystaniem zadań wzrokowych (percepcyjnych) i zadań wzrokowych dodatkowo wymagających reakcji motorycznej (tab. 3.).

Najwyższą skuteczność procedury adaptacji pryzmatycznej notuje się w zadaniach wzroko-

**Tabela 2.** Dwa nurty badań nad adaptacją pryzmatyczną

Badania eksperymentalne z udziałem pacjentów	Badania eksperymentalne z udziałem osób zdrowych
Angeli i wsp. (2004)	Berberovic i Mattingley (2003)
Datié i wsp. (2006)	Bernier i wsp. (2007)
Dijkerman i wsp. (2004)	Datié i wsp. (2006)
Farnè i wsp. (2002)	Girardi i wsp. (2004)
Ferber i wsp. (2003)	Karenbach i wsp. (2002)
Frassinetti i wsp. (2002)	Michel i wsp. (2003)
Humphreys i wsp. (2006)	Rode i wsp. (1998)
Pisella i wsp. (2002)	Rossetti i wsp. (1998)
Rode i wsp. (1998)	Rossetti i wsp. (1999)
Rossetti i wsp. (1998)	Rossetti i wsp. (2004)
Rossetti i wsp. (1999)	Redding i Wallace (1996, 2000, 2001, 2004, 2006, 2007)
Rossetti i wsp. (2004)	
Sarri i wsp. (2006)	
Serino i wsp. (2006)	

**Tabela 3.** Wyniki badań nad skutecznością adaptacji pryzmatycznej, prowadzonych z udziałem pacjentów, z podziałem na zadania wzrokowe dodatkowo wymagające reakcji motorycznej, zadania wzrokowe (percepcyjne) i wyobrażeniowe

Rodzaj zadania	Poprawa	Brak poprawy
zadania wzrokowe dodatkowo wymagające reakcji motorycznej: dzielenie linii, sięganie po obiekty, skreślanie, kopiowanie rysunków	Serino i wsp. (2006) Frassinetti i wsp. (2002) Farnè i wsp. (2002) Pisella i wsp. (2002) Rossetti i wsp. (1998: 1999) Humphreys i wsp. (2006) Datié i wsp. (2006) Angeli i wsp. (2004)	Rossetti i wsp. (2004)
zadania wzrokowe (percepcyjne): opisywanie plansz, nazywanie obrazków, identyfikacja obiektów chimerycznych, ocena wyrazu emocjonalnego twarzy chimerycznych	Serino i wsp. (2006) Frassinetti i wsp. (2002) Farnè i wsp. (2002)	Datié i wsp. (2006) Sarri i wsp. (2006) Ferber i wsp. (2003)
zadania wyobrażeniowe: zadanie mapy Francji, zadanie numerycznej linii mentalnej ( <i>mental number line</i> )	Rode i wsp. (1998) Rossetti i wsp. (1999, 2004)	Frassinetti i wsp. (2002)

wych dodatkowo wymagających reakcji motorycznej, natomiast jeśli chodzi o zadania angażujące jedynie percepcję wzrokową, badania nie dają jednoznacznego rozstrzygnięcia. Nie jest także możliwe jednoznaczne określenie, czy adaptacja jest skuteczna w redukcji objawów pomijania stronnego obserwowanych w zadaniach wyobrażeniowych, gdyż zbyt mało badań prowadzi się w tym zakresie (tab. 3.).

Reasumując, w każdym z zaproponowanych typów zadań można zanotować badania, w których nie zaobserwowano poprawy danej funkcji po zastosowaniu metody adaptacji pryzmatycznej.

Badania prowadzone z wykorzystaniem zadań mających na celu zdiagnozowanie pomijania stronnego względem obserwatora są częst-

sze niż badania pomijania stronnego względem obiektu (tab. 4.), choć należy zaznaczyć, że wspomniane dwa rodzaje stosowanych zadań nie były dobierane do tego celu w sposób intencjonalny. Ich przydziału do danej grupy dokonano *post factum* na podstawie definicji pomijania stronnego względem obserwatora oraz obiektu (Ota i wsp. 2001, 2003).

W przypadku zadań, w których obserwuje się pomijanie stronne względem obserwatora, nie wykazano, aby adaptacja pryzmatyczna nie była skuteczna, natomiast w przypadku zastosowania zadań, w których obserwuje się pomijanie stronne względem obiektu, odnotowano badania, które nie potwierdzały skuteczności adaptacji pryzmatycznej (tab. 4.).

**Tabela 4.** Wyniki badań nad skutecznością adaptacji pryzmatycznej, prowadzonych z udziałem pacjentów, z podziałem na zadania diagnozujące pomijanie stronne względem obserwatora (*egocentric neglect*) i obiektu (*object neglect*)

Rodzaj zadania	Poprawa	Brak poprawy
zadania diagnozujące pomijanie stronne względem obserwatora: eksploracja okulomotoryczna, skreślanie, opis pokoju z pamięci, sięganie, odczepianie papierków, wskazywanie, opis planszy, zadanie mapy Francji	Datié i wsp. (2006) Serino i wsp. (2006) Frassinetti i wsp. (2002) Farnè i wsp. (2002) Pisella i wsp. (2002) Rossetti i wsp. (1998, 1999) Rode i wsp. (1998) Ferber i wsp. (2003) Angeli i wsp. (2004) Humphreys i wsp. (2006)	–
zadania diagnozujące pomijanie stronne względem obiektu: dzielenie linii, czytanie, zadanie mentalnej linii numerycznej ( <i>mental number line</i> ), rozpoznawanie obiektów chimerycznych	Farnè i wsp. (2002) Angeli i wsp. (2004) Rossetti i wsp. (1998, 1999) Sarri i wsp. (2006) Rossetti i wsp. (2004)	Ferber i wsp. (2003) Sarri i wsp. (2006)

### Trwałość efektów rehabilitacyjnych

Kolejnym istotnym zagadnieniem w ocenie metody adaptacji pryzmatycznej jest trwałość obserwowanych efektów. Część badaczy skupiła się na pomiarze efektów zaraz po zakończeniu procedury adaptacji pryzmatycznej (Angeli i wsp. 2004; Ferber i wsp. 2003; Rossetti i wsp. 1998, 2004). Wyniki badań oceniających trwałość efektu są niespójne i wskazują na utrzymywanie się efektów rehabilitacyjnych do: 15 min (Datié i wsp. 2006), 2 godz. (Rossetti i wsp. 1999), 72 godz. (Pisella i wsp. 2002), 1 tyg. (Farné i wsp. 2002), 3 tyg. (Dijkerman i wsp. 2004), 5 tyg. (Frassinetti i wsp. 2002), 3 mies. (Serino i wsp. 2006), a nawet 17 tyg. (Humphreys i wsp. 2006). Co więcej, tylko w eksperymentach autorstwa Rossetiego i wsp. (1999), Frassinettiego i wsp. (2002), Serino i wsp. (2006) oraz Humphreys i wsp. (2006) dokonano porównań uzyskanych efektów z wynikami grupy kontrolnej, niepodlegającej rehabilitacji za pomocą adaptacji pryzmatycznej.

Analiza sposobu prowadzenia adaptacji wskazuje na kluczową rolę czasu trwania procedury adaptacyjnej. W badaniach, w których obserwowano krótki czas trwania poprawy, adaptacja była prowadzona krótko i wymagała 50–60 wskazań, czyli trwała ok. 10 min (Datié i wsp. 2006; Dijkerman i wsp. 2004; Farné i wsp. 2002; Pisella i wsp. 2002; Rossetti i wsp. 1999), w pozostałych badaniach procedura obejmowała 10 20-minutowych sesji w ciągu 2 tyg. (5 na tydzień), a w przypadku badań Humphreys i wsp. (2006) – 10 sesji przez 5 tyg. (2 razy w tygodniu). Konieczne wydają się badania ukierunkowane na precyzyjne określenie zależności między czasem prowadzenia procedury adaptacyjnej a jej skutecznością w niwelowaniu objawów pomijania stronnego.

### Badania z udziałem osób zdrowych

Badania z udziałem osób zdrowych służą do identyfikacji i wyjaśnienia przebiegu procesów, które zachodzą w trakcie adaptacji pryzmatycznej. Podział na zadania wzrokowe wymagające dodatkowo reakcji motorycznej, zadania o charakterze wzrokowym (percepcyjnym) i wyobrażeniowym oraz podział na zadania badające uwagę przestrzenną w relacji do obserwatora i obiektu wydaje się mieć wartość także w przypadku badań z udziałem osób zdrowych. Poniżej przedstawiono badania prowadzone na osobach zdrowych jako grupie docelowej lub tzw. kontrolnej (porównawczej), w których adaptacja pryzmatyczna wpływała, bądź nie, na badane zmienne.

W odróżnieniu od badań z udziałem pacjentów, najczęściej eksperymentów dotyczy percepcji wzrokowej, nieco mniejsza liczba prób wymaga od badanych dodatkowo reakcji motorycznej. Stosunkowo najmniej uwagi poświęca się zaniedbywaniu odnoszącemu się do przeszerzeni wyobrażonej (tab. 5.).

Najczęściej obserwuje się wpływ adaptacji pryzmatycznej na wykonanie zadań o charakterze wzrokowym (percepcyjnym) i zadań wzrokowych wymagających dodatkowo reakcji motorycznej. W przypadku funkcji wyobrażeniowych nie można natomiast potwierdzić skuteczności wpływu tej procedury (tab. 5.).

Zdecydowanie więcej badań z udziałem osób zdrowych dotyczy uwagi przestrzennej w relacji do obserwatora niż uwagi przestrzennej w relacji do obiektu. Jednocześnie badania uwagi przestrzennej w relacji do obserwatora jednoznacznie wskazują na skuteczność wpływu adaptacji pryzmatycznej. Badania uwagi przestrzennej w relacji do obiektu są nieliczne i nie potwierdzają jednoznacznie skuteczności mani-

**Tabela 5.** Wyniki badań osób zdrowych, prowadzonych z wykorzystaniem metody adaptacji pryzmatycznej, z podziałem na zadania wzrokowe dodatkowo wymagające reakcji motorycznej, zadania wzrokowe (percepcyjne) i wyobrażeniowe

Rodzaj zadania	Wpływ	Brak wpływu
zadania wzrokowe dodatkowo wymagające reakcji motorycznej: eksploracja wzrokowa i dotykowa okręgu, wskazywanie, dzielenie linii, eksploracja okulomotoryczna	Girardi i wsp. (2004) Karenbach i wsp. (2002) Michel i wsp. (2003)	Datié i wsp. (2006)
zadania wzrokowe (percepcyjne): percepcyjna ocena położenia punktu świetlnego, percepcyjne dzielenie linii ( <i>landmark test</i> )	Berberowic i Mattingley (2003) Redding i Wallace (1996, 2000, 2001, 2004, 2006, 2007) Michel i wsp. (2003)	–
zadania wyobrażeniowe: zadanie mapy Francji, zadanie numerycznej linii mentalnej ( <i>mental number line</i> )	–	Rossetti i wsp. (2004) Rode i wsp. (1998)

pulacji eksperymentalnej za pomocą adaptacji pryzmatycznej (tab. 6.).

Łączna analiza wyników badań z udziałem pacjentów i osób zdrowych wskazuje na to, że zadania wzrokowe wymagające dodatkowo reakcji motorycznej i zadania wzrokowe (percepcyjne) są zdecydowanie częściej wykorzystywane w badaniach niż zadania angażujące procesy wyobrazeniowe. Częstsze są także badania pacjentów z pomijaniem stronnym względem obserwatora i badania z udziałem osób zdrowych nad uwagę przestrzenną w relacji do obserwatora. Adaptacja pryzmatyczna wywiera widoczny wpływ na wykonanie zadań wzrokowych (percepcyjnych) oraz zadań dodatkowo wymagających reakcji motorycznej. Ze względu na zbyt małą liczbę badań nie można stwierdzić w sposób jednoznaczny, czy adaptacja pryzmatyczna wpływa na wykonanie zadań wyobrażeniowych. Analizując wyniki badań z udziałem osób zdrowych, w których stosowano zadania angażujące uwagę przestrzenną w relacji do obserwatora i obiektu, można stwierdzić, że adaptacja wpływa na wykonanie zadań angażujących uwagę przestrzenną względem obserwatora, i jedynie podejrzewać istnienie wpływu na wykonanie zadań angażujących uwagę przestrzenną względem obiektu. Należy jednak pamiętać, że podział ten nie był dokonany intencjonalnie przez autorów badań, lecz został przeprowadzony na potrzeby niniejszej analizy.

### *Mechanizmy adaptacji pryzmatycznej*

Teoretyczne wyjaśnienia mechanizmów zachodzących w trakcie adaptacji pryzmatycznej nie są jednoznaczne i wyczerpujące. Mają one charakter spekulatywny i część z nich można uznać za mało przekonującą.

Zdaniem Serino i wsp. (2006) w trakcie adaptacji pryzmatycznej dochodzi do przesunięcia środka reprezentacji wzrokowo-przestrzennej,

które w przypadku pacjentów z pomijaniem stronnym pozwala na adekwatne reagowanie i poruszanie się w środowisku, co stanowi swego rodzaju wzmocnienie. Podobnego zdania są Frassinetti i wsp. (2002), którzy wskazują na rolę sygnału błędu w konstrukcji reprezentacji przestrzeni. Cechą deficytu, jakim jest pomijanie stronne, jest brak świadomości błędu w konstrukcji reprezentacji przestrzeni. W trakcie adaptacji pacjenci niejednokrotnie nie trafiają we wskazane punkty, co pozwala im na uświadomienie sobie tego błędu i dokonanie korekty.

Rossetti i wsp. (1998) zwracają uwagę na procesy związane z krótkotrwałą plastycznością mózgu, stymulowanie procesów integracyjnych i rolę sygnału błędu, co podkreślali także inni autorzy (Frassinetti i wsp. 2002; Serino i wsp. 2006).

Szczegółowych, mniej spekulatywnych wyjaśnień opartych na badaniach eksperymentalnych dostarczają Redding i Wallace (1996, 2000, 2001, 2004, 2006, 2006a, 2007). Wy różnili oni dwa procesy leżące u podłoża efektu adaptacji pryzmatycznej: kalibrację (*calibration*) i dopasowanie (*alignment*). Pierwszy z nich oparty jest na uczeniu asocjacyjnym, strategicznym i przejawia się w poprawie wykonania w kolejnych próbach wymagających od badanych wskazywania punktów w goglach pryzmatycznych. Kalibracja może dotyczyć wielu rodzajów reprezentacji przestrzeni lub też punktów odniesienia w tej reprezentacji (oko-głowa, ręka-głowa, oko-ręka), stąd wynika potrzeba dokonywania transformacji różnych kodów stosowanych w obrębie poszczególnych reprezentacji (przekształcania jednych kodów w drugie). Transformacja ta nosi nazwę dopasowania. Dopasowanie obejmuje wykrycie i korektę systematycznego niedopasowania reprezentacji definiowanych względem różnych punktów odniesienia. Tego rodzaju niedopasowanie może

**Tabela 6.** Wyniki badań osób zdrowych, prowadzonych z wykorzystaniem metody adaptacji pryzmatycznej, z podziałem na zadania angażujące uwagę przestrzenną w relacji do obserwatora i obiektu

Rodzaj zadania	Wpływ	Brak wpływu
zadania angażujące uwagę przestrzenną w relacji do obserwatora: eksploracja okulomotoryczna, ocena położenia punktu świetlnego, zadanie mapy Francji, wskazywanie	Datié i wsp. (2006) Rossetti i wsp. (1998, 1999) Rode i wsp. (1998) Redding i Wallace (1996, 2000, 2001, 2004, 2006, 2007) Karenbach i wsp. (2003) Bernier i wsp. (2007)	–
zadania angażujące uwagę przestrzenną w relacji do obiektu: eksploracja okręgu, dzielenie linii, zadanie mentalnej linii numerycznej ( <i>mental number line</i> )	Girardi i wsp. (2004) Michel i wsp. (2003)	Rossetti i wsp. (2004)

być skutkiem procesów rozwojowych organizmu (wydłużanie kości), samoistnego zanikania neuronów, może też wystąpić jako efekt nagłej utraty wielu neuronów w wyniku udaru mózgu czy urazu. Dopasowanie opiera się na uczeniu automatycznym, dymensyjnym oraz mapowaniu jednej reprezentacji przestrzeni w drugą. Adaptacja pryzmatyczna wykorzystuje zatem procesy korekty reprezentacji przestrzeni stosowane w warunkach naturalnych (bez uszkodzenia mózgu).

#### *Wnioski i sugestie odnośnie do dalszych badań*

Badania z udziałem pacjentów nie dają podstaw do jednoznacznego stwierdzenia, że adaptacja pryzmatyczna wywiera pozytywny wpływ na percepcję wzrokową i funkcje wyobrażeniowe, co implikuje konieczność dalszych badań w tym zakresie. W badaniach z udziałem osób zdrowych brak jednoznacznych rozstrzygnięć dotyczy obserwowania wpływu adaptacji pryzmatycznej na wykonanie zadań wzrokowych dodatkowo wymagających reakcji motorycznej i zadań angażujących procesy wyobrażeniowe. Porównanie wyników badań dla różnych rodzajów zadań może pozwolić na określenie, czy pozytywne efekty adaptacji pryzmatycznej mogą być generalizowane na inne zadania, a w szczególności na niepodobne do tych, które są wykonywane w trakcie ćwiczeń z goglami. Jest to zgodne z przekonaniem Rossetiego i wsp. (1998), ale nie odpowiada wnioskom z badań Reddinga i Wallace'a (2006). Konieczne jest także dokładne oszacowanie czasu trwania pozytywnych efektów adaptacji pryzmatycznej. Informacje te są niezbędne do oceny przydatności adaptacji pryzmatycznej w rehabilitacji pacjentów.

Niejasne kwestie skłaniają do przekonania, że obecnie nie jest możliwe jednoznaczne określenie, czy adaptacja pryzmatyczna wywiera pozytywny wpływ i zmniejsza obserwowane objawy pomijania stronnego w relacji do obiektu. Konieczne wydaje się skonstruowanie zadania angażującego uwagę przestrzenną w relacji do obserwatora i obiektu, które mogłoby być stosowane również w badaniach osób zdrowych. Testy wykorzystywane w badaniach klinicznych wymagają skreślania obiektów rozmieszczonych na kartce papieru (Ota i wsp. 2001, 2003).

Badania z udziałem osób zdrowych stanowią podstawę badań nad możliwością wykorzystania adaptacji pryzmatycznej w praktyce klinicznej i jej modyfikacji. Badania porównawcze pacjentów i osób zdrowych mogą dostarczyć

rozstrzygnięć i wyjaśnień teoretycznych obserwowanych efektów, szczególnie dla roli sygnału błędnie skonstruowanej reprezentacji. Osoby zdrowe, w odróżnieniu od pacjentów, poprawnie konstruują reprezentację przestrzeni, zaś gogle indukują sztuczny błąd. Samoobserwacja poziomu wykonania zadania pozwala osobie badanej dostrzec występowanie systematycznego błędu i wzbudza motywację do jego korekty. Wyjaśnienie mechanizmów adaptacji pryzmatycznej może pomóc w określeniu zakresu jej stosowalności i ewentualnej modyfikacji samej procedury, tak aby była jak najbardziej użyteczna dla pacjentów.

Interesujący jest również wpływ adaptacji pryzmatycznej na procesy wyobrażeniowe. Jak już wspomniano, przeprowadzono zbyt mało badań w tym zakresie, aby stwierdzić, czy adaptacja pryzmatyczna wywiera wpływ na procesy wyobrażeniowe.

Niewiele prac poświęcono również zbadaniu wpływu adaptacji pryzmatycznej na objawy pomijania stronnego niezwiązane ze spostrzeganiem relacji przestrzennych, np. na ogólną zdolność do mobilizowania uwagi i gotowość do reagowania.

Jak wynika z badań Robertsona i wsp. (1998) oraz Thimma i wsp. (2005), redukcja objawów pomijania stronnego może być dokonana za pomocą treningu pobudzeniowego, który polega na prezentowaniu bodźców ostrzegawczych (tonów) przed prezentacją bodźców wzrokowych. Okazuje się, że sygnał ostrzegawczy pomimo tego, iż nie informuje o lokalizacji przestrzennej bodźców wzrokowych, zmniejsza deficyt w orientowaniu uwagi w kierunku bodźców lokalizowanych po stronie lewej.

Rossetti i Rode (2002) są zdania, że adaptacja pryzmatyczna nie wpływa na funkcje pobudzeniowe. Nie przeprowadzono jednak badań mających na celu określenie wpływu adaptacji pryzmatycznej na inne funkcje uwagi poza orientacyjną w ujęciu Posnera (Posner i Peterson 1990). Okazuje się to szczególnie ważne, ponieważ deficyt w ogólnej mobilizacji uwagi jest ważnym predykatorem pomijania stronnego (Robertson i wsp. 1997).

Rzetelna ocena przydatności adaptacji pryzmatycznej w neurorehabilitacji jest niezwykle ważna, gdyż w porównaniu z innymi metodami, takimi jak stymulacja przedsionkowa, czyli wprowadzenie zimnej wody do ucha pacjenta, adaptacja pryzmatyczna ma niewątpliwą przewagę – jest metodą nieinwazyjną, prostą i łatwą do przeprowadzenia, a przede wszystkim jej efekty najprawdopodobniej utrzymują się znacząco



nie dłużej (Frassinetti i wsp. 2002; Serino i wsp. 2006; Humphreys i wsp. 2006). Praca ta stanowi propozycję systematycznych badań, których celem jest dokonanie takiej właśnie oceny.

## Piśmiennictwo

1. Angeli V, Benassi MG, Ládavas E. Recovery of oculo-motor bias in neglect patients after prism adaptation. *Neuropsychologia* 2004; 42: 1223-1234.
2. Berberovic N, Mattingley JB. Effects of prismatic adaptation on judgements of spatial extent in peripersonal and extrapersonal space. *Neuropsychologia* 2003; 41: 493-503.
3. Bernier PM, Gauthier GM, Blouin J. Evidence for distinct, differentially adaptable sensorimotor transformations for reaches to visual and proprioceptive targets. *J Neurophysiol* 2007; 98: 1815-1819.
4. Danckert J, Ferber S. Revisiting unilateral neglect. *Neuropsychologia* 2006; 44: 987-1006.
5. Datié AM, Paysant J, Destainville S, et al. Eye movements and visuo-verbal descriptions exhibit heterogeneous and dissociated patterns before and after prismatic adaptation in unilateral spatial neglect. *Eur J Neurol* 2006; 13: 772-779.
6. Della Sala S, Logie RH, Beschin N, et al. Perserved visuo-spatial transformations in representational neglect. *Neuropsychologia* 2004; 42: 1358-1364.
7. Dijkerman HC, Webeling M, ter Wal JM, et al. A long-lasting improvement of somatosensory function after prism adaptation, a case study. *Neuropsychologia* 2004; 42: 1697-1702.
8. Domańska Ł. Więźniowie podzielonej przestrzeni. Zaburzenia uwagi w pomijaniu stronnym. Wydawnictwo UMCS, Lublin 2004.
9. Farnè A, Rossetti Y, Toniolo S, et al. Ameliorating neglect with prism adaptation: visuo-manual and visuo-verbal measures. *Neuropsychologia* 2002; 40: 718-729.
10. Ferber S, Danckert J, Joannisse M, et al. Eye movements tell only half the story. *Neurology* 2003; 60: 1826-1829.
11. Frassinetti F, Angeli V, Meneghello F, et al. Long-lasting amelioration of visuospatial neglect by prism adaptation. *Brain* 2002; 125: 608-623.
12. Girardi M, McIntosh RD, Michel C, et al. Sensorimotor effects on central space representation: prism adaptation influences haptic and visual representations in normal subjects. *Neuropsychologia* 2004; 42: 1477-1487.
13. Humphreys G, Watelet A, Riddoch M. Long-term effects of prism adaptation in chronic visual neglect: a single case study. *Cogn Neuropsychol* 2006; 23: 463-478.
14. Ishiai S, Koyama Y, Nakano N, et al. Image of a line is not shrunk but neglected. Absence of crossover in unilateral spatial neglect. *Neuropsychologia* 2004; 42: 251-256.
15. Jodzio K, Gąsecki D, Nyka W, et al. Mózgowy przepływ krwi u chorych ze zróżnicowanymi objawami pomijania stronnego po udarze niedokrwiennym mózgu. *Neurol Neurochir Pol* 2004; 38: 381-388.
16. Karenbach Ch, Munk L, Cuningham D. Visuomotor adaptation: dependency on motion trajectory. W: *Dynamic perception*. Würtz R, Lappe M (red.). Infix Verlag, St. Augustin 2002; 177-182.
17. Luauté J, Halligan P, Rode G, et al. Visuo-spatial neglect: a systematic review of current interventions and their effectiveness. *Neurosci Biobehav Rev* 2006; 30: 961-982.
18. Manly T. Cognitive rehabilitation for unilateral spatial neglect: review. *Neuropsychol Rehabil* 2002; 12: 289-310.
19. Michel C, Pisella L, Halligan PW, et al. Simulating unilateral neglect in normals using prism adaptation: implications for theory. *Neuropsychologia* 2003; 41: 25-39.
20. Ortigue S, Viaud-Delmon I, Michel CM, et al. Pure imagery hemi-neglect of far space. *Neurology* 2003; 60: 2000-2002.
21. Ota H, Fujii T, Suzuki K, et al. Dissociation of body-centered and stimulus-centered representations in unilateral neglect. *Neurology* 2001; 57: 2064-2069.
22. Ota H, Fujii T, Tabuchi M, et al. Different spatial processing for stimulus-centered and body-centered representations. *Neurology* 2003; 60: 1846-1848.
23. Pisella L, Rode G, Farnè A, et al. Dissociated long lasting improvements of straight-ahead pointing and line bisection tasks in two hemineglect patients. *Neuropsychologia* 2002; 40: 327-334.
24. Posner MI, Petersen SE. The attention system of the human brain. *Ann Review Neurosci* 1990; 13: 25-42.
25. Pouget A, Sejnowski TJ. A new view of hemineglect based on the response properties of parietal neurones. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 1997; 352: 1449-1459.
26. Prigatano GP. *Rehabilitacja neuropsychologiczna*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2009.
27. Redding GM, Wallace B. Calibration and alignment are separable: evidence from prism adaptation. *J Mot Behav* 2001; 33: 401-412.
28. Redding GM, Wallace B. Dual prism adaptation: calibration or alignment? *J Mot Behav* 2003; 35: 399-408.
29. Redding GM, Wallace B. First-trial adaptation to prism exposure: artifact of visual capture. *J Mot Behav* 2004; 36: 291-304.
30. Redding GM, Wallace B. Generalization of prism adaptation. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 2006; 32: 1006-1022.
31. Redding GM, Wallace B. Prism adaptation and unilateral neglect: Review and analysis. *Neuropsychologia* 2006a; 44: 1-20.
32. Rode G, Rossetti Y, Li L. Improvement of mental imagery after prism exposure in neglect: a case study. *Behav Neurol* 1998; 11: 251-258.
33. Robertson IH, Manly T, Beschin N, et al. Auditory sustained attention is a marker of unilateral spatial neglect. *Neuropsychologia* 1997; 35: 1527-1532.
34. Robertson IH, Mattingley JB, Rorden C, et al. Phasic alerting of neglect patients overcomes their spatial deficit in visual awareness. *Nature* 1998; 395: 169-172.
35. Rossetti Y, Rode G, Pisella L, et al. Prism adaptation to a rightward optical deviation rehabilitates left hemispatial neglect. *Nature* 1998; 395: 166-169.
36. Rossetti Y, Rode G, Pisella L, et al. Sensorimotor plasticity and cognition: prism adaptation can affect various levels of space representations. W: *Studies on Perception and Action*. Grealy MA, Thomson JA (red.). Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale NJ 1999; 1899-1902.
37. Rossetti Y, Rode G. Reducing spatial neglect by visual and other sensory manipulations: non-cognitive (physiological) routes to the rehabilitation of a cognitive disorder. W: *The Cognitive and Neural Basis of Spatial Neglect*. Karnath HO, Milner AD, Vallar G (red.). Oxford University Press, Oxford 2002; 375-396.
38. Rossetti Y, Jacquin-Courtois S, Rode G, et al. Does action make the link between number and space representation? Visuo-manual adaptation improves number bisection in unilateral neglect. *Psychol Sci* 2004; 15: 426-430.
39. Sarri M, Kalra L, Greenwood R, et al. Prism adaptation changes perceptual awareness for chimeric visual objects but not for chimeric faces in spatial neglect after right-hemisphere stroke. *Neurocase* 2006; 12: 127-135.
40. Serino A, Angeli V, Frassinetti F, et al. Mechanisms underlying neglect recovery after prism adaptation. *Neuropsychologia* 2006; 44: 1068-1078.
41. Thimm M, Fink GR, Küst J, et al. Impact of alertness training on spatial neglect: a behavioural and fMRI study. *Neuropsychologia* 2006; 44: 1230-1246.