



DYSFUNKCJA AKOMODACJI I METODY JEJ BADAŃ

**ANNA PRZEKORACKA-KRAWCZYK¹
RYSZARD NASKRĘCKI²**

^{1,2}PRACOWNIA FIZYKI WIDZENIA I OPTOMETRII,
WYDZIAŁ FIZYKI,
UNIwersytet IM. ADAMA MICKIEWICZA
W POZNANIU

Akomodacja to proces podczas którego dochodzi do zmiany mocy optycznej soczewki ocznej prowadząc do zogniskowania na siatkówce obrazu obserwowanego obiektu i utrzymania go na dołeczku środkowym siatkówki [1]. Jako pierwszy proces ten zademonstrował Thomas Young w roku 1801, zaś pierwszy model wyjaśniający proces akomodacji zaproponował w roku 1866 twórca optyki fizjologicznej, Hermann von Helmholtz [2]. Przez wiele lat proces akomodacji oka traktowano jako prostą, automatyczną odpowiedź układu nerwowego na bodźce wzrokowe, zachodzącą na niskich poziomach kontroli okulomotorycznej. Okazuje się jednak, że akomodacja podlega w dużej mierze kontroli niesensorycznych wyższych ośrodków korowych. Już pod koniec 19. wieku Maddox [3] wprowadził do swojego modelu wergencji, czynnik nazwany przez niego „świadomością bliskości” lub „wolicjonalną wergencją”. Analogicznie postąpił Heath [4] formując komponenty akomodacji, wprowadzając element zwany „proksymalną” lub „psychologiczną akomodacją”.

O tym, że akomodacja jest wieloczynnikowym złożonym procesem, na który silny wpływ mają czynniki niesensoryczne, można przekonać się w życiu codziennym. Każdy z nas niejednokrotnie odniósł wrażenie, że patrząc na obiekt znajdujący się w pewnej odległości, może wolicjonalnie sterować „ostrością” obrazu obserwowanego przedmiotu. Można więc w zależności od naszej woli zmieniać stan akomodacji oka. Również zmiana wielkości obrazu na siatkówce prowadzi do powstania wrażenia zmiany odległości obserwowanego obiektu, co z kolei prowadzi do zmian w odpowiedzi akomodacji i wergencji [5]. Okazuje się, że nawet podczas obserwacji obrazów dwuwymiarowych, takich jak artystyczne obrazy, w których znajdują się elementy perspektywy, przerzucając wzrok z fragmentów obrazujących dalekie przedmioty na bliskie, pomimo tego, że faktycznie znajdują się one na płaskim płótnie, akomodacja i wergencja oczu obserwatora ulega zmianie [6]. Badania pokazały również, że wykonywanie mentalnych zadań takich jak proste zadania arytmetyczne prowadzi do zmiany poziomu akomodacji podczas obserwacji obiektów w bliżej wzrokowej [7], a także do wzrostu poziomu akomodacji spoczynkowej w ciemności [8]. Ponadto, już samo myślenie o „bliży” czy „dali” zmienia poziom akomodacji i wergencji w odpowiedzi na puste pole widzenia [9]. Zauważmy, że już sama uwaga wzrokowa wywiera silne działanie na stan akomodacji i wergencji. Proces widzenia nie polega bowiem na pasywnym odbiorze informacji z otoczenia – to my w dużej mierze wybieramy (w sposób dość dobrowolny) bodźce nas interesujące. Tak więc akomodacja zależna jest od wielu czynników sensorycznych, na które świadomie nie mamy wpływu oraz czynników niesensorycznych, takich jak świadomość, wyobrażenia, uwaga itp., które sterowane są naszą wolą. Z tego też względu procesu tego nie możemy ograniczyć do automatycznej odpowiedzi układu okulomotorycznego na bodźce wzrokowe, znajdujące się w odpowiedniej odległości od obserwatora, albowiem nasza kondycja psychofizyczna ma duży wpływ na jej stan i funkcjonowanie [10].

W akomodacji można wydzielić komponenty funkcjonalne i operacyjne kształtujące zrab dla relacji między bodźcem do akomodacji a jego wpływem na efekty motoryczne. Heath [4] wydzielił 4 komponenty akomodacji: odruchowy, wergencyjny, proksymalny (psychologiczny) i toniczny.

Odruchowa akomodacja jest to automatyczne dostosowanie mocy optycznej oka w celu zogniskowania obrazu na siatkówce, pojawiająca się w odpowiedzi na zamazanie obrazu. W procesie tym dostosowywany zostaje zarówno kontrast jak i gradient (zagęszczenie) obrazu siatkówkowego. Akomodacji tej towarzyszą niewielkie skanujące ruchy oka – mikrosakady [11] – co pozwala na lepsze wydobywanie informacji z zamazanego obrazu [12]. Proces ten jest najsilniejszym i najważniejszym z komponentów akomodacji zarówno przy



obserwacji jedno jak i dwuocznej.

Wergencyjna akomodacja to akomodacja wywołana przez fuzyjną dysparację wergencyjną, [13] pojawiająca się podczas obserwacji obuocznej, gdy obiekt zbliża się do obserwatora. Komponent ten stanowi drugi pod względem ważności element akomodacji.

Proksymalna akomodacja to akomodacja związana z wiedzą i świadomością percepcji bliskości obiektów [14]. Komponent ten włącza się gdy patrzymy na przedmioty znajdujące się w obszarze do 3 metrów. W normalnych warunkach widzenia obuocznego komponent ten stanowi od 4 do 10 % całej akomodacji.

Ostatni z komponentów akomodacji, czyli **akomodacja toniczna** pojawia się podczas nieobecności zamazania obrazu, dysparacji wergencji czy czynników proksymalnych, jak i jakiegokolwiek dobrowolnej akcji. W przeciwieństwie do pozostałych komponentów nie istnieje żaden z czynników go wywołujących. Obrazuje on raczej bazowe, spoczynkowe, neuronalne pobudzenie soczewki ocznej pochodzące z pnia mózgu. U młodych dorosłych komponent ten stanowi w przybliżeniu 1 dpt (od 0 do 2 dpt), zaś u dzieci wynosi ok. 2 dpt (od 0 do 4 dpt) [15].

Na stan akomodacji wpływa wiele czynników. Czynniki optyczne takie jak zamazanie obrazu, aberracje, które stanowią 50% całej odpowiedzi akomodacji. Istnieją również czynniki nieoptyczne, czyli wielkość przedmiotu i świadomość jego bliskości, chęć obserwacji bliskich obiektów, wyobraźnia czy nawet nastój obserwatora. Znacząca jest również jakość obrazu siatkówkowego, a zwłaszcza jego wielkość, częstość przestrzenna, luminancja i kontrast [16], a także ruch obrazu po siatkówce [17]. Nieobecność tych czynników akomodacyjnych powoduje ustalenie się akomodacji na poziom toniczny.

Jednak nawet, jeżeli wszystkie z czynników występują, nie mamy pewności, że odpowiedź akomodacji będzie pełna. Albowiem istnieją czynniki mogące zaburzyć jej działanie. Jednymi z najistotniejszych są choroby narządu wzroku, choroby ogólnoustrojowe, a także przyjmowane leki czy inne środki farmakologiczne. Leki stymulujące układ nerwowy parasympatyczny silnie stymulują akomodację, wywołując jej nadmierną odpowiedź oraz zwężenie źrenic. Natomiast grupa leków działających na układ sympatyczny wpływa na akomodację hamująco. Z tego też względu leki z tej grupy mogą być stosowane w celu złagodzenia symptomów nadmiernej akomodacji wywołanej np. w stanach hysterii, czy przemęczeniem pracą z bliska [18]. Niezwykle silny wpływ na akomodację mają leki stosowane w leczeniu chorób ogólnoustrojowych jak i środki narkotyczne. Przykładowo, alkohol, marihuana, leki antyhistaminowe, mogą być przyczyną niesprawnej lub niedostatecznej akomodacji, natomiast morfina czy sulfamidy jej nadmiernej odpowiedzi [5].

Jak wspomniano, również choroby ogólnoustrojowe, układu nerwowego lub narządu wzroku, odgrywają istotny wpływ na statyczne i dynamiczne aspekty akomodacji. U dzieci osłabiona akomodacja często współwystępuje z anemią, świnką, odrą, grypą, zapaleniem migdałków, błonicą, czy w efekcie zatrucia metalami ciężkimi, bądź arsenikiem. U osób dorosłych natomiast, niedostateczną akomodację stwierdza się często w chorobach takich jak: malaria, zapalenie mózgu, stwardnienie rozsiane, cukrzyca, dur brzuszny, anemia, zatrucia, zapalenie zatok, porażenie nerwu twarzowego, chorobie Parkinsona, uszkodzeniach pnia mózgu i szyszynki, a także w licznych patologjach narządu wzroku (jaskra, zapalenie tęczówki, twardówki, itd.) [19]. Natomiast



nadmierna akomodacja może być wywołana zapaleniem mózgu, urazami głowy, neuralgią nerwu trójdzielnego, a u dzieci dodatkowo grypą, czy zapaleniem opon mózgowych.

Jeżeli dysfunkcja akomodacji wywołana została którąś z wymienionych stanów patologicznych, zwykle znika ona podczas leczenia farmakologicznego choroby ją wywołującej. Jednakże nie rzadko zdarza się, że symptomy są bardzo silne, uniemożliwiając pacjentowi wykonanie prostych czynności, takich jak czytanie, pisanie, praca przy komputerze, a w przypadku dzieci zabawa. Nie zawsze w procesie leczenia zaburzenia znikają całkowicie, dlatego też owocne efekty przynosi odpowiedni trening wzrokowy lub dodatkowe okulary do pracy z bliska.

Jak więc wykazano akomodacja jest procesem złożonym, a jej dysfunkcja może być przyczyną wielu dolegliwości wzrokowych, osłabiających naszą efektywność pracy. Z tego też względu badanie stanu układu wzrokowego powinno zawierać pomiar zdolności akomodacji nie tylko u osób starszych, ale również u dzieci czy u ludzi młodych (zwłaszcza w okresie szkolnym). Aby ocenić właściwie stan akomodacji konieczne jest zbadanie/zmierzenie amplitudy akomodacji, sprawności akomodacji, odpowiedzi akomodacji jak i w niektórych przypadkach stabilności akomodacji. Parametry te wraz ze sposobem ich badań zostaną omówione poniżej.

Amplituda akomodacji

W wyniku akomodacji przedmioty znajdujące się w różnych odległościach od obserwatora, mogą być wyraźnie odwzorowane na siatkówce. Gdy oko patrzy na znaczną odległość – (powyżej 4 metrów), soczewka oczna posiada najmniejszą moc optyczną. Oko takie zwane jest nieakomodującym. W sytuacji tej na siatkówce oka powstaje ostry obraz punktu znajdującego się na osi optycznej oka, zwanego punktem dalekim oka (P_D). Jeżeli natomiast soczewka oczna osiągnie największą moc optyczną (maksymalnie zakomoduje), na siatkówce zostanie w sposób ostry odwzorowany punkt znajdujący się blisko oka. Punkt ten zwany jest punktem bliskim (P_B). Możliwości akomodacyjne oka określa **amplituda akomodacji** (A_A), którą z definicji stanowi różnica odwrotności odległości punktu dalekiego (s_D) i bliskiego (s_B) oka, co wyraża wzór:

$$A_A = \frac{1}{s_D} - \frac{1}{s_B} \quad (1)$$

lub pamiętając, że odwrotność odległości punktu dalekiego oka określana jest mianem refrakcji ($R = \frac{1}{s_D}$),

wzór ten przybiera postać:

$$A_A = R - \frac{1}{s_B} \quad (2)$$

Widać zatem, że gdy wartość tak zdefiniowanej refrakcji wynosi zero, czyli gdy oko nie jest obciążone wadą refrakcji lub jest całkowicie skorygowane, do wyznaczenia amplitudy akomodacji potrzebna jest jedynie wartość odległości punktu bliskiego oka. Położenie tego punktu można względnie łatwo określić metodami omówionymi poniżej.



U dzieci mających oczy miarowe (lub skorygowane) punkt P_B znajduje się w odległości kilku centymetrów od oka. Jednak z wiekiem, w efekcie sztywnienia soczewki ocznej, punkt P_B zbliża się do punktu dalekiego P_D , a więc zakres akomodacji zmniejsza się. Wywołuje to stan prezbiopii. Przyjmuje się, że prezbiopia rozpoczyna się, gdy amplituda akomodacji zmaleje do wartości około 5 dpt. W sytuacji tej akomodacja nie wystarcza do ostrego i komfortowego widzenia przedmiotów znajdujących się blisko. W związku z tym, chcąc patrzeć na przedmioty położone w niewielkiej odległości (np. przy czytaniu), konieczne jest stosowanie dodatkowych soczewek korekcyjnych o mocy dodatniej (bądź mniej ujemnej niż moc optyczna soczewki korekcyjnej do dali - przy krótkowzroczności). Spodziewane wartości amplitudy akomodacji w zależności od wieku zamieszczono w tabeli 1.

Tabela 1. Spodziewane wartości amplitudy akomodacji względem wieku wyznaczone wg formuły Hofstettera.

AMPLITUDA AKOMODACJI (dptr)		
Wiek	Średnia	Min – Max
10	15,0	21,5 – 21,0
20	12,5	10,0 – 17,0
30	9,5	7,5 – 13,0
40	6,5	5,0 – 9,0
50	3,5	2,5 – 5,0
60	0,5	0 – 1,0

I. Pomiar amplitudy akomodacji metodą zbliżania Dondersa (*ang. Donder's Push-up Test*)

Jedną z technik pozwalającą wyznaczyć wartość amplitudę akomodacji jest określenie położenia punktu bliskiego oka, którego odwrotność stanowi wartość amplitudy akomodacji. W tym przypadku punkt bliski oka nazywany jest punktem bliskim akomodacji. Koniecznym jest, aby osoba badana patrzyła przez korekcję okularową lub soczewki kontaktowe korygujące w pełni jej wadę refrakcji. Przy nieskorygowanej wadzie nadwzrocznej zmierzona odległość punktu bliskiego będzie większa niż wartość faktyczna, co zaniży wartość amplitudy akomodacji, nieskorygowana wada krótkowzroczna zawyży wartość A_A .

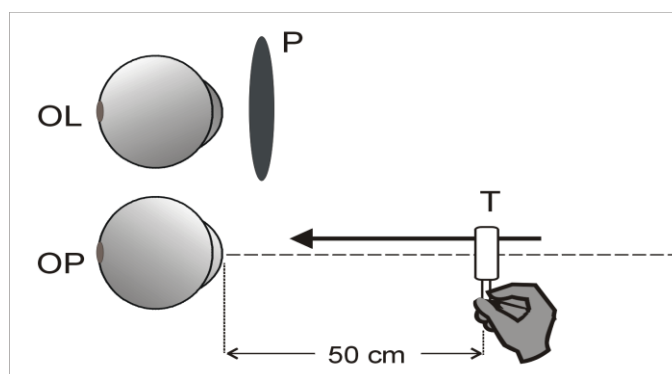
Badanie przeprowadzane jest w umiarkowanie oświetlonym pomieszczeniu z dodatkową lampą, np. biurową, oświetlającą tekst. Luminancja nie może być jednak zbyt duża, ponieważ nadmierne zwężenie źrenic zwiększy głębię ostrości, i tym samym punkt P_B przybliży się do oka. Testem stosowanym w tej metodzie jest zwykle tabliczka bądź patyczek z



nadrukowanym tekstem, którego wielkość znaków odpowiada ostrości wzroku badanego oka. Badający umieszcza tekst w odległości ok. 50 cm na wprost oka badanego i wolnym ruchem zbliża go wzdłuż linii patrzenia z pierwotnej pozycji spojrzenia¹ (Ryc.1 i 2). Badany ma za zadanie zakomunikować kiedy tekst ulegnie zamazaniu. Odległość ta powinna zostać zmierzona od płaszczyzny ramki okularów lub od płaszczyzny rogówki (gdy badany nie ma korekcji okularowej). Do zmierzenia zwykle stosuje się zwykłą linijkę lub podziałkę umieszczoną na wysięgniku przy foropterze. Zalecane jest przeprowadzenie pomiaru dla każdego oka kilka razy (np. trzykrotnie) i uśrednienie otrzymanych wyników.

W przypadku gdy osoba badana jest w wieku prezbiopijnym zalecane jest umieszczenie przed każdym z oczu dodatkowej soczewki + 2,50 dpt. Jednak wartość ta powinna być odjęta w ostatecznych obliczeniach A_A . Przykładowo, gdy badany zatrzymał tekst na odległości 25 cm, to odwrotność tej wartości ($1/0,25$) daje 4,00 dpt. Faktyczna wartość A_A wynosi $1,50$ dpt, ponieważ $4,00 - 2,50 = 1,50$ dpt.

Należy pamiętać, że amplituda akomodacji może różnić się między oczyma, dlatego konieczne jest wykonanie pomiarów jednoocznie (każde oko z osobna, drugie zasłonięte, lecz nie zamknięte). Ponadto podczas pomiaru obuocznego istotny wpływ na wynik ma komponent akomodacji konwergencyjnej, który zawyży uzyskany wynik amplitudy akomodacji.



Ryc. 1. Schemat wykonania pomiaru punktu bliskiego akomodacji. Od lewej: OL i OP - oczy badanego, P – przesłonka, T – tabliczka lub patyczek z tekstem.



Ryc. 2. Procedura wykonania pomiaru punktu bliskiego akomodacji. Pacjent (lub badający) wolnym ruchem ręki zbliża test do oka (fotografia z lewej) i zatrzymuje w punkcie zamazania, po czym badający odczytuje odległość z linijki (fotografia z prawej).

W przypadku badania dzieci, zalecana jest metoda *oddalania*. Pomiar ten przeprowadzany jest analogicznie do metody *zbliżania*, z taką różnicą, że wyjściowo test przybliżany jest maksymalnie do oka badanego, a następnie powolnym ruchem ręki oddalany. Dziecko ma za zadanie zakomunikować kiedy test będzie widoczny i czytelny. Metoda ta daje bardziej wiarygodne wyniki, albowiem dziecku trudniej jest ocenić kiedy obraz jest zamazany. Bez trudu natomiast zauważy wyostrenie tekstu, gdy oddalamy go od oka.

Sprawność akomodacji

Drugim parametrem informującym o stanie akomodacji jest jej **sprawność**. Jest to zdolność do szybkiej i właściwej zmiany akomodacji oka przy przerzucaniu wzroku na różne odległości. Użytecznymi technikami stosowanymi do oceny sprawności akomodacji jest metoda skokowa bliż-dal oraz metoda z zastosowaniem flippera akomodacyjnego.

II a. Pomiar sprawności akomodacji metodą skokową bliż-dal (*ang. Near-Far Test*)

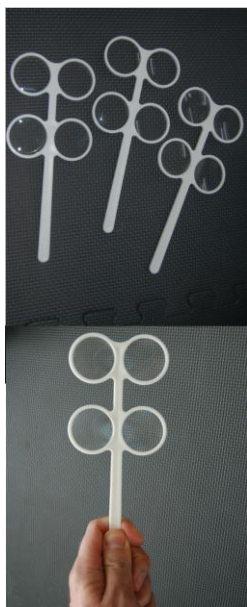
Test ten nie jest zalecany dla osób, u których wartość $A_A < 4,5$ dpt i wykonywany jest w pełnej korekcji wady refrakcji. Badający prosi badanego o szybkie przerzucanie wzroku z obiektu położonego daleko (4 lub 6 m) na obiekt bliski (ok. 40 cm) i odwrotnie. Bódcze mogą stanowić litery lub inne optotypy o wielkości nieco powyżej ostrości wzroku badanego (ok. 20/30 lub 6/9). Oświetlenie obu testów powinno być intensywne. Za każdym razem przed przerzuceniem wzroku badany musi wyostrić obraz obserwowanego tekstu i najlepiej jak zakomunikuje kiedy tekst stał się wyraźny. Zalecane jest poinstruowanie pacjenta, że teraz sprawdzane będzie jak



szybko potrafi on wyostrzyć obraz przerzucając wzrok z tekstu na ścianie (tablicy) na tekst trzymany w ręku i odwrotnie. Badanie wykonuje się jednocześnie po minucie na oko i obuocznie również minutę czasu, w trakcie zliczając i notując liczbę wykonanych cykli². Przy pomiarze jednoocznym spodziewana średnia wartość sprawności akomodacji u osób dorosłych to: 20 cykli/min (min. 15 cykli/min), zaś przy obuocznym 16 cykli/min (min. 12 cykli/min). Młodsze dzieci wykonują zadanie nieco wolniej, a normy ich sprawności są ok. 2/3 razy mniejsze [5].

II b. Pomiar sprawności akomodacji flipperem akomodacyjnym (*ang. Flipper Lens Test*)

Sprawność akomodacji można ocenić również w warunkach bardziej statycznych, zmieniając jedynie bodziec do akomodacji. Do zmiany bodźca do akomodacji stosuje się flipper akomodacyjny (Ryc.3, z lewej). Pomiar sprawności akomodacji wykonuje się zazwyczaj na odległości 40 cm, a badany obserwuje tekst o wielkości liter nieco powyżej ostrości jego wzroku. Zadanie badanego polega na jak najszybszym wyostreniu obrazu obserwowanego tekstu patrząc przez soczewki dodatnie flippera, po czym następuje szybki obrót na soczewki ujemne i ponowne uzyskanie ostrości. Zaleca się poinstruowanie pacjenta: „teraz będę umieszczał soczewki przed twoimi oczami i gdy tylko tekst stanie się wyraźny powiedz mi *wyraźny* lub *już*”. Badający wykonuje test w czasie 1 minuty (lub 30 sekund), na każdym oku z osobna oraz obuocznie, na końcu notując liczbę wykonanych cykli na minutę. Spodziewane wartości dla flippera +/-2,00 dpt dla dorosłych znajdują się w tabeli 2, a dla dzieci w tabeli 3.



Ryc. 3. Z lewej: flippery akomodacyjne. Flipper to oprawa z rączką z zamontowanymi dwiema parami soczewek sferycznych: w poziomie na górze para soczewek dodatnich, na dole para ujemnych. Takie zamontowanie soczewek pozwala na szybką i łatwą zmianę ich mocy, a zarazem bodźca do akomodacji. Flipper diagnostyczny zwykle zawiera moce +/- 2,00 dpt.; Z prawej: pomiar sprawności akomodacji przy użyciu flippera.

Tabela 2. Spodziewane wartości sprawności akomodacji u dorosłych z flipperem +/-2,00 dpt..

SPRAWNOŚĆ AKOMODACJI (cykl./min.)			
<i>Punktacja</i>	<i>Wynik</i>	<i>OP lub OL</i>	<i>Obuocznie</i>
5	Bardzo dobre	>18	>10
4	Dobre	14-18	8-10
3	Dostateczne	10-13	6-7
2	Słabe	6-9	4-5
1	Bardzo słabe	<6	<4

Tabela 3. Spodziewane wartości sprawności akomodacji u dzieci [20].

NORMA SPRAWNOŚĆ AKOMODACJI (cykl./min.)		
<i>Wiek</i>	<i>OP lub OL</i>	<i>Obuocznie</i>
6	>18	>10
7	14-18	8-10
8-12	10-13	6-7
Powyżej 12	6-9	4-5

Oslabiona sprawność akomodacji objawi się zwykle problemem z wyostreniem obrazu przy obracaniu flippera, zwłaszcza przy obserwacji jednoocznej. Jeżeli natomiast, uzyskane wartości dla każdego oka z osobna będą w normie, a zaobserwowana zostanie obniżona sprawność obuoczna, może to sugerować problemy z konwergencją i widzeniem obuocznym. W czasie pomiaru obuocznego należy pamiętać również, że może pojawić się tłumienie jednego oka. Wynik nie będzie wtedy miarodajny. Dlatego też konieczna jest obserwacja oczu podczas badania. Jeżeli w trakcie pomiaru obuocznego jedno z oczu wykonuje ruch, oznacza to, że zostało ono wytłumione.

W niektórych przypadkach badany nie potrafi wyostrzyć tekstu z flipperem +/- 2,00 dpt. Należy wtedy zastosować mniejsze moce optyczne, np. +/- 1,50 dpt lub +/- 1,00 dpt.

Odpowiedź akomodacji

Zbliżając do badanego obserwowany obiekt, wiązka światła wpadająca do jego oka staje się coraz bardziej rozbieżna, co zmusza soczewkę oczną do zwiększenia swojej mocy. Zatem im obiekt znajduje się bliżej oka, tym większy staje się bodziec do akomodacji. Bodziec do akomodacji określany jest jako odwrotność odległości obserwacji, czyli dla przedmiotów znajdujących się w odległości 40 cm bodziec do akomodacji wynosi 2,50 dpt (bo $1/0,4 = 2,50$). Aby wyraźnie widzieć dany przedmiot oko musi zakomodować 2,50 dpt. Nie zawsze jednak odpowiedź akomodacji jest pełna. W wielu przypadkach odpowiedź akomodacji jest zbyt mała – stan zwany niedostateczną akomodacją, bądź zbyt duża – stan zwany nadmierną akomodacją. W celu sprawdzenia odpowiedzi akomodacji wykonuje się skiaskopię dynamiczną.

III a. Skiaskopia dynamiczna MEM (*ang. Monocular Estimation Method*)

MEM jest obiektywną metodą pomiaru odpowiedzi akomodacji zalecaną zarówno do badań osób dorosłych jak i dzieci. Badanie wykonuje się w umiarkowanie oświetlonym pomieszczeniu, z dodatkową lampą oświetlającą test do bliży. Pomiar można przeprowadzić za foropterem jak i poza nim. W obu przypadkach badany powinien mieć założoną lub wstawioną do foroptera pełną korekcję wady refrakcji. Zadaniem badanego jest patrzenie na tekst/optotypy z tabliczki umieszczonej na skiaskopie (patrz Ryc. 4), podczas gdy badający obserwuje refleks z oka jak w standardowej skiaskopii statycznej. Jeżeli odpowiedź akomodacji jest właściwa, badający zaobserwuje wypełnienie źrenicy światłem. Jeżeli wypełnienia nie ma i widoczny jest ruch refleksu, konieczne jest określenie jego kierunku i umieszczenie przed okiem pacjenta soczewki, przy której dojdzie do neutralizacji (wypełnienia źrenicy światłem). W przypadku gdy ruch refleksu jest przeciwny do ruchu skiaskopu, odpowiedź akomodacji jest nadmierna i konieczne jest zastosowanie soczewki ujemnej. Jeżeli natomiast ruch jest zgodny, odpowiedź jest osłabiona i do neutralizacji stosuje się soczewki dodatnie.

Istotne jest, że badane musi być każde oko z osobna jednak w warunkach obserwacji obuocznej (oczy są otwarte i odsłonięte), a także aby nie trzymać soczewki przed okiem dłużej niż 2 sekundy, ze względu na możliwość zaadaptowania się układu akomodacyjnego.

Spodziewane wartości odpowiedzi akomodacji mieszczą się między + 0,25 dpt a + 0,75 dpt. Wynik wyższy sugeruje niedostateczną akomodację, a wynik ujemny nadmierną akomodację (np. spazm akomodacyjny).





Ryc. 5. Skiaskopia dynamiczna metodą NOTT. Na wysięgniku umieszczony jest patyczek fiksacyjny. W celu uzyskania wypełnienia źrenicy światłem skiaskopu badający musiał odsunąć się od niego, co sugeruje niedostateczną akomodację.

Typy dysfunkcji akomodacji

Dysfunkcje akomodacji można podzielić na dwie kategorie: nadmierna i niedostateczna [21]. Nadmierna akomodacja znana również pod nazwą spazmu akomodacji i charakteryzuje się nadmierną konwergencją, zwężeniem źrenic oraz pseudokrótkowzrocznością [22] (tzw. spazm triady bliży). Najczęstsza przyczyna tej dysfunkcji akomodacji leży w nieskorygowanej nadwzroczności, co zmusza oczy do długotrwałej nadmiernej akomodacji, a w konsekwencji prowadzi do problemów z jej poluznieniem. Należy jednak pamiętać o tym również, że spazm triady bliży związany może być z guzami mózdzku, przysadki, czy występować w chorobie zwanej Malformacją Arnolda Chiariego [23].

Natomiast osłabione funkcje akomodacji sklasyfikowano w pięć typów.

Pacjenci z *niesprawną akomodacją*, NSA (ang. *accommodative infacility, inflexibility*) wykazują trudności w szybkim dostosowaniu akomodacji do odległości patrzenia. Dużą trudność sprawia im szybkie „wyostrzenie” obrazu gdy przerzucają wzrok pomiędzy obiektami umieszczonymi w dali i bliży wzrokowej (i odwrotnie). Istotne jest, iż ich amplituda akomodacji pozostaje właściwa do wieku.

Przeciwnie, osoby z *niedostateczną akomodacją*, NDA (ang. *accommodative insufficiency*) wykazują osłabioną amplitudę akomodacji w stosunku do wieku i znacznie osłabioną odpowiedź akomodacji mierzoną np. metodą skiaskopii dynamicznej, a także często oddalony punkt bliski konwergencji [22]. Stan NDA może wystąpić u pacjentów w wyniku przemęczenia i wyczerpania, niedotlenienia, chorób typu grypa, a także pod wpływem silnego stresu [21], urazów



głowy, stosowania niektórych leków [24], w stanach zapalnych oka czy atrofii ciała rzęskowego [21], o czym dokładniej była mowa wcześniej.

Męczliwość akomodacji MA (ang. accommodative fatigue) to stan, w którym akomodacja szybko ulega zmęczeniu i pogorszeniu, podczas jej używania. Podczas pomiarów sprawności akomodacji początkowo badany wykonuje szybkie ruchy flippera, jednak po kilku sekundach akomodacji ulega zmęczeniu i wyostrzenie obrazu zajmuje mu więcej czasu. Dolegliwości wynikające z MA są łagodniejsze niż w stanie NDA.

Natomiast w stanie zwanym *ociężałością akomodacji OA (ang. accommodative inertia)* odpowiedź akomodacji pojawia się z pewnym opóźnieniem. Pacjenci obarczeni tym zaburzeniem zazwyczaj wcześniej niż inni wchodzi w stan prezbiopii.

Ostatnim z typów zaburzeń akomodacji jest *paraliż akomodacji, PA (ang. accommodative paralysis)*, w którym dochodzi do zupełnego braku odpowiedzi akomodacji przy patrzeniu na jakiegokolwiek odległości [23].

Wśród wymienionych stanów najczęstszym typem dysfunkcji akomodacji jest niesprawność akomodacji oraz niedostateczna akomodacja. Pojawianiu się tych zaburzeń zwykle towarzyszy ból głowy w okolicy czoła podczas czytania, astenopia, niestabilność ostrości obrazu podczas czytania, okresowe dwojenie obrazu, czasem ból oka/oczu, uczucie pieczenia powiek i/lub światłowstręt [21].

Metodą wyprowadzania niesprawnej i niedostatecznej akomodacji jest odpowiednio dobrany dodatek do bliży (np. wyznaczony w metodzie skioskopii dynamicznej) oraz trening wzrokowy wzmacniający amplitudę akomodacji i jej sprawność. Trening ten powinien zawierać ćwiczenia typu „przybliżanie” tekstu (push-ups) i stosowanie flippera akomodacyjnego podczas czytania. Czas jaki potrzebny jest na poprawę stanu akomodacji, jeżeli nie towarzyszą temu inne problemy z widzeniem obuocznym typu zezy jawne (heterotropie) czy zezy ukryte (heteroforie) wynosi zwykle około 3 tygodni [25,26].

¹ Ruch wykonywany jest po linii prostej, dokładnie na wprost oka badanego.

² Jeden cykl to dwa skoki: z dali na bliż i z bliży na dal.

Bibliografia

1. K. J. Ciuffreda. Accommodation and its anomalies. *Vision and Visual Dysfunction*, London: Macmillan Press, (1991), 231-279.
2. H. Helmholtz. *Treatise on Physiological Optics.*, New York: Dover, (praca oryginalna opublikowana w 1866), (1969).
3. E. E. Maddox. *The clinical use of prism and the decentering of lenses*, Bristol, England: John Wright. (1893).
4. G. G. Heath. Components of accommodation. *Am J Optom Arch Acad Optom* 33, (1956), 569-579.
5. W. J. Benjamin. *Borish's Clinical Refraction*, Philadelphia, Saunders. (1998).
6. J. T. Enright. Art and the oculomotor system: perspective illustrations evoke vergence changes. *Perception* 16, (1987), 731-746.
7. L. S. Gray, B. Winn, B. Gilmartin, and A. S. Eadie. The effect of mental effort on concurrent objective measures of open-loop accommodation and vergence. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 33(Suppl), (1992), 1148.
8. W. Jaschinski-Kruza and U. Toenies. Effect of a mental arithmetic task on dark focus of accommodation. *Ophthalmic Physiol Opt* 8, (1988), 432-437.
9. F. V. Malmstrom and R. J. Randle. Effects of visual imagery on the accommodation response. *Percept Psychophys* 19, (1976), 450-453.
10. E. L. Francis, J. Bai-Chuan, A. Owens, and R. A. Tyrrell. Accommodation and Vergence Require Effort-to-See. *Optometry and Vision Science* 80[6], (2003), 467-473.
11. E. F. Fincham. The accommodation reflex and its stimulus. *Br J Ophthalmol* 35, (1951), 381-393.
12. L. Stark *et al.*. Accommodative disfacility presenting as intermittent exotropia. *Ophthalmic Physiol Opt* 4, (1984), 233-244.
13. E. F. Fincham and J. Walton. The reciprocal actions of accommodation and vergence. *J Physiol* 137, (1957), 488-508.
14. S. C. Hokoda and K. J. Ciuffreda. Theoretical and clinical importance of proximal vergence and accommodation. *Vergence Eye Movements: Basic and Clinical Aspects*, Boston: Butterworth, (1983).
15. M. Rosenfield, K. J. Ciuffreda, G. K. Hung, and B. Gilmartin. Tonic accommodation: A review. I. Basic aspects. *Ophthalmic Physiol Opt* 13, (1993), 266-284.
16. K. J. Ciuffreda and D. Rumpf. Contrast and accommodation in amblyopia. *Vision Res* 25, (1985), 1445-1457.
17. G. K. Hung and K. J. Ciuffreda. Accommodative responses to eccentric and laterally-oscillating targets. *Ophthalmic Physiol Opt* 12, (1992), 361-364.
18. M. Rosenfield, K. J. Ciuffreda, G. K. Hung, and B. Gilmartin. Tonic accommodation: A review, II Adaptation and clinical aspects. *Ophthalmic Physiol Opt* 14, (1994), 265-274.
19. R. London. Accommodation. *Ocular Assessment: The Manual of Diagnosis for Office Practice*, Boston: Butterworth, (1984), 123-130.
20. M. Scheiman and B. Wick. *Clinical Management of Binocular Vision*, Philadelphia, JB Lippincott. (1994).
21. G. E. Russell and B. Wick. A prospective Study of



ACADEMY
FOR EYECARE
EXCELLENCE.
CIBAVISION.

Treatment of Accommodative Insufficiency. *Optometry and Vision Science* 70[2], (1993), 131-135.

22. J. Cooper. Accommodative dysfunction. *Diagnosis and Management in Vision Care*, Boston:Butterworths:(1987).
23. J. Mein and B. Harcourt. *Diagnosis and Management of Ocular Motility Disorders*, Boston. (1987).
24. B. J. Bohlman and T. D. France. Persistent accommodative spasm nine years after head trauma. *Journal of Clinical Neuro Ophthalmology* 7, (1987), 129-131.
25. K. M. Daum. Accommodative insufficiency. *Am J Optom Physiol Opt* 60, (1983), 352-359.
26. J. R. Griffin and J. D. Grisham. *Binocular Anomalies. Diagnosis and Vision Therapy*, 4New York, Butterworth Heinemann. (2002).

