

Amplituda akomodacji dla widzenia dwufotonowego – zastosowanie w technologii rozszerzonej rzeczywistości

O. Kaczkoś^{1,2,3}, M. Grochalski^{1,2,4}, J. Pniewski³, M. Wojtkowski^{1,2}, K. Komar^{1,2,4†}

¹Międzynarodowe Centrum Badań Oka, Skierniewicka 10A, 01-230 Warszawa, Polska.

²Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk, Kasprzaka 44/52, 01-224 Warszawa, Polska.

³Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, Pasteura 5, 02-093, Warszawa, Polska.

⁴Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Grudziądzka 5, 87-100 Toruń

†mail: kkomar@fizyka.umk.pl

Parametry akomodacji odgrywają kluczową rolę w jakości obrazu siatkówkowego, co ma szczególne znaczenie w kontekście wyświetlaczy siatkówkowych oraz technologii rozszerzonej rzeczywistości (AR, ang. *Augmented Reality*). Celem niniejszego badania była ocena amplitudy akomodacji oka dla widzenia dwufotonowego oraz zbadanie wpływu rozogniskowania na jakość obrazu. Otrzymane wyniki wskazują, że widzenie dwufotonowe charakteryzuje się wyższą amplitudą akomodacji, w porównaniu ze standardowym widzeniem jednofotonowym, co wpływa na większą tolerancję na rozogniskowanie i wskazuje potencjał zastosowania tego zjawiska w technologii AR.

Widzenie dwufotonowe jest zjawiskiem, w którym impulsowe światło laserowe z zakresu bliskiej podczerwieni jest postrzegane jako światło widzialne dzięki dwufotonowej absorpcji w pigmentach wzrokowych. Dwufotonowe bodźce wzrokowe są subiektywnie odbierane jako wyjątkowo wyraźne i ostre, co jest szczególnie istotne w kontekście zastosowania widzenia dwufotonowego w wyświetlaczach siatkówkowych i technologii AR. Jakość obrazu powstającego na siatkówce jest silnie warunkowana przez parametry akomodacji oka. Celem badania jest ocena amplitudy akomodacji oka dla widzenia dwufotonowego i ocena wpływu rozogniskowania na postrzegany obraz. W badaniu wzięło udział 10 zdrowych ochotników bez zdiagnozowanych patologii układu wzrokowego. W celu zmierzenia amplitudy akomodacji, wyświetlano literowy bodziec „E” o wielkości 0.2° poprzez szybkie skanowanie siatkówki impulsową wiązką laserową o długości fali 1040 nm w przypadku widzenia dwufotonowego oraz 520 nm w przypadku widzenia jednofotonowego, przy czym oba bodźce były postrzegane jako zielone. Obie wiązki były generowane przez laser femtosekundowy ($\tau_p=250$ fs, $F_{rep}=63$ MHz). Dzięki zastosowaniu metody dopasowania jasności, oba bodźce miały subiektywnie tę samą jasność [2]. Pomiar polegał na zwiększaniu bodźca do akomodacji, poprzez zwiększanie rozogniskowania z krokiem 0.5 D do momentu, kiedy uczestnik badania zaobserwuje subiektywne rozmycie bodźca. Dodatkowo badanie oceniało poziom rozogniskowania, przy którym uczestnik badania nie był w stanie poprawie rozpoznać orientacji prezentowanego optotypu. Otrzymane wartości amplitudy akomodacji były wyższe dla widzenia dwufotonowego: 4.0 ± 0.6 D w porównaniu do widzenia jednofotonowego: 2.7 ± 0.6 D. Próg rozpoznania optotypu nie różnił się istotnie pomiędzy widzeniem jedno- i dwufotonowym (odpowiednio $6,8 \text{ D} \pm 0,8 \text{ D}$ i $6,6 \text{ D} \pm 0,7 \text{ D}$). Uzyskane wyniki wskazują, że widzenie dwufotonowe charakteryzuje się wyższą amplitudą akomodacji, co pozwala na utrzymanie obrazu o dobrej jakości w szerszym zakresie rozogniskowania niż w przypadku widzenia jednofotonowego. Wyniki badań potwierdzają potencjał zastosowania zjawiska widzenia dwufotonowego w wyświetlaczach siatkówkowych i technologii AR.



Rysunek 1: Schemat przedstawiający wpływ rozogniskowania na postrzegane bodźce w widzeniu jednofotonowym (VIS) oraz dwufotonowym (IR).

Podziękowania

Badania finansowano w ramach projektów: FENG.02.07-IP.05-0233/23 realizowanego w ramach działania Proof of Concept oraz FENG.02.01-IP.05-T005/23 realizowanego w ramach działania Międzynarodowe Agendy Badawcze (MAB FENG), Fundacji na rzecz Nauki Polskiej współfinansowanych przez Unię Europejską ze środków 2. Priorytetu Programu Fundusze Europejskie dla Nowoczesnej Gospodarki 2021-2027 (FENG).

Literatura

[1] G. Palczewska et al., "Human infrared Vision is triggered by two-photon chromophore isomerization," *Proc Natl Acad Sci U S A*, vol. 111, no. 50, 2014.

[2] O. Kaczkoś et al., "Method for the determination of the luminance of two-photon vision stimuli," *Biomed. Opt. Express* 15, 5818-5830, 2024.