

Abstract

In the cortical representation of the visual field, receptive fields (RFs) form a gradient from small sizes in the center to the largest at the periphery. Center and peripheral cortical representation of the visual field differs functionally, center being engaged in sharp vision, whereas periphery in motion and attention. In this thesis I aim to analyze brain activity using functional MRI (fMRI) after visual field loss. The thesis is divided into two studies: first is devoted to the analysis of the receptive field (RF) adaptation in primary (V1), secondary (V2), and third (V3) cortical visual areas by population RF (pRF) mapping, second describes motion-based acuity by measuring individual thresholds and establishing whole-brain activations. We gathered two large groups of patients with long-term photoreceptors degeneration: Stargardt (STGD) with loss of the central retina and Retinitis Pigmentosa (RP) with loss in the peripheral retina. We also modelled peripheral vision loss in healthy participants by transiently limiting the visual field bilaterally to 10 degrees. In the first study, we found in V1, that the pRF size increased bilaterally in RP and controls in limited vision, as compared to the controls in full vision. In STGD, we found a clear separation between dorsal and ventral pRF responses, with pRF size increasing significantly only in the dorsal subdivision of V1. The response in V2 and V3 differed depending on the nature of the loss. Both controls in limited vision and RP patients showed a decrease in pRF size in V2 and V3. On the contrary, in STGD, we observed an increase in pRF size, not only in V1, but also in V2 and V3. Interestingly, in the STGD patients, this increase of pRF sizes was predominantly occurring within the dorsal subdivision of the visual cortex. In the second study, fMRI results indicated distinct functional impairments in RP patients that differed from transient loss of peripheral vision in controls in limited vision. RP patients exhibited higher thresholds for motion-acuity tasks in negative contrast and fast velocity conditions. RP patients when tested in fMRI using the same motion-acuity test, showed significantly lower activations within the cortical representation of the peripheral visual field in V1-3, in line with the behavioral response to the fast velocity in negative contrast stimuli, likely reflecting peripheral vision loss. Outside the visual cortices, we also found higher responses of putamen and dorsal anterior cingulate cortex for the RP patients, likely pointing to a faster adaptation to new stimuli for long-term loss of vision compared to transient loss of vision in controls. Results described in the thesis provides further insight into the interplay between visual field loss and cortical reorganization, emphasizing the role of dorsal subdivisions in compensatory adaptations. The findings extend the understanding of visual system plasticity and possibly direct potential therapeutic approaches for STGD and RP treatments.

Abstract in Polish (streszczenie)

W korowej reprezentacji pola widzenia, pola recepcyjne (RF) tworzą gradient od małych rozmiarów w centrum do największych na peryferiach. Celem niniejszej pracy jest opisanie funkcjonalnych efektów utraty pola widzenia w dwóch badaniach: pierwsze dotyczy adaptacji pól recepcyjnych (RF) w okolicach V1, V2 i V3 z zastosowaniem mapowania polowych pól recepcyjnych (pRF), drugie badanie opisuje ostrość widzenia opartą na ruchu, mierząc behawioralnie ostrość widzenia i ustalając aktywacje mózgowe podczas pomiarów ostrości. Badania prowadzono z zastosowaniem funkcjonalnego rezonansu magnetycznego (fMRI) 3T, u pacjentów z wrodzoną degeneracją fotoreceptorów: w centralnej siatkówce u pacjentów ze Stargardtem (STGD) oraz w peryferycznej siatkówce u pacjentów z retinitis pigmentosa (RP, retinopatia barwnikowa). Modelowano również utratę widzenia peryferycznego u zdrowych osób poprzez przejściowe ograniczenie pola widzenia do 10 stopni. Wyniki badania pierwszego: 1. w okolicy V1 rozmiar pRF zwiększył się obustronnie w grupach RP i kontrolnej; 2. u pacjentów STGD zaobserwowaliśmy rozdzielenie odpowiedzi pRF w obszarach grzbietowym i brzuszyn, badanych okolic wzrokowych, z istotnym powiększeniem rozmiaru pRF tylko w grzbietowej części okolicy V1. Zarówno kontrolni uczestnicy z przejściową utratą widzenia peryferycznego, jak i pacjenci RP z wrodzoną utratą widzenia peryferycznego wykazali istotne zmniejszenie rozmiaru pRF w okolicach V2 i V3. Przeciwnie, u pacjentów STGD, z utratą centralnego widzenia, zaobserwowano zwiększenie rozmiaru pRF, nie tylko w V1, ale także w V2 i V3. Co ciekawe, u pacjentów STGD wzrost rozmiaru pRF występował przede wszystkim w grzbietowych partiach kory wzrokowej. W drugim badaniu, otrzymane wyniki wskazują na wyraźne zaburzenia funkcjonalne u pacjentów 9 RP, które różnią się od przejściowej utraty widzenia obwodowego. Pacjenci RP wykazali istotnie mniejsze aktywacje w korowej reprezentacji obwodowego pola widzenia w okolicach V1-3, zgodnie z uzyskaną odpowiedzią behawioralną na wysoką prędkość w bodźcach o negatywnym kontraście. Poza korą wzrokową, zaobserwowano również wyższe odpowiedzi w jądrze ogoniastym i grzbietowej przedniej korze czołowej u pacjentów RP, co prawdopodobnie wskazuje na adaptację do nowych bodźców w przypadku długoterminowej utraty widzenia w porównaniu do przejściowej utraty widzenia. Wyniki opisane w pracy dostarczają dalszych informacji na temat współzależności między utratą pola widzenia, a reorganizacją korową, podkreślając rolę grzbietowych obszarów kory wzrokowej w adaptacjach kompensacyjnych. Odkrycia te poszerzają zrozumienie plastyczności układu wzrokowego i mogą inspirować potencjalne podejścia terapeutyczne do leczenia STGD i RP.