

Visuelle Neurorehabilitation von Gesichtsfeldausfällen mittels Boxtherapie

L. Nahum¹, R. Ptak^{2,3}

¹ Service des spécialités psychiatriques, Département de la santé mentale et psychiatrie, Hôpitaux Universitaires de Genève, Suisse

² Laboratoire de neurorééducation cognitive, Faculté de médecine, Université de Genève, Suisse

³ Service de neurorééducation, Département des neurosciences cliniques, Hôpitaux Universitaires de Genève, Suisse

Zusammenfassung

Eine homonyme Hemianopsie (HH) hat oft weitreichende Auswirkungen auf alltägliche Aktivitäten, wie Navigation im Raum, Lesen oder Computerarbeit. Die Rehabilitation zur Verringerung dieser Behinderung ist daher wichtig, und es wurden verschiedene Techniken vorgeschlagen, um eine Wiederherstellung oder wenigstens die Kompensation des beeinträchtigten Gesichtsfelds zu fördern. Wir diskutieren hier die Ergebnisse einer Behandlung von HH mittels angepasster Boxtherapie. Ein 58-jähriger Mann mit stabiler, linksseitiger HH nahm sechs Monate nach rechtsseitigem temporo-okzipitalen Schlaganfall an 36 Sitzungen Boxtherapie teil. Zur wiederholten Stimulation und Kompensation seines blinden Gesichtsfelds wurden in 36 Trainingseinheiten

ten Boxübungen mit allmählich steigendem Schwierigkeitsgrad durchgeführt. Der Patient wies vor Beginn des Trainings eine stabile HH auf. Nach sechs Monaten Boxtherapie berichtete er Verbesserungen in Navigation, Lesen und Objektsuche. Eine Perimetrieuntersuchung zeigte eine teilweise Erholung des linken oberen Quadranten, welcher vor Anfang der Therapie eine teilweise Blindheit aufwies. Das horizontale Gesichtsfeld zeigte eine Erweiterung um 20°. Wir kommen zum Schluss, dass Boxtherapie eine Verhaltenskompensation von LHH bewirken kann, welche möglicherweise durch die besonders aktive, multisensorische Natur dieser Behandlungsart bestimmt ist.

Schlüsselwörter: laterale homonyme Hemianopsie, Kompensation, Rehabilitation, Sporttherapie

Einleitung

Homonyme Gesichtsfeldausfälle sind häufige Folgen einer Schädigung der Sehrinde oder post-chiasmaler Sehbahnen des Gehirns [36]. Mit einer Prävalenz von ca. 30% ist die homonyme Hemianopsie (HH) eine der häufigsten visuellen Behinderungen nach Schlaganfall im Bereich der hinteren Hirnarterie [31]. Die Auswirkungen von HH auf die Selbstständigkeit der Patienten bei alltäglichen Aktivitäten wie Lesen, Kochen, Autofahren oder räumlicher Navigation sind oft erheblich. Aufgrund dieser Behinderungen ist die Lebensqualität deutlich eingeschränkt, und die Patienten berichten auch Jahre nach der Verletzung über subjektive Beschwerden [27].

Nur ca. 10% der Patienten mit HH erholen sich innerhalb der ersten zwei Wochen vollständig. Eine teilweise Spontanerholung findet nur in der subakuten Phase statt, während nach 10–12 Wochen das Ausmaß der Hemianopsie meistens konstant bleibt [37, 38]. Viele Patienten wenden spontan Strategien an, um ihr blindes Halbfeld zu kompensieren [39, 40, 8, 26]. Einige dieser Kompensationsstrategien sind jedoch nicht ausreichend oder sogar kontraproduktiv, und viele Patienten zeigen weiterhin Beeinträchtigungen im Alltag. Eine Rehabilitation von HH ist daher unabdingbar und sollte möglichst frühzeitig beginnen. Es werden dabei verschiedene Formen der Intervention unterschieden [33, 13].

Als Erstes soll die Wiederherstellung des blinden Halbfeldes durch wiederholte sensorische Stimulation

genannt werden [14, 19, 5, 12]. Diese Ansätze beruhen auf der Vorstellung, dass die wiederholte Stimulation des blinden Areals durch visuelle Reize die neuronale Plastizität fördert. Eine Voraussetzung ist dabei, dass die Sehfunktionen des stimulierten Areals nicht komplett zerstört wurden, sondern teilweise reaktiviert werden können. Es ist aber unklar, ob dieser Ansatz tatsächlich einen Einfluss auf striäre Funktionen hat oder positive Effekte eher auf die Stimulation extrastriärer Bahnen beruhen [34, 17].

Beim zweiten Ansatz, der Verhaltenskompensation, wird trainiert, das gesunde Gesichtsfeld optimal sowohl für die ipsilaterale als auch kontralaterale Wahrnehmung zu nutzen. Kopfbewegungen und Sakkaden in Richtung des blinden Halbfeldes werden trainiert, um ein möglichst automatisches Blickverhalten zu erzeugen [15, 16, 25, 30].

Als dritte Strategie gilt die Substitution oder Erweiterung des Restgesichtsfelds mit externen Hilfsmitteln, die dem Patienten helfen, mit seiner visuellen Umgebung zu interagieren. Die Prismenbrille bewirkt eine Abweichung des blinden Feldes in Richtung der gesunden Seite des Gesichtsfeldes. Solche optischen Hilfsmittel können effizient sein, werden aber nicht immer gut getragen, da manche Patienten die optische Verzerrung als unangenehm empfinden [3, 35].

Als vierte Strategie soll multisensorische Stimulation genannt werden. Es handelt sich dabei meistens um eine Kombination von visueller und auditiver Stimulation,

wobei möglicherweise polysensorische Neuronen im Parietallappen beansprucht werden [2, 32].

Wir berichten hier von einem alternativen Ansatz, der auf der Kombination von wiederholter Darbietung visueller und auditiver Reize als auch der Stimulation von Aufmerksamkeit und Bewegungen des gesamten Körpers im Rahmen von Boxtherapie beruht. Ein ähnlicher Ansatz wurde zuvor bei Patienten mit Parkinson-Krankheit oder nach Schlaganfall eingesetzt, um Mobilität, Gleichgewicht und allgemein die Lebensqualität der Patienten zu verbessern [4, 20, 7, 28]. Wir berichten von einer Pilotstudie mit einem Patienten, der in der chronischen Phase einer linksseitigen, homonymen Hemianopsie nach einer intensiven Boxtherapie-Phase noch signifikante Verbesserungen seines Gesichtsfelds erreicht hat. Wir diskutieren die möglichen Ursachen dieser Verbesserungen und geben einen Ausblick zu zukünftigen Anwendungen von Sporttherapie für neurovisuelle Defizite.

Patient und Methoden

Da ein ausführlicher Fallbericht vor kurzem veröffentlicht wurde [22], gehen wir hier in verkürzter Form auf die Methoden der Behandlung ein. Der Patient, ein 58-jähriger Rechtshänder, wurde nach einem rechtsokzipitalen ischämischen Insult in der Akutneurologie hospitalisiert. In der neurologischen Untersuchung zeigten sich lediglich kognitive und visuelle Probleme, insbesondere eine visuell-konstruktive Störung, Aufmerksamkeitsdefizite sowie leichte exekutive Störungen. In erster Linie bestand aber eine linksseitige HH, die sehr schlecht kompensiert war und sich im Alltag insbesondere bei Navigation und Objektsuche offenbarte. Da sich der Patient große Sorgen um seinen Garagenbetrieb machte, zog er entgegen der ärztlichen Empfehlung eine Rückkehr nach Hause der stationären Neurorehabilita-

tion vor. Erst fünf Monate später zeigte er sich wegen seiner persistierenden visuellen Defizite bereit, seine Rehabilitation nachzuholen.

Prozedur

Das Interventionsprogramm wurde ambulant mittels zweier wöchentlicher Sitzungen von jeweils etwa 55 Minuten Dauer und über einen Zeitraum von sechs Monaten durchgeführt. In den ersten drei Monaten erhielt der Patient außerdem Physiotherapie (einmal wöchentlich), um an Gleichgewicht und Haltung zu arbeiten, und Beschäftigungstherapie (einmal wöchentlich), um exekutive Fähigkeiten beim Kochen sowie die räumliche Aufmerksamkeit beim Begehen von Straße oder Supermarkt zu trainieren.

Die Ausrüstung bestand aus einem Paar Boxhandschuhe für den Patienten und einem Paar schwarzer Boxprazten für den Therapeuten, die mit einem Abstand von ca. 60 cm im rechten und linken Gesichtsfeld dargeboten wurden (**Abb. 1**). Boxprazten (auch Boxpads genannt) liegen an der Handfläche des Trainers und werden beim Boxen zum Üben von Schlagtechniken benutzt. Der Patient wurde dazu ermuntert, seinen emotionalen Zustand und erlebte Ereignisse seit dem letzten Training zu beschreiben, während er in seinem eigenen Tempo für zwei Minuten gegen eine der Boxprazten schlug. In Variante A (**Abb. 1A**) schlug der Patient zunächst immer abwechselnd mit einer der beiden Hände auf die Prätze in seinem rechten Gesichtsfeld. In unregelmäßigen Abständen wies der Therapeut den Patienten mit einem verbalen Signal auf, mehrmals und so schnell wie möglich auf die linke Prätze zu zielen und dann zum rechten Ziel zurückzukehren. Variante B (**Abb. 1B**) war ähnlich, aber mit dem Unterschied, dass die linke Prätze nicht auf Augenhöhe des Patienten gehalten wurde. Ohne einen verbalen Hinweis hob der Thera-

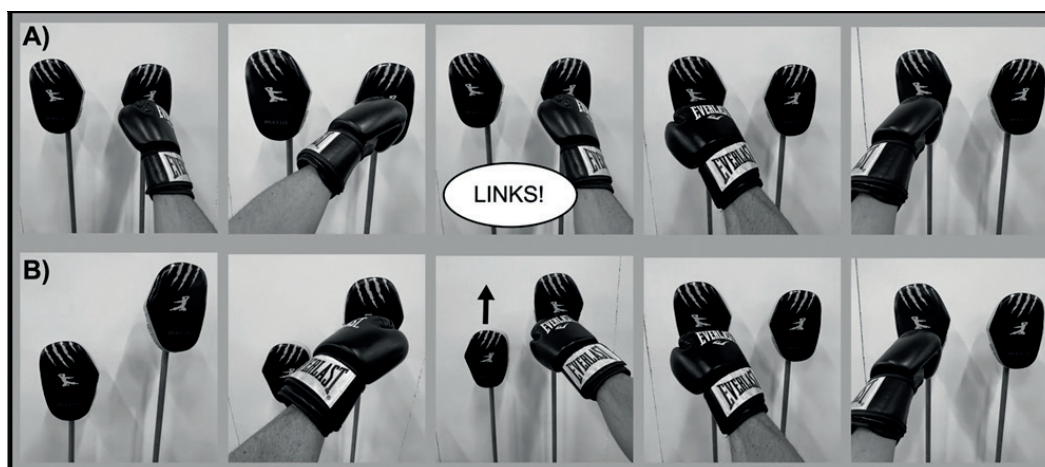


Abb. 1. Die zwei Varianten der Boxtherapie. (A) Beide Boxprazten werden auf gleicher Höhe gehalten (die linke Prätze im beeinträchtigten Gesichtsfeld), während der Patient abwechselnd gegen die rechte Prätze schlägt. In unregelmäßigen Abständen ruft der Therapeut 'Links!', worauf der Patient mehrmals so schnell wie möglich gegen die linke Prätze schlägt. (B) Die linke Prätze wird nicht auf Augenhöhe gehalten. In unregelmäßigen Abständen hebt der Therapeut den linken Arm, worauf der Patient mehrmals gegen die linke Prätze schlägt

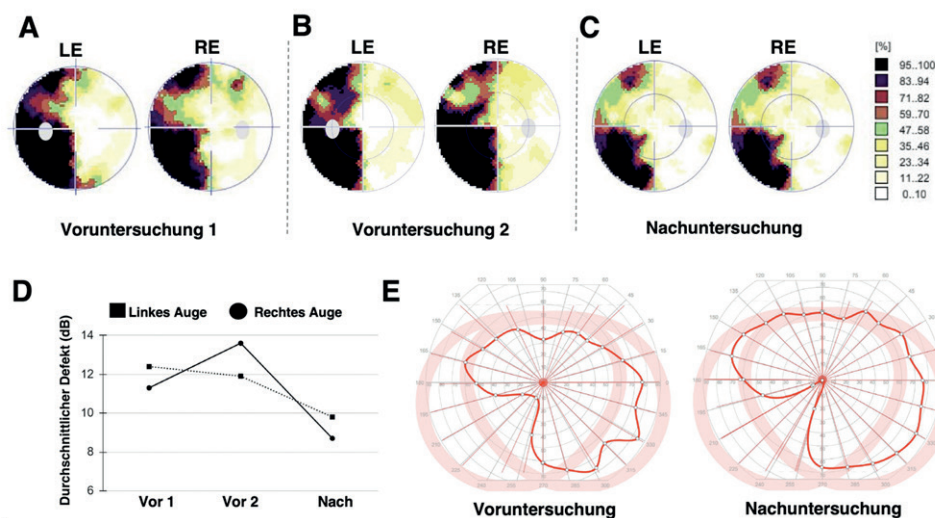


Abb. 2. Gesichtsfeld für jedes Auge (A) einen Monat und (B) fünf Monate nach Schlaganfall (vor der Behandlung), sowie (C) zwölf Monate nach Schlaganfall (nach der Behandlung). Die Farbskala zeigt den Anteil der nicht gesehenen Reize an jeder Position des Gesichtsfeldes. (D) Durchschnittliches Defizit für das linke und das rechte Auge bei Erstuntersuchung (einen Monat nach dem Schlaganfall), bei der zweiten Untersuchung vor der Behandlung und bei der Nachuntersuchung

peut gelegentlich den linken Arm (visuelles Signal) und forderte den Patienten auf, so schnell wie möglich mehrmals nach links zu schlagen und dann wieder zum rechten Ziel zurückzukehren.

Ergebnisse

Die Gesichtsfelder wurden monokular mit statischen Reizen (Octopus, Standardprogramm) zweimal vor Aufnahme der Boxtherapie untersucht (einen und fünf Monate nach Schlaganfall). Beide Messungen zeigten eine vollständige Blindheit des linken unteren Quadranten und eine weitgehende Gesichtsfeldbeeinträchtigung des oberen Quadranten (Abb. 2A und B). Nach der Therapie zeigte sich qualitativ eine Erweiterung des linken oberen Gesichtsfeldes (Abb. 2C). Dies wurde auch aus den Messungen des durchschnittlichen Defekts ersichtlich, welcher in den beiden Messungen vor Therapiebeginn vergleichbar war, nach der Therapie aber abnahm (Abb. 2D). Im Vergleich zur Voruntersuchung verbesserte sich das horizontale Gesichtsfeld im binokularen Gesichtsfeldtest um ca. 20° (Abb. 2E).

Um subjektive Änderungen zu erfassen, wurde der Patient aufgefordert, einen standardisierten Fragebogen zu Auswirkungen visueller Defizite im Alltag zu beantworten [16]. Vor der Therapie beurteilte der Patient seine Einschränkungen als wesentlich (insgesamt 24 von 48 möglichen Punkten), wobei er insbesondere das Erfassen von Hindernissen, das Auffinden von Gegenständen und das Lesen als häufige Probleme herausstrich. Nach der Therapie erreichte er noch 10 Punkte auf derselben Skala. Er bewertete nun das Lesen als mäßiges Problem und die anderen Schwierigkeiten als geringfügige Probleme.

Diskussion

Die hier vorgestellte Boxtherapie zielte auf eine bessere Kompensation des homonymen Gesichtsfeldausfalls. Wir beobachteten eine Erweiterung des Gesichtsfeldes, die insbesondere im linken oberen Quadranten sichtbar war. Der Rückgang des Gesichtsfelddefekts kann allerdings nicht durch systematische Augenbewegungen erklärt werden, da bei Perimetrietests eine Fixationskontrolle durchgeführt wird. Trotzdem ist eine physiologische Restaurierung der Hemianopsie fünf Monate nach Ereignis wenig wahrscheinlich. Bei der Erwägung möglicher Wirkungsmechanismen der Boxtherapie ist es wichtig festzustellen, dass die positiven Effekte den Teil des Gesichtsfelds betrafen, welcher vor der Therapie eine unvollständige Beeinträchtigung zeigte (Abb. 1A und B). Ein unregelmäßiges Skotom, so wie bei unserem Patienten im linken oberen Quadranten, enthält mehrere Übergänge zwischen vollkommen blinden, teilweise beeinträchtigten und intakten Regionen des Gesichtsfelds. Ausgeprägte und gut sichtbare Reize können durchaus eine wichtige Stimulation eines beeinträchtigten Gesichtsfelds darstellen. Allerdings könnte man argumentieren, dass das hemianopische Gesichtsfeld im Alltag ständig visuellen Reizen ausgesetzt ist, ohne dass dies notwendigerweise zu einer Erholung führen würde. Deshalb ist die visuelle Stimulation allein ungenügend, und der Anforderung, auf den Reiz aktiv und möglichst schnell zu reagieren ('boxen'), scheint eine besondere Rolle zuzukommen.

Dass Sporttherapie positive Effekte auf kognitive Beeinträchtigungen in Patienten mit neurologischen Erkrankungen hat, ist unbestritten. Zahlreiche Studien belegen sowohl die physiologischen als auch die psychologischen

Neurol Rehabil 2024; 30(3): 137–141 | <https://doi.org/10.14624/NR2403002> |
© The authors 2024

Visual neurorehabilitation of visual field defects using boxing therapy

L. Nahum, R. Ptak

Abstract

Homonymous hemianopsia (HH) often has far-reaching effects on everyday activities, such as navigating in space, reading or computer work. Rehabilitation to reduce this disability is therefore important, and various techniques have been proposed to promote recovery or at least compensation of the impaired visual field. We discuss here the results of a treatment of HH using adapted box therapy. A 58-year-old man with stable left-sided HH participated in 36 sessions of boxing therapy six months after right temporo-occipital stroke. Boxing exercises of gradually increasing difficulty were performed in 36 training sessions to repeatedly stimulate and compensate for his blind field of vision. The patient had a stable HH before starting the training. After six months of boxing therapy, the patient reported improvements in navigation, reading and object search. A perimetry examination showed partial recovery of the left upper quadrant, which showed partial blindness before the start of therapy. The horizontal visual field showed a widening of 20°. We conclude that boxing therapy can provide behavioral compensation for LHH, which may be due to the particularly active, multisensory nature of this type of treatment.

Key words: lateral homonymous hemianopia, compensation, rehabilitation, sports therapy

logischen Vorteile körperorientierter Ansätze. So zeigt sich auf der physiologischen Ebene, dass aerobe Übungen wie Laufen, Schwimmen und Radfahren die synaptische Plastizität erhöhen [11, 29] und sogar die Neurogenese im Hippocampus anregen [6]. Bei Patienten mit Multipler Sklerose oder Parkinson-Erkrankung zeigen sich nach Sporttherapie signifikante Verbesserungen in kognitiven Funktionen wie Gedächtnis, Aufmerksamkeit und exekutiven Funktionen [21, 9]. Verglichen mit Kompensationsstrategien werden bei der Boxtherapie nicht nur Augen- und Kopfbewegungen beansprucht, sondern auch gezielt die Augen-Hand-Koordination trainiert. Der Patient muss dabei den visuellen Zielreiz identifizieren, lokalisieren und dann möglichst schnell eine gezielte Aktion ausführen. Das vorliegende Therapie-Paradigma beinhaltet deshalb eine Mischung aus Kompensationstraining und multisensorischer Stimulation. Der Patient wurde darauf trainiert, sein gesundes rechtes Gesichtsfeld zur Lokalisierung der visuellen Ziele in seinem linken Gesichtsfeld zu nutzen. Darüber hinaus wurden durch das Tragen der Handschuhe und das Treffen der visuellen Ziele sowohl taktile als auch auditive Stimulationen ausgelöst. Diese Kombination taktiler und auditiver Reizen mit visuellem Input während des Trainings könnte Hirnregionen involviert haben, welche sensorische Informationen aus verschiedenen Modalitäten integrieren, wie z. B. den superioren parietalen Kortex oder den Colliculus superior [1]. Da visuomotorische Koordination, Gleichgewicht und Haltungskontrolle gefordert waren wurde darüber hinaus das vestibuläre System während des Trainings stark beansprucht. Dies könnte die Interaktion zwischen visuellen, propriozeptiven und

vestibulären Informationen und damit die Wirksamkeit der multisensorischen Integration verbessert haben.

Eine fundamentale Frage hinsichtlich des Behandlungserfolgs ist die Beobachtung, dass eine funktionelle Verbesserung einzig in der Region des Gesichtsfeldes erreicht wurde, die von Beginn an weniger stark betroffen war (linker oberer Quadrant). Mehrere Studien mit funktioneller Bildgebung an hemianopischen Patienten deuten auf eine Reorganisation des Gehirns nach Eingriffen zur Wiederherstellung des blinden Gesichtsfeldes hin. So fanden Marshall et al. [18] heraus, dass nach einem Monat wiederholter Stimulation der an das blinde Halbfeld angrenzenden Randzone die Aktivierung des Aufmerksamkeitsnetzwerks und höherer visueller Areale während visueller Stimulation signifikant erhöht war. In einer Einzelfallstudie an einem Patienten mit Hemianopsie führte intensives Training mit einer Flimmerstimulationsaufgabe zu einer Ausweitung der Hirnaktivität auf mehrere visuelle Areale [10]. In ähnlicher Weise führte ein Sakkadentraining mit einem Programm zur Verhaltenskompensation zu neuen Aktivierungen des kontralateralen extrastriären Kortex im Vergleich zum Ausgangswert [23, 24]. Aufgrund dieser Beobachtungen gehen wir davon aus, dass durch die besonders aktive, sowohl ventrale als auch dorsale Sehbahnen beanspruchende Boxtherapie insbesondere die teilweise beeinträchtigten Randzonen des unregelmäßigen Skotoms reaktiviert wurden.

Bei aller Zuversicht, was die zukünftige Nutzung von Boxtherapie oder ähnlicher Ansätze für die visuelle Neurorehabilitation anbelangt, ist weitere Forschung notwendig, um die optimalen Trainingsprotokolle und -intensitäten zu bestimmen, und Patientengruppen zu identifizieren, die besonders auf diese Intervention ansprechen. Ebenfalls muss in zukünftigen Studien geklärt werden, ob den Trainingseffekten lediglich verbesserte Aufmerksamkeitsmechanismen zugrunde liegen oder ob damit eine Wiederaufnahme der Sehfunktion des primären visuellen Kortex erreicht werden kann.

Literatur

1. Benavidez NL, Bienkowski MS, Zhu M et al. Organization of the inputs and outputs of the mouse superior colliculus. *Nat Commun* 2021; 12(1): 4004
2. Bolognini N, Rasi F, Coccia M, Ládavas E. Visual search improvement in hemianopic patients after audio-visual stimulation. *Brain* 2005; 128: 2830–42
3. Bourgeois A, Turri F, Schnider A, Ptak R. Virtual prism adaptation for spatial neglect: A double-blind study. *Neuropsychol Rehabil* 2022; 32(6): 1033–47
4. Combs SA, Diehl MD, Staples WH et al. Boxing training for patients with Parkinson disease: a case series. *Phys Ther* 2011; 91(1): 132–42
5. Das A, Huxlin KR. New approaches to visual rehabilitation for cortical blindness: outcomes and putative mechanisms. *Neuroscientist* 2010. 16(4): 374–87
6. Erickson KI, Voss MW, Prakash RS et al. Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2011; 108(7): 3017–22
7. Ersoy C, Iyigun G. Boxing training in patients with stroke causes improvement of upper extremity, balance, and cognitive functions but should it be applied as virtual or real? *Top Stroke Rehabil* 2021; 28(2): 112–26

8. Fellrath J, Ptak R. The role of visual saliency for the allocation of attention: Evidence from spatial neglect and hemianopia. *Neuropsychologia* 2015; 73: 70–81
9. Han P, Zhang W, Kang L et al. Clinical Evidence of Exercise Benefits for Stroke, in Exercise for Cardiovascular Disease Prevention and Treatment: From Molecular to Clinical, Part 2, J. Xiao, Editor. 2017, Springer Singapore: Singapore 131–51
10. Henriksson L, Raninen A, Näsänen R et al. Training-induced cortical representation of a hemianopic hemifield. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2007; 78(1): 74–81
11. Hillman CH, Erickson KI, Kramer AF. Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nat Rev Neurosci* 2008; 9(1): 58–65
12. Huxlin KR, Martin T, Kelly K et al. Perceptual relearning of complex visual motion after V1 damage in humans. *J Neurosci* 2009; 29(13): 3981–91
13. Kasten E, Wiegmann U, Sabel BA. Rehabilitation zerebraler bedingter Gesichtsfeldeinschränkungen - Überblick. *Zeitschrift für Neuropsychologie* 1994; 5(2): 127–50
14. Kasten E, Wüst S, Behrens-Baumann W, Sabel BA. Computer-based training for the treatment of partial blindness. *Nat Med* 1998; 4(9): 1083–87
15. Kerkhoff G, MünBinger U, Haaf E et al. Rehabilitation of homonymous scotomata in patients with postgeniculate damage of the visual system: saccadic compensation training. *Restor Neurol Neurosci* 1992; 4: 245–54
16. Kerkhoff G, Munssinger U, Meier EK. Neurovisual rehabilitation in cerebral blindness. *Arch Neurol* 1994; 51(5): 474–81
17. Leh SE, Johansen-Berg H, Ptito A. Unconscious vision: new insights into the neuronal correlate of blindsight using diffusion tractography. *Brain* 2006; 129(Pt 7): 1822–32
18. Marshall RS, Ferrera JJ, Barnes A et al. Brain activity associated with stimulation therapy of the visual borderzone in hemianopic stroke patients. *Neurorehabil Neural Repair* 2008; 22(2): 136–44
19. Melnick MD, Tadin D, Huxlin KR. Relearning to See in Cortical Blindness. *Neuroscientist* 2016. 22(2): 199–212
20. Morris ME, Ellis TD, Jazayeri D et al. Boxing for Parkinson's Disease: Has Implementation Accelerated Beyond Current Evidence? *Front Neurol* 2019; 10: 1222
21. Motl RW, Pilutti LA. The benefits of exercise training in multiple sclerosis. *Nat Rev Neurol* 2012; 8(9): 487–97
22. Nahum L, Ptak R. Rehabilitation of hemianopia and visuospatial hemineglect with a mixed intervention including adapted boxing therapy: An exploratory case study. *Neuropsychol Rehabil* 2024; 1–18. <https://doi.org/10.1080/09602011.2024.2329379>
23. Nelles G, Esser J, Eckstein A et al. Compensatory visual field training for patients with hemianopia after stroke. *Neurosci Lett* 2001; 306(3): 189–92
24. Nelles G, Pscherer A, de Greiff A et al. Eye-movement training-induced changes of visual field representation in patients with post-stroke hemianopia. *J Neurol* 2010; 257(11): 1832–40
25. Pambakian AL, Mannan SK, Hodgson TL, Kennard C. Saccadic visual search training: a treatment for patients with homonymous hemianopia. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2004; 75(10): 1443–48
26. Pambakian ALM, Wooding DS, Patel N et al. Scanning the visual world: a study of patients with homonymous hemianopia. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2000; 69: 751–59
27. Papageorgiou E, Hardies G, Schaeffel F et al. Assessment of vision-related quality of life in patients with homonymous visual field defects. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2007; 245(12): 1749–58
28. Park J, Gong J, Yim J. Effects of a sitting boxing program on upper limb function, balance, gait, and quality of life in stroke patients. *Neuro Rehabilitation* 2017; 40(1): 77–86
29. Pin-Barre C, Laurin J. Physical Exercise as a Diagnostic, Rehabilitation, and Preventive Tool: Influence on Neuroplasticity and Motor Recovery after Stroke. *Neural Plast* 2015; 2015: 608581
30. Postuma E, Heutnik J, Tol S et al. A systematic review on visual scanning behaviour in hemianopia considering task specificity, performance improvement, spontaneous and training-induced adaptations. *Disabil Rehabil* 2023; 46(15): 1–22
31. Rowe F, Brand D, Jackson CA et al. Visual impairment following stroke: do stroke patients require vision assessment? *Age Ageing* 2009; 38(2): 188–93
32. Rowland BA, Bushnell CD, Duncan PW, Stein BE. Ameliorating Hemianopia with Multisensory Training. *J Neurosci* 2023; 43(6): 1018–26
33. Schofield TM, Leff AP. Rehabilitation of hemianopia. *Curr Opin Neurol* 2009; 22(1): 36–40
34. Schreiber A, Vontheim R, Reinhard J et al. Effect of visual restitution training on absolute homonymous scotomas. *Neurology* 2006. 67: 143–45
35. Trauzettel-Klosinski S. Rehabilitation for visual disorders. *J Neuroophthalmol* 2010; 30(1): 73–84
36. Zhang X, Kedar S, Lynn MJ, Newman NJ, Biousse V. Homonymous hemianopias: clinical-anatomic correlations in 904 cases. *Neurology* 2006; 66(6): 906–10
37. Zhang X, Kedar S, Lynn MJ et al. Natural history of homonymous hemianopia. *Neurology* 2006; 66(6): 901–5
38. Zihl J, von Cramon D. Visual field recovery from scotoma in patients with postgeniculate damage. *Brain* 1985; 108: 335–65
39. Zihl J. Visual scanning behavior in patients with homonymous hemianopia. *Neuropsychologia* 1995; 33(3): 287–303
40. Zihl J, Hebel N. Patterns of oculomotor scanning in patients with unilateral posterior parietal or frontal lobe damage. *Neuropsychologia* 1997; 35(6): 893–906

Funding and license:

Open access funding provided by University of Saarbrücken. Distributed under the license CC BY 4.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)

Interessenvermerk:

Es besteht kein Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor versichert, dass das Thema unabhängig und produktneutral präsentiert wurde. Verbindungen zu einer Firma, die ein genanntes Produkt bzw. ein Konkurrenzprodukt herstellt oder vertreibt, bestehen nicht.

Korrespondenzadresse:

Prof. Radek Ptak
Service de Neuroréducation
Hôpitaux Universitaires de Genève
Av. de Beau-Séjour 26
CH-1206 Genève
radek.ptak@hug.ch