

# Die Psychologie der neurovisuellen Neurorehabilitation

M. C. Leitner<sup>1</sup>, S. Hawelka<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ORCID: 0000-0002-9341-854X / Fachhochschule Salzburg, Salzburg, Österreich

<sup>2</sup> ORCID: 0000-0002-5304-8521 / Centre for Cognitive Neuroscience (CCNS), Universität Salzburg, Salzburg, Österreich

## Zusammenfassung

Sehstörungen nach Schlaganfall oder Schädel-Hirn-Trauma sind komplexe Wahrnehmungsdefizite, die erhebliche Auswirkungen auf die Lebensqualität der Patient\*innen haben und weitreichende Konsequenzen für die Rehabilitation bringen. Neben der neurologischen und neuropsychologischen Dimension spielen beim Genesungsprozess vor allem psychologische Faktoren eine entscheidende Rolle. Besonders der Placebo-Effekt illustriert die komplexe Beziehung zwischen Geist und Körper. Unsere klinischen Studien untersuchten die Wirksamkeit der restitutiven Therapie auf die trainingsinduzierte Neuroplastizität bei Patient\*innen mit Gesichtsfeldausfällen. Die Ergebnisse zeigen, dass nach dem Training bei strenger, eye-tracking-gestützter Gesichtsfeldmessung keine signifikante perimetrisch messbare Verbesserung des Gesichtsfelds gefunden werden kann. Subjektive Bewertungen der Patient\*innen deuten jedoch auf

Verbesserungen und damit auf einen Placebo-Effekt hin. Zusätzlich zeigen die Ergebnisse unserer Studien, dass restitutives Training möglicherweise bei visuellem Neglect einen positiven Einfluss auf die perimetrisch-messbare Wahrnehmung von Patient\*innen haben könnte. Diese Diskrepanzen illustrieren die Notwendigkeit einer strikten Unterscheidung zwischen neurophysiologischen Veränderungen und psychologischen Effekten. Zukünftige Forschung sollte methodisch rigorose Ansätze nutzen, um sowohl bei Patient\*innen, als auch bei Behandler\*innen realistische Erwartungen zu setzen, bestehende Methoden kritisch zu evaluieren und effektive Behandlungsstrategien weiterzuentwickeln. Besonders die Rolle des Placebo-Effekts sollte weiter beleuchtet und in die Bewertung neuropsychologischer Interventionen im Rehabilitationsprozess bedacht werden.

**Schlüsselwörter:** Gesichtsfeldausfall, Hemianopsie, Neglect, Restitution, Eye-Tracking, Perimetrie, Placebo, Virtual Reality

## Einleitung

Sehstörungen nach Schlaganfall oder Schädel-Hirn-Trauma (SHT) stellen eine komplexe und vielfältige Gruppe von Wahrnehmungsdefiziten dar, die erhebliche Auswirkungen sowohl auf die Rehabilitation selbst als auch auf die Lebensqualität der Patient\*innen haben. Diese Störungsbilder können von Gesichtsfeldausfällen wie der Hemianopsie bis hin zu komplexeren Syndromen wie dem visuellen Neglect oder der Agnosie reichen. Das Verständnis dieser Erkrankungen, der neurologischen Ursachen und der (neuro-)psychologischen Konsequenzen ist für die Entwicklung wirksamer Behandlungs- und Rehabilitationsstrategien von wesentlicher Bedeutung.

Gesichtsfeldausfälle treten zumeist nach Schlaganfällen auf und werden durch eine Schädigung der kortikalen Sehbahnen verursacht, die Informationen von den Augen zum visuellen Kortex leiten. Weitere Ursachen für solche kortikalen Läsionen können etwa Unfälle, Infektionen oder Operationen sein. Der Ort und das Ausmaß der Schädigung innerhalb dieser Bahnen bedingen die Art des Gesichtsfeldausfalls, den ein/eine Patient\*in erfährt [19]. Gesichtsfeldausfälle entstehen dabei in der Regel durch Läsionen in so genannten »frühen« Regionen der visuellen Rinde, wie etwa dem primären visuellen Kortex oder der Radiatio optica. Die häufigste Ursache für Läsionen in diesen Bereichen nach einem Schlaganfall ist ein Verschluss im hinteren Hirnkreislaufs [18, 23, 24].

Der Visuelle Neglect, eine weitere mögliche Folge von Schlaganfall oder SHT, ist dadurch gekennzeichnet, dass der/die Patient\*in nicht mehr in der Lage ist, auf visuelle Reize auf der gegenüberliegenden Seite der Hirnläsion zu reagieren bzw. sie wahrzunehmen. Dieser Zustand steht häufig im Zusammenhang mit einer Schädigung des rechten Parietallappens – in sogenannten »späteren« (oder »höheren«) kortikalen Bereichen – vornehmlich aufgrund eines arteriellen Verschlusses der mittleren Hirnarterie [8, 30]. Entsprechend wird der Gesichtsfeldausfall daher häufig als »Wahrnehmungsdefizit«, der visuelle Neglect hingegen als »Aufmerksamkeitsdefizit« beschrieben [20, 31].

Die Bewältigung dieser Störungsbilder umfasst mehr als die rein körperliche Anpassung an eine verminderte Art des Sehens bzw. der Wahrnehmung. Vielmehr existiert eine bedeutende psychologische Komponente, da die Auswirkungen auf das tägliche Leben einer Person tiefgreifend sind und die persönliche Unabhängigkeit, die Fähigkeit, zu arbeiten und soziale Interaktionen problemlos führen zu können, zumeist stark beeinträchtigt sind. Folglich spielen psychologische Faktoren, einschließlich der Motivation und des Glaubens an die Möglichkeit einer Verbesserung des Status quo, eine entscheidende Rolle bei Rehabilitation und Genesung. In diesem Zusammenhang zeigen etwa Forschungsarbeiten, dass Personen mit optimistischer Grundeinstellung und einem hohen Maß an extrinsischer und/oder intrin-

sischer Motivation sich eher an Rehabilitationsmaßnahmen beteiligen und dadurch bessere Ergebnisse erzielen können [40, 46, 50]. Daher wird die Förderung eines hohen Motivationsniveaus – neben anderen Faktoren wie aktiver und passiver Bewältigung, Aufmerksamkeit und Selbstwahrnehmung – als entscheidender Faktor für einen Rehabilitationserfolg erachtet [9, 13]. Darüber hinaus wird das Ausmaß, in dem eine Person an therapeutischen Übungen teilnimmt und sich an Behandlungspläne hält, wesentlich durch ihren Glauben an ihre Fähigkeit zur Verbesserung beeinflusst. Diese Fähigkeit wird als »Selbstwirksamkeit« bezeichnet [2].

Ein Gesichtsfeldausfall und andere Wahrnehmungsstörungen führen dazu, dass Aufgaben, die zuvor mühelos ausgeführt werden konnten, nicht mehr so einfach möglich sind. Folglich ist psychologische Unterstützung zusätzlich zur Neurorehabilitation unerlässlich, um die Selbstwirksamkeit und Motivation zu fördern, beides kritische Elemente bei der Genesung [16]. Psychologische Interventionen zur Steigerung der Motivation und des Aufbaus der Selbstwirksamkeit können die Festlegung von Zielen, Rückmeldungen über Fortschritte und kognitiv-verhaltenstherapeutische Strategien zur Bewältigung emotionaler Reaktionen auf den Funktionsverlust und zur Förderung der Anpassung umfassen [29]. Gleichzeitig kann die neuropsychologische Rehabilitation selbst auch zu einer Steigerung der Selbstwirksamkeit führen [10]. Darüber hinaus kann das Konzept der Neuroplastizität – auch bekannt als die Fähigkeit des Gehirns, sich durch die Bildung neuer neuronaler Verbindungen zu reorganisieren – dem/der Patient\*in Hoffnung geben und die Genesungsmotivation weiter steigern. Denn das Verständnis darüber, dass sich das Gehirn anpasst und verlorene Funktionen kompensieren kann, kann einen erheblichen Einfluss auf den Glauben an den Rehabilitationsprozess und das Potenzial für eine Genesung haben [12].

#### Placebo-Effekt

Entsprechend kann auch der so genannte Placebo-Effekt eine erhebliche Auswirkung auf die neuropsychologische Rehabilitation von Wahrnehmungsstörungen nach Schlaganfall oder SHT haben. Konkret bedeutet das, dass Menschen real empfundene Veränderungen ihrer Gesundheit oder ihres Verhaltens eher aufgrund ihrer Erwartungen an die Behandlung als aufgrund der tatsächlichen Effekte der Behandlung selbst erfahren. Gleichzeitig verdeutlicht der Placebo-Effekt dadurch auch die komplexe Beziehung zwischen Geist (Psyche) und Körper (Soma) und wie psychologische Faktoren die somatische Genesung beeinflussen können. In der neuropsychologischen Rehabilitation können das Verständnis und die Nutzung des Placebo-Effekts daher besonders vorteilhaft sein, letztere stellt gleichzeitig aber auch ethische und methodische Herausforderungen dar. Im Kern wird der Placebo-Effekt durch den

Glauben des/der Patient\*in an die Wirksamkeit einer Behandlung vermittelt. Dies führt sogar so weit, dass dies zu messbaren Veränderungen der Gehirnaktivität und der Freisetzung neurobiologischer Stoffe führen kann, die sich positiv auf die Genesung und die Rehabilitationsergebnisse auswirken können. Studien haben gezeigt, dass Placebo-Behandlungen die körpereigene Opiat- und Dopaminfreisetzung im Gehirn aktivieren, was zur Schmerzlinderung beitragen und zudem positive Auswirkungen auf Stimmung, Kognition und Motorik haben kann [33, 48]. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass der Verlauf der Genesung erheblich von den Erwartungen und Überzeugungen der Patient\*innen beeinflusst wird und durch die verbesserte Stimmung auch neuropsychologische Faktoren wie Wahrnehmung und Aufmerksamkeit verbessert werden können. Dies verdeutlicht auch das Potenzial des Placebo-Effekts, die Erwartungen der Patient\*innen zur Verbesserung der Rehabilitationsergebnisse zu nutzen – selbst, wenn keine somatisch wirksame, physiologische Intervention stattfindet [11]. Auf der anderen Seite kann das Vertrauen in die therapeutische Beziehung und letztlich in das Gesundheitssystem selbst untergraben werden, wenn sich Behandler\*innen lediglich auf den Placebo-Effekt verlassen, ohne eine tatsächlich physiologisch wirksame Intervention anzubieten [34].

#### Rehabilitation – Restitutive Therapie

Es gibt zwei wesentliche neuropsychologische Interventionsstrategien für die Rehabilitation nach einem Schlaganfall mit nachfolgendem Gesichtsfeldausfall: »Kompensatorische Therapien« und »Restitutive Therapien«. Während kompensatorische Therapien darauf abzielen, den Verlust durch Verhaltensänderungen zu kompensieren – zum Beispiel durch das Training schneller Augenbewegungen in den blinden Bereich des Gesichtsfeldes – basieren restitutive Therapien auf dem Konzept der kortikalen Neuroplastizität [38]. Befürworter\*innen restitutiver Therapien argumentieren, dass durch die Darbietung heller Lichtimpulse (in verschiedenen Formen, Bewegungen und Frequenzen) an der Schnittstelle zwischen intaktem und beschädigtem Gesichtsfeld (oder auch innerhalb des Ausfalles), Neuronen in den korrespondierenden Bereichen des (visuellen) Kortex reaktiviert werden [43, 45]. Man spricht dann von »trainingsinduzierter Neuroplastizität«. Dieses Konzept basiert auf den Ergebnissen invasiver Tierstudien, in denen gezeigt werden konnte, dass sich geschädigte Neurone im visuellen Kortex von Katzen nach Lichtstimulation neu verbinden können [22, 47]. Da ähnliche invasive Studiendesigns beim Menschen aus ethischen Gründen nicht möglich sind, werden an Menschen nur nicht-invasive Studien durchgeführt.

Diese Patient\*innen-Studien mit bildgebenden Verfahren (vornehmlich fMRT) haben bisher gemischte Ergebnisse zutage gefördert. In einer Studie von Ajina

et al. [1] führten sieben Schlaganfallpatient\*innen mit chronischem Gesichtsfeldausfall über einen Zeitraum von 3–6 Monaten täglich etwa 25 Minuten lang ein restitutives Therapieverfahren zu Hause durch. Die Forschenden beobachteten danach eine verstärkte neuronale Reaktion auf sich bewegende Reize innerhalb des blinden Gesichtsfelds im Bewegungsbereich V5/hMT und berichteten über einen signifikanten Anstieg des Sauerstoffgehalts des Blutes innerhalb dieser Region im Vergleich zu den Ausgangsmessungen.

Im Gegensatz dazu präsentierten Barbot et al. [3] ihre Befunde aus ihrer Studie mit 11 Schlaganfallpatient\*innen mit Gesichtsfeldausfall. Ihre Daten deuten darauf hin, dass die Bereiche innerhalb des blinden Feldes, die sich perimetrisch am besten erholten, keinen Anstieg der visuell evozierten BOLD-Reaktionen zeigten. In ähnlicher Weise berichteten Raemaekers et al. [39] in ihrer fMRT-Studie mit acht Patient\*innen mit postchiasmatischen Gesichtsfelddefekten über perimetrische Verbesserungen von 1–7 Grad des Sehwinkels nach restitutiver Therapie. Die korrespondierenden fMRT-Daten zeigten jedoch keine signifikanten Verbesserungen.

Die meisten der bisher durchgeführten Studien wurden jedoch mit perimetrischen Instrumenten und ohne bildgebende Verfahren (wie fMRT) durchgeführt. Ähnlich wie bei den Studien mit bildgebenden Verfahren sind auch die Ergebnisse der perimetrischen Studien nicht einheitlich. Die meisten der Studienarbeiten zeigen signifikante Verbesserungen nach restitutivem Training, was auf trainingsinduzierte, neuroplastische Veränderungen im visuellen Kortex hinweist [3, 6, 7, 32, 36, 37, 42, 44]. Bergsma et al. [6] berichteten zum Beispiel über eine beobachtbare Verringerung der Gesichtsfelddefekte bei allen Teilnehmer\*innen ihrer Studie nach 13 Wochen. In ähnlicher Weise fanden Marshall et al. [32] bei ihren Teilnehmer\*innen nach drei Monaten eine durchschnittliche Verbesserung der perimetrischen Stimulus Erkennung um 12,5 %, während Mueller et al. [36] bei den Teilnehmenden ihrer Studie nach sechs Monaten eine Erholung des Gesichtsfelds um bis zu 17,2 % berichteten. Poggel et al. [37] fanden geringe, aber signifikante Verbesserungen bei der Stimuluserkennung. Bergsma et al. [6] berichteten nicht nur über eine Vergrößerung des Gesichtsfelds, sondern auch über Verbesserungen der täglichen Sehfunktion.

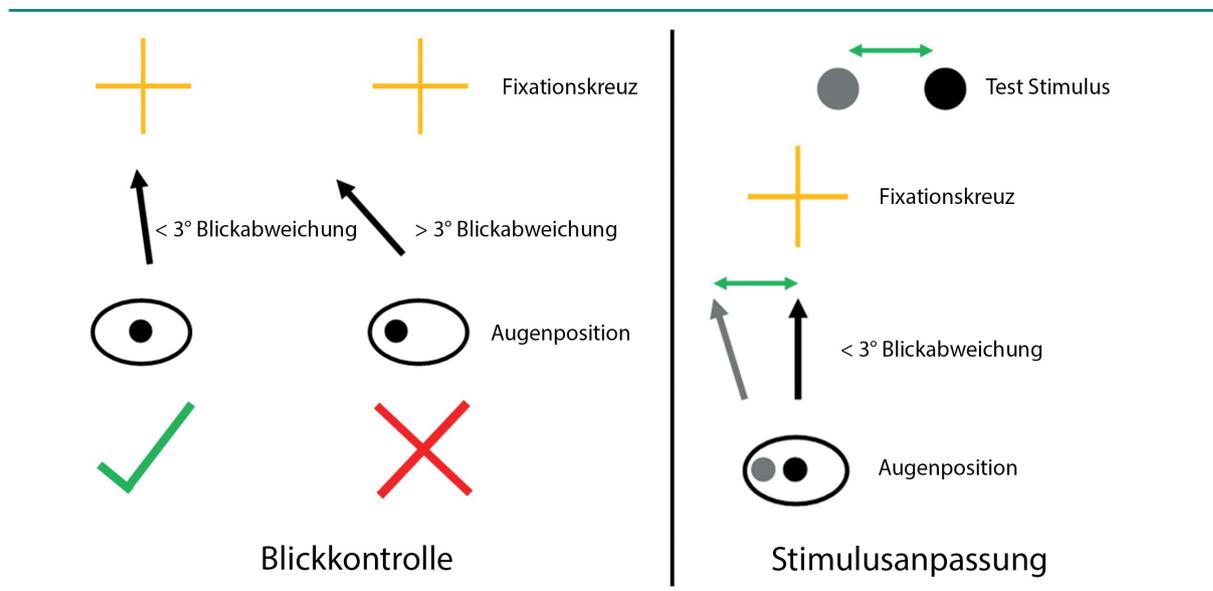
Im Gegensatz dazu konnten aber auch mehrere Studien keine Verbesserungen in der visuellen Wahrnehmung der Patient\*innen nach restitutivem Training finden [17, 21, 35, 41]. Mödden et al. [35] fanden in ihrer randomisierten kontrollierten Studie keine perimetrisch messbare, signifikante Gesichtsfelderweiterung nach restitutivem Training. In ähnlicher Weise berichteten Reinhard et al. [41] über keine signifikanten Veränderungen der absoluten Grenzen der Gesichtsfelddefekte bei ihren Studienteilnehmer\*innen nach sechs Monaten. Frolov, Feuerstein und Subramanian [15] äußerten Bedenken hinsichtlich der Validität der veröffentlichten

Daten und bescheinigen, dass es »[...] *noch offene Fragen hinsichtlich der Validität* [der veröffentlichten Daten] *und des klinischen Nutzens*« gibt (S. 40). Zusammenfassend lässt sich daher festhalten, dass die prinzipielle Wirksamkeit von restitutiven Therapieverfahren bei Gesichtsfeldausfällen eher anzuzweifeln ist.

### Kritische Betrachtung – Restitutive Therapie

Die Hauptbedenken hinsichtlich der Gültigkeit der veröffentlichten Daten und folglich der Wirksamkeit von restitutiven Therapieformen sind auf die Ungenauigkeit der verwendeten perimetrischen Instrumente zurückzuführen. In den meisten Studien, die Verbesserungen nach restitutiver Therapie fanden, wurden automatisierte, statische Perimetrie Systeme wie der Humphrey® Field Analyzer (HFA) verwendet, um die Gesichtsfelder der Patient\*innen vor und nach der Intervention zu beurteilen. Der HFA (und ähnliche Systeme) gelten als klinischer Maßstab für die Bewertung des Gesichtsfelds, sind aber aufgrund der begrenzten Anzahl von Stimulus Positionen nicht sehr genau. Darüber hinaus bieten diese Systeme in der Regel keine kontinuierliche und strenge Überwachung der zentralen Augenfixation der Patient\*innen. Eine effiziente und valide Fixationskontrolle ist für reliable und valide Messungen aber unerlässlich, um etwa kompensatorische Augenbewegungen des/der Patient\*in während der Messung auszuschließen. Zwar verfügen einige Systeme über technische Mechanismen (z. B. Überprüfung der Position des blinden Flecks) oder ermöglichen es dem medizinischen Fachpersonal, die Augenfixation über einen kleinen Bildschirm zu überwachen, doch können diese klinischen Standardgeräte nicht jede kleine Augenbewegung, kurze Aussetzer in der Fixation oder wiederholte (Mikro-) Sakkaden konsequent erkennen. Obwohl solche Ungenauigkeiten bei der täglichen klinischen Beurteilung tolerierbar sein mögen, stellen sie in Forschungsarbeiten, in denen es darum geht, kleine Verbesserungen in den Gesichtsfeldern der Patient\*innen (bis zu fünf Winkelgrade) nach einer neuropsychologischen Intervention zu messen, ein gewichtiges Problem dar. Diese Ungenauigkeiten bei der perimetrischen Bewertung können daher zu irreführenden Eindrücken einer verbesserten Gesichtsfeldgröße führen, die aber keine tatsächliche, physiologisch basierte Erweiterung darstellt, sondern vielmehr die Folge kompensatorischer Augenbewegungen sind. Darüber hinaus verwenden Systeme wie der HFA den »Swedish Interactive Thresholding Algorithm« (SITA), um die Gesichtsfeldtests im klinischen Alltag weiter zu beschleunigen, indem die Leuchtdichteschwelle für jeden Teststimulus auf der Grundlage des Alters des/der Patient\*in und der benachbarten Reaktionen anhand einer Datenbank geschätzt wird [5].

Der SITA-Algorithmus (und verwandte Methoden) sind für den klinischen Alltag überaus praktisch, um etwa einen schnellen Überblick über den Status des



**Abb. 1.** Funktionsweise der neu entwickelten »Eye Tracking Based Visual Field Analysis« (EFA). Das linke Feld (Blickkontrolle) zeigt den Fixationskontrollmechanismus, der den/die Patient\*in bei einer zu großen Abweichung (> 3°) vom Fixationskreuz (schematisch dargestellt durch das rote Kreuz unten) zur Blickkorrektur auffordert. Das rechte Feld (Stimulusanpassung) zeigt die blickabhängige Anpassung der Position des zu erkennenden Teststimulus. Der schwarze Punkt unten zeigt die Pupille und die zu fixierende Stelle – das Zentrum des Fixationskreuzes – an; der graue Punkt zeigt die tatsächliche Fixationsstelle an – die Präsentation des Teststimulus (oben) wird daher entsprechend in Echtzeit durch das System angepasst.

Gesichtsfelds des/der Patient\*in zu erhalten, führen aber bei Forschungsarbeiten, die auf eine strenge Bewertung der Ergebnisse nach restitutiven Therapieverfahren abzielen, zu weiteren Ungenauigkeiten. Auch die kinetische Perimetrie – wie die Goldmann-Perimetrie (GP) – bietet hier nur bedingt eine Lösung, denn die GP zeichnet sich durch eine sehr geringe Zuverlässigkeit bei Wiederholungsprüfungen (Reliabilität) aus, wie selbst der Erfinder des Geräts – Hans Goldmann – feststellte: »[...] die Perimetrie, und insbesondere die kinetische Perimetrie, ist eine Kunst. Wenn man mehrere junge Assistenten denselben Patienten untersuchen lässt [...], wird man über die Unterschiede in den Ergebnissen erstaunt, ja schockiert sein. Es braucht eine lange Ausbildungszeit, bis die Ergebnisse zweier Kliniker vergleichbar sind« (Goldmann, zitiert nach Weiland et al. [49], S. 3).

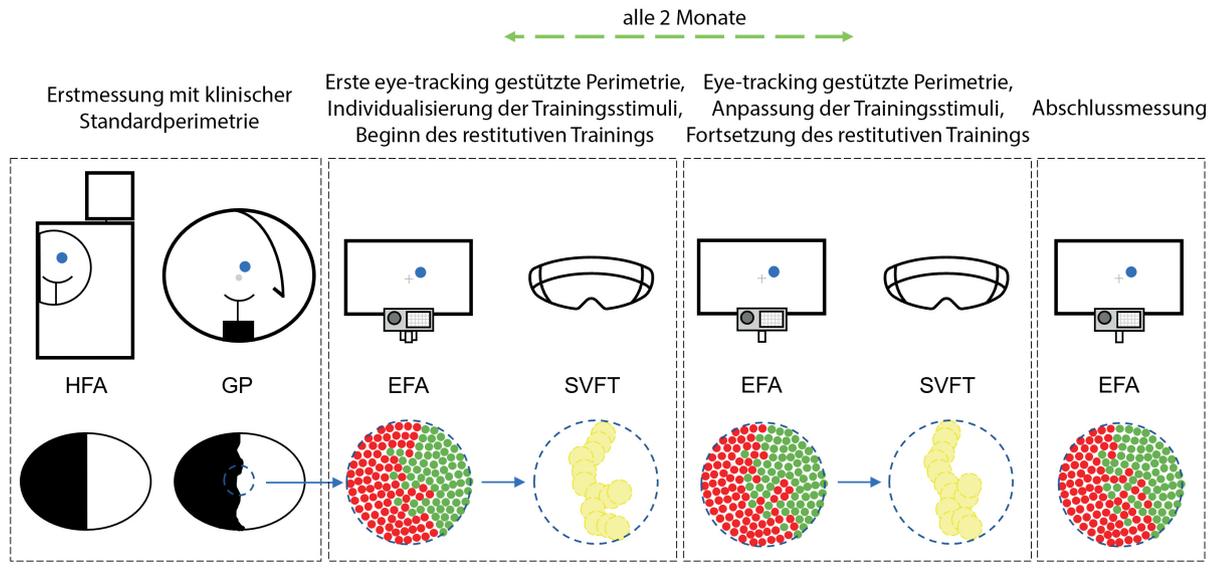
Vor diesem Hintergrund ungenauer Gesichtsfeldbeurteilung in früheren Studien führten wir von 2019 bis 2021 eine klinische Studie durch, in der Schlaganfallpatient\*innen mit Gesichtsfeldausfällen ein restitutives Training durchführten und mit unserer neu entwickelten und klinisch validierten »Eye Tracking Based Visual Field Analysis« (EFA) perimetrisch untersucht wurden. Die Patient\*innen führten das restitutive Training zudem mit unserem ebenfalls neu entwickelten und validierten Virtual-Reality (VR)-System, dem »Salzburg Visual Field Trainer« (SVFT) durch [25, 28].

### Patienten und Methoden

Die EFA ist ein fortschrittlicher computergestützter Gesichtsfeldtest, der auf der traditionellen automati-

schon statischen Perimetrie basiert. Die Besonderheit der EFA ist die kontinuierliche Augenfixationskontrolle, die (1) durchgehend überprüft, ob der/die Patient\*in zentral fixiert und (2) jede Blickabweichung in Echtzeit ausgleicht, indem der Test den aktuell präsentierten Testreiz auf die Blickvarianz anpasst. Dadurch ist es für den/die Patient\*in unmöglich, einen Gesichtsfeldausfall während der perimetrischen Messung durch Augenbewegungen auszugleichen und etwa mit kurzen Sakkaden in den blinden Bereich zu kompensieren. Mit anderen Worten: Unabhängig davon, wie schnell sich die Augen des/der Patient\*in während des Gesichtsfeldtests bewegen, die Position des Teststimulus wird während seiner Präsentation immer genau auf die aktuelle Sichtlinie des /der Patient\*in ausgerichtet (siehe **Abbildung 1**). Einen ausführlicheren Einblick in die Funktionalitäten und Methoden der EFA findet sich weiterführend in Leitner et al. [27].

Ziel unserer klinischen Studie war es, perimetrisch zu beurteilen, ob sich das intakte Gesichtsfeld der Schlaganfallpatient\*innen nach restitutivem Training vergrößern würde. Darüber hinaus konzentrierte sich die Studie – mit Hinblick auf die Bedeutung des Placebo-Effekts – auf die subjektive Wahrnehmung der Patient\*innen in Bezug auf eine mögliche Zunahme ihres intakten Gesichtsfeldes. Dazu erhoben wir vor jeder perimetrischen Messung eine einzige Frage: »Wie beurteilen Sie den aktuellen Zustand Ihres Gesichtsfeldes?«. Die Antworten wurden auf einer visuellen Analogskala (VAS) erfasst, die von »sehr schlecht« bis »sehr gut« reichte.



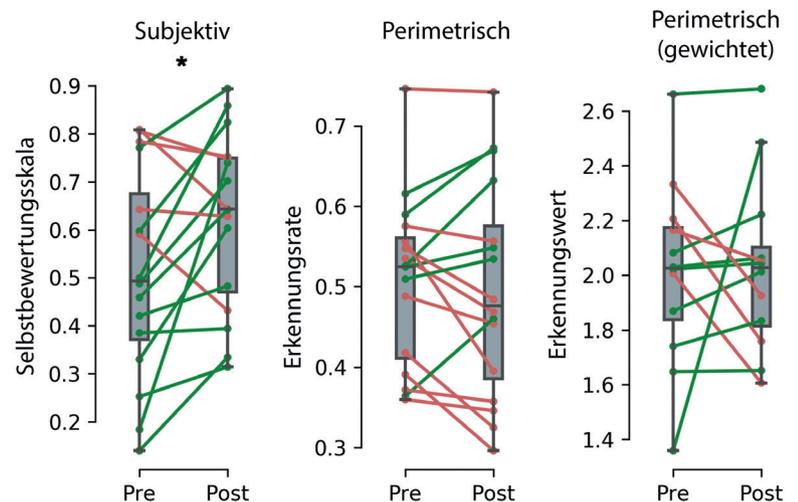
**Abb. 2.** Experimenteller Ablauf der klinischen Studie und Darstellung der perimetrischen Gesichtsfeldmessungen mit Humphrey Field Analyzer (HFA), Goldmann Perimetrie (GP) und Eye Tracking Based Visual Field Analysis (EFA) mit anschließender individueller Implementierung in den Salzburg Visual Field Trainer (SVFT), mit dem die Patient\*innen ein restitutives Training durchführten.

## Studiendesign

In einer initialen diagnostischen Messung wurden die Gesichtsfelder der Patient\*innen von einer geschulten Orthoptistin und einer Augenärztin mit klinisch etablierten Methoden wie dem Humphrey Field Analyzer (HFA) und der Goldmann-Perimetrie (GP) vermessen. Diese ersten Messungen lieferten eine Basis für den Gesichtsfeldstatus und ermöglichte die Konfiguration der nachfolgenden Diagnostik mit der EFA. In der anschließenden Untersuchung wurden auf der Grundlage der GP-Befunde die inneren Gesichtsfeldbereiche (10–15 Winkelgrad Sehwinkel) der jeweiligen Randbereiche der Patient\*innen mit der EFA hochauflösend untersucht. Diese Gesichtsfeld-Daten wurden nicht nur für die Vor- und Nachbeurteilung verwendet, sondern auch für die präzise Platzierung von Trainings-Stimuli im Übergangsbereich zwischen intaktem und defektem Gesichtsfeld mit dem SVFT. **Abbildung 2** zeigt den Versuchsablauf. Eine genauere Beschreibung der Hintergründe und Methoden findet sich weiterführend in Leitner et al. [28].

## Ergebnisse

Die perimetrischen Ergebnisse von 16 Patient\*innen – mit einem Durchschnittsalter von 55 Jahren (SD = 18) – mit Gesichtsfeldausfällen zeigen, dass das restitutive Training *keine* statistisch signifikante, systematische perimetrische Abnahme des defekten Gesichtsfelds bewirkt. Im Gegensatz dazu zeigen die Ergebnisse der *subjektiven* Bewertung des defekten Gesichtsfeldes durch die Patient\*innen eine statistisch signifikante Verbesserung, was auf einen Placebo-Effekt des restitutiven Trainings hinweist (siehe **Abbildung 3**). Zusammen-



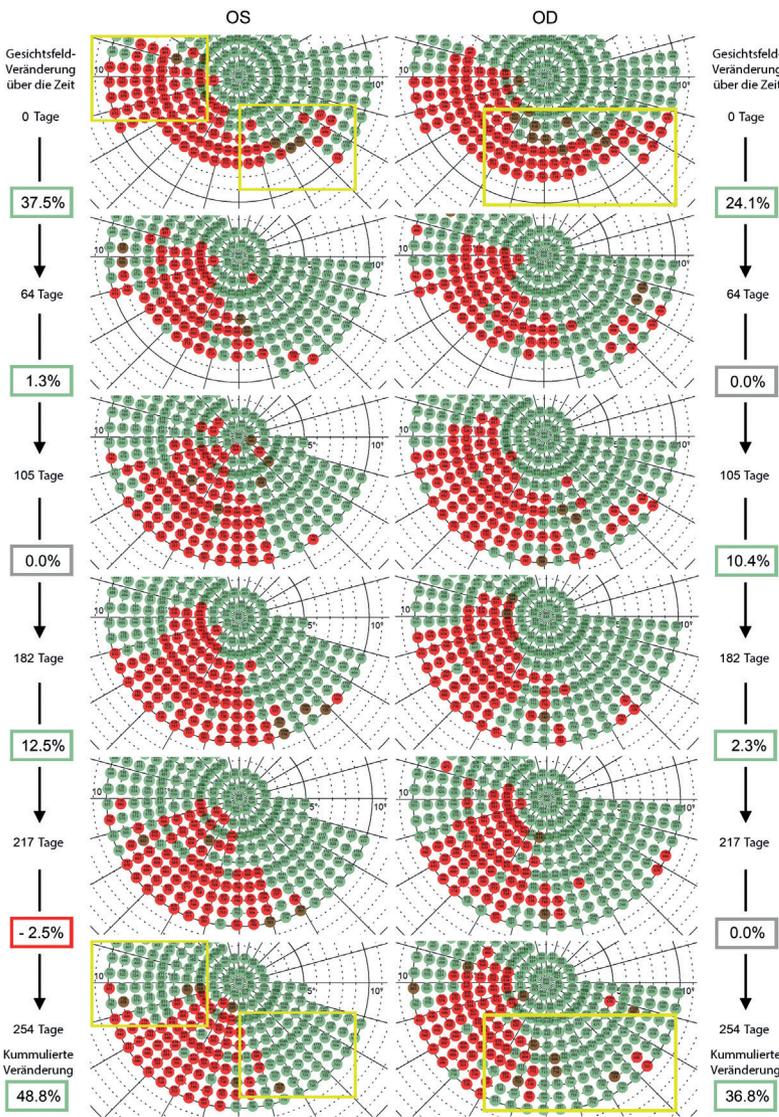
**Abb. 3.** Unterschiede zwischen den Ergebnissen vor und nach dem Restitutionstraining nach einer mittleren Trainingsdauer von 154 Tagen und 204,4 Trainingseinheiten anhand der subjektiven (linkes Feld) und (eye-tracking gestützten) perimetrischen Bewertung (mittleres Feld) von 16 Schlaganfallpatient\*innen und der Sehschärfe-gewichteten perimetrischen Bewertung (rechtes Feld) von 12 Schlaganfallpatient\*innen. Die subjektiven Ergebnisse zeigen eine wahrgenommene Verbesserung der intakten Gesichtsfeldgröße von 11,5% – ein statistisch signifikanter Effekt. Im Gegensatz dazu zeigen die Ergebnisse der perimetrischen und Sehschärfe-gewichteten perimetrischen Ergebnisse keinen statistisch signifikanten Unterschied mit einer mittleren Veränderung von -1,1% bei der Stimuluserkennungsraten und 0,02 beim berechneten Stimuluserkennungswert, was auf einen Placeboeffekt hinweist. (\* =  $p < 0,05$ ).

fassend kann festgehalten werden, dass das restitutive Training des Übergangsbereichs zwischen intaktem und defektem Gesichtsfeld mit Lichtreizen eine unwirksame Rehabilitationsmethode darstellt, um das Gesichtsfeld der Patient\*innen auf eine perimetrisch beurteilbare Weise zu verbessern. Folglich lassen sich die Ergebnisse unserer Studie wie folgt zusammenfassen [28]:

1. Die Patient\*innen überschätzen die Trainingseffekte des restitutiven Trainings, wenn sie die aktuelle Größe ihres intakten Gesichtsfeldes subjektiv einschätzen sollen.
2. Objektive, perimetrische Ergebnisse der EFA zeigen im Gegensatz dazu, dass das restitutive Verfahren geschädigte Gesichtsfeldbereiche nach Läsionen im primären visuellen Kortex oder in der Radiatio optica

- nicht perimetrisch messbar* verbessert oder wiederherstellt.
3. Wenn die Ergebnisse nach Exzentrizität gewichtet werden – d.h. abhängig von der Entfernung des Testreizes von der Makula (zentrales Sehen), was der natürlichen parabolischen Abnahme der Sehschärfe entspricht –, ist bei den perimetrischen Ergebnissen der EFA ebenfalls keine signifikante Verbesserung der Gesichtsfeldgröße innerhalb von 0° bis 5° feststellbar.

Gesichtsfelddiagnostik mit EFA des linken (OS) und rechten Auges (OD) von Patientin 7 nach 254 Tagen restitutivem Training mit dem SVFT



**Abb. 4.** Illustration der EFA Gesichtsfeldtests (innere 10°) – durchgeführt mit der »Eye Tracking Based Visual Field Analysis« (EFA) – nach 217 Tagen restitutivem Training mit dem »Salzburg Visual Field Trainer« (SVFT) bei »Patientin 7« mit Quadrantenanopsie und visuellem Neglect nach links. Rote Punkte stehen für nicht erkannte Lichtreize, grüne Punkte stehen für Lichtreize, die bei der perimetrischen Untersuchung erkannt wurden. Ein Reiz entspricht etwa 0,75° des Sehwinkels. Bemerkenswert zeigen sich die offensichtlichen Verbesserungen bei der Reizerkennung, gekennzeichnet durch die gelben Rechtecke. Die Datenanalyse (nach der Gesamtzahl der nicht erkannten Lichtreize auf der Grundlage der Erstmessung) zeigt eine Gesamtvergrößerung des Gesichtsfeldes von 48,8% (OS) und 36,8% (OD) sowie eine allmähliche Verbesserung insbesondere während der ersten 64 Tage nach Therapiebeginn.

In Anbetracht dieser enttäuschenden Ergebnisse zur Rehabilitationswirksamkeit des restitutiven Trainings ist eine ganzheitliche Betrachtung der Behandlung visueller Wahrnehmungsstörungen für die zukünftige Behandlung und weitere Forschung von großer Bedeutung. Empirische Belege zeigen deutlich, dass die Untersuchung und Behandlung von Gesichtsfelddefekten und damit verbundenen Sehbehinderungen wie Visuellem Neglect oder anderen Formen kortikaler Blindheit eine große klinische und methodische Herausforderung darstellt. Ein Teil der Komplexität ergibt sich daraus, dass die Läsionen nicht den topografischen Grenzen des Gehirns folgen; so wirken sich beispielsweise Läsionen der hinteren Hirnarterie selten auf die rein visuelle Wahrnehmung aus. Dies erschwert die Unterscheidung zwischen Gesichtsfeldausfällen, Neglect und anderen damit verbundenen (neuropsychologischen) Störungen. Angesichts dieser komplexen Zusammenhänge vermuten wir, dass die ambivalenten Ergebnisse, die in früheren Studien zu restitutiven Therapien beobachtet wurden, auf diese Nuancen zurückzuführen sein könnten. Auch wir haben diese Erfahrungen gemacht. Unsere Forschungsarbeit mit einer Patientin mit Gesichtsfeldausfall *und* Neglect nach einem Autounfall deutet nämlich darauf hin, dass restitutive Therapien möglicherweise ein therapeutisches Potenzial für Läsionen in höheren kortikalen Bereichen (Parietallappen) haben könnten, die die Aufmerksamkeit beeinflussen [26]. Diese perimetrisch beobachtbaren Verbesserungen bei Visuellem Neglect nach restitutivem Training könnten darauf zurückgeführt werden, dass restitutives Training bei der Verbesserung der Aufmerksamkeit helfen könnte (siehe **Abbildung 4**). Möglicherweise handelt es sich hier um einen ähnlichen Mechanismus wie bei der Kompensationstherapie, wo es neben der Übung von Augenbewegungen in den blinden Sehbereich auch um die Schärfung der Achtsamkeit für den defekten Teilbereich des Gesichtsfeldes geht.

**Diskussion**

Vor dem Hintergrund unserer Studien rückt der Placebo-Effekt als wichtiger Faktor bei der Bewertung neuropsychologisch basierter therapeutischer Interventionen in den Vordergrund, insbesondere bei der Behandlung von visuellen Sinnes- und Wahrnehmungsbeeinträchtigungen. Unsere jüngsten empirischen Erkenntnisse

deuten darauf hin, dass restitutive Verfahren zu keiner perimetrisch messbaren Gesichtsfelderweiterung führen, sondern vielmehr eine Wahrnehmung oder einen Glauben (»Wunschdenken«) an eine Verbesserung bei den Patient\*innen hervorrufen [28]. Die subjektiven Bewertungen der Patient\*innen spiegeln das Wesen des Placebo-Effekt wider, welcher als eine Veränderung des Zustands eines/einer Patient\*in verstanden wird, die auf die psychologischen Auswirkungen der Behandlung und nicht auf die Behandlung selbst zurückzuführen ist. Folglich darf im Bereich der neuropsychologischen Rehabilitation, in welchem subjektive Erfahrungen von Verbesserungen ebenso einflussreich sein können wie objektive Ergebnisse, die Wirkung des Placebo-Effekts auf keinen Fall unterschätzt werden. Im speziellen Fall der restitutiven Therapieverfahren, deren Ziel darin besteht, Teile des verlorenen Gesichtsfeldes wiederherzustellen, ist es von entscheidender Bedeutung, zwischen objektiven, perimetrisch bewertbaren bzw. somatisch begründeten neuroplastischen Veränderungen und subjektiv wahrgenommenen Verbesserungen aufgrund des Placebo-Effekts zu unterscheiden. Studien zu Placebo-Effekten spezifisch bei neurologischen Erkrankungen haben bereits gezeigt, dass der bloße Glaube an die Wirksamkeit einer Behandlung zu selbst berichteten Funktionsverbesserungen führen kann, obwohl sich die objektiven klinischen Messwerte nur geringfügig oder gar nicht verändert haben, und da »[...] es immer noch neurologische Erkrankungen gibt, für die es nur begrenzte Behandlungsmöglichkeiten gibt [...], kann der Einsatz von Placebo in diesen Fällen als letzter Ausweg eine humanitäre Entscheidung darstellen und sollte versucht werden« (S. 119, [14]). Folglich kann dieses Phänomen bei restitutiven Behandlungen besonders ausgeprägt sein, da es sich bei der Intervention um eine wiederholte und intensive Interaktion mit modern wirkenden Geräten und Software handelt, wodurch die Erwartungen des/der Patient\*in auf einen Nutzen weiter erhöht wird. Zudem erleben diese Patient\*innen zumeist einen hohen Leidensdruck und wünschen sich Genesung. Auch aus unserer eigenen Erfahrung nach zahlreichen Patient\*innen-Gesprächen geht es hier oft um den Wunsch nach dem Wiedererlangen von Mobilität und der Fähigkeit bzw. der Erlaubnis, wieder ein Kraftfahrzeug zu führen. Dieses Wunschdenken nach Genesung in Kombination mit Ermutigungen durch das familiäre, berufliche und klinische Umfeld und der Einsatz »moderner Technologien und Prinzipien« können den Placebo-Effekt weiter verstärken und die Patient\*innen Verbesserungen wahrnehmen lassen, die allerdings objektiv (perimetrisch) leider nicht zu finden sind.

Darüber hinaus kann auch der therapeutische Kontext, in dem restitutives Training durchgeführt wird, den Placebo-Effekt verstärken. Die therapeutische Allianz zwischen Patient\*in und medizinischem Fachpersonal, der Rahmen der Therapie und die Präsentation der verwendeten neuen Technologien können die Erwartungen

der Patient\*innen und ihren Glauben an die Wirksamkeit der Behandlung weiter erhöhen [4]. Diese Faktoren in Verbindung mit dem psychisch-verletzlichen Zustand von Patient\*innen nach einem Schlaganfall, die sich unbedingt erholen wollen, können ein ideales Umfeld für die Entfaltung des Placebo-Effekts schaffen. Es ist daher höchste Vorsicht und Sorgfalt geboten, wenn die klinische Wirksamkeit einer empirisch höchst umstrittenen Methode bei einer psychisch vulnerablen Gruppe propagiert wird und zusätzlich mit erhöhtem finanziellem Aufwand verbunden ist.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass es von höchster Relevanz ist, die Rolle des Placebo-Effekts bei den berichteten Verbesserungen nach neuropsychologischen Interventionen in deren Bewertung einfließen zu lassen und positive Ergebnisse nach restitivem Training kritisch zu hinterfragen. Künftige Studien sollten daher darauf abzielen, strenge, objektive Methoden (wie etwa die EFA) anzuwenden, um eine strikte Unterscheidung zwischen neurophysiologischer Erholung und Verbesserungen aufgrund psychologischer Faktoren wie des Placebo-Effekts zu ermöglichen. Solche Studiendesigns werden dazu beitragen, die neurorehabilitativen Behandlungsstrategien zu verfeinern und realistischere Erwartungen für Patient\*innen und Behandler\*innen gleichermaßen zu etablieren.

## Literatur

1. Ajina S, Jünemann K, Sahraie A, Bridge H. Increased visual sensitivity and occipital activity in patients with hemianopia following vision rehabilitation. *J Neurosci* 2021; 41(28): 5994–6005
2. Bandura A. Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychol Rev* 1977; 84(2): 191–215
3. Barbot A, Das A, Melnick MD, Cavanaugh MR, Merriam EP, Heeger DJ, et al. Sparing perilesional V1 activity underlies training-induced recovery of luminance detection sensitivity in cortically-blind patients. *Nat Commun* 2021; 12: 6102
4. Benedetti F. Placebo and the New Physiology of the Doctor-Patient Relationship. *Physiol Rev* 2013; 93(3): 1207–46
5. Bengtsson B, Olsson J, Heijl A, Rootzén H. A new generation of algorithms for computerized threshold perimetry, SITA. *Acta Ophthalmol Scand* 1997; 75: 368–75
6. Bergsma DP, Baars-Elsinga A, Sibbel J, Lubbers P, Visser-Meily A. Visual daily functioning of chronic stroke patients assessed by goal attainment scaling after visual restorative training: an explorative study. *Top Stroke Rehabil* 2014; 21: 400–12
7. Bergsma DP, Elshout JA, van den Berg AV. Segregation of spontaneous and training induced recovery from visual field defects in subacute stroke patients. *Front Neurol* 2017; 8: 681
8. Berti A, Garbarini F, Neppi-Modona M. Disorders of higher cortical function. In: Zigmund MJ, Wiley CA, Chesselet MF (eds): *Neurobiology of brain disorders. Biological basis of neurological and psychiatric disorders*. Academic Press, Cambridge, MA 2015, 525–41
9. Boosman H, Winkens I, van Heugten CM, Rasquin SMC, Heijnen VA, Visser-Meily JMA. Predictors of health-related quality of life and participation after brain injury rehabilitation: The role of neuropsychological factors. *Neuropsychol Rehabil* 2015; 27(4): 581–98
10. Brands I, Maud C, Heugten C. Self-efficacy and quality of life after low-intensity neuropsychological rehabilitation: A pre-post intervention study. *NeuroRehabilitation* 2017; 40(4): 587–94
11. Colloca L, Benedetti F. Placebos and painkillers: is mind as real as matter? *Nat Rev Neurosci* 2005; 6: 545–52
12. Cramer SC, Sur M, Dobkin BH, O'Brien C, Sanger TD, et al. Harnessing neuroplasticity for clinical applications. *Brain* 2011; 134(6): 1591–1609
13. Dombrov ML, Sandok BA, Basford JR. Rehabilitation for Stroke: A Review. *Stroke* 1986; 17(3): 363–9

Neurol Rehabil 2024; 30(3): 129–136 | <https://doi.org/10.14624/NR2403001> | © The authors 2024

## The psychology of neurovisual neurorehabilitation

M. C. Leitner, S. Hawelka

### Abstract

Visual disorders following a stroke or traumatic brain injury are complex perceptual deficits that have a significant impact on the patient's quality of life and far-reaching consequences for rehabilitation. In addition to the neurological and neuropsychological dimension, psychological factors in particular play a decisive role in the recovery process. The placebo effect in particular illustrates the complex relationship between mind and body. Our clinical studies investigated the effectiveness of restorative therapy on training-induced neuroplasticity in patients with visual field loss. The results show that no significant perimetrically measurable improvement of the visual field can be found after training with strict, eye-tracking supported visual field measurement. However, subjective evaluations by the patients indicate improvements and thus a placebo effect. In addition, the results of our studies show that restorative training could possibly have a positive influence on the perimetrically measurable perception of patients with visual neglect. These discrepancies illustrate the need for a strict distinction between neurophysiological changes and psychological effects. Future research should use methodologically rigorous approaches to set realistic expectations for both patients and practitioners, critically evaluate existing methods and further develop effective treatment strategies. In particular, the role of the placebo effect should be further explored and considered in the evaluation of neuropsychological interventions in the rehabilitation process.

**Key words:** restitution, eye-tracking, perimetrie, placebo, virtual reality

14. Dumitriu A, Popescu BO. Placebo Effects in Neurological Diseases. *J Med Life* 2010; 3(2): 114–21
15. Frolov A, Feuerstein J, Subramanian PS. Homonymous hemianopia and vision restoration therapy. *Neurol Clin* 2017; 35: 29–43
16. Gangwani R, Cain A, Collins A, Cassidy JM. Leveraging Factors of Self-Efficacy and Motivation to Optimize Stroke Recovery. *Front Neurol* 2022; 13: 823202
17. Glisson C. Capturing the benefit of vision restoration therapy. *Curr Opin Ophthalmol* 2006; 17: 504–8
18. Goodwin D. Homonymous hemianopia: challenges and solutions. *Clin Ophthalmol* 2014; 8: 1919–27
19. Grehn F. *Sehbahn*. In: *Augenheilkunde*. Springer-Lehrbuch, Berlin, 2003: 323–31
20. Halligan PW, Fink GR, Marshall JC, Vallar G. Spatial cognition: evidence from visual neglect. *Trend Cog Sci* 2003; 7: 125–33
21. Horton JC. Disappointing results from Nova Vision's visual restoration therapy. *Brit J Ophthalmol* 2005; 89: 1–2
22. Huxlin KR, Pasternak T. Training-induced recovery of visual motion perception after extrastriate cortical damage in the adult cat. *Cereb Cortex* 2004; 14(1): 81–90
23. Kaul SN, Du Boulay GH, Kendall BE, Russel RWR. (1974). Relationship between visual field defect and arterial occlusion in the posterior cerebral circulation. *J Neurol Neurosurg PS* 1974; 37: 1022–30
24. Kerkhoff G. Restorative and compensatory therapy approaches in cerebral blindness a review. *Restor Neurol Neuros* 1999; 15: 255–71
25. Leitner MC, Guetlin D, Hawelka S. Salzburg Visual Field Trainer (SVFT): A virtual reality device for (the evaluation of) neuropsychological rehabilitation. *PLoS ONE* 2021; 16(9): e0249762
26. Leitner MC, Hawelka S. Visual field improvement in neglect after virtual reality intervention: a single-case study. *Neurocase* 2021; 27(3): 308–18
27. Leitner MC, Hutzler F, Schuster S, Vignali L, Marvan P, Reitsamer H, Hawelka S. Eye-tracking-based visual field analysis (EFA): a reliable and precise perimetric methodology for the assessment of visual field defects. *BMJ Open Ophthalmol* 2021; 6: e000429
28. Leitner MC, Ladek A, Hutzler F, Reitsamer H, Hawelka S. Placebo effect after visual restitution training: no eye-tracking controlled perimetric improvement after visual border stimulation in late subacute and chronic visual field defects after stroke. *Front Neurol* 2023; 14: 1114718
29. Leonardi M, Fheodoroff K. Goal setting with ICF (international classification of functioning, disability and health) and multidisciplinary team approach in stroke rehabilitation. In: Platz T (ed.): *Clinical Pathways in Stroke Rehabilitation*. Springer, Cham 2021: 35–56
30. Li K, Malhotra PA. Spatial neglect. *Pract Neurol* 2015; 15: 333–339
31. Lunven M, Martolomeo P. Attention and spatial cognition: neural and anatomical substrates of visual neglect. *Ann Phys Rehab Med* 2017; 60: 124–29
32. Marshall RS, Chmayssani M, O'Brien KA, Handy C, Greenstein VC. Visual field expansion after visual restoration therapy. *Clin Rehabil* 2010; 24: 1027–35
33. Mayberg HS, Silva JA, Brannan SK, Tekell JL, Mahurin RK, McGinnis S, Jerabek PA. The Functional Neuroanatomy of the Placebo Effect. *Am J Psychiat* 2022; 159: 728–37
34. Miller FG, Colloca L. The Legitimacy of Placebo Treatments in Clinical Practice: Evidence and Ethics. *American J Bioethics* 2009; 9(12): 39–47
35. Mödden C, Behrens M, Damke I, Eilers N, Kastrup A, Hildebrandt HA. Randomized controlled trial comparing 2 interventions for visual field loss with standard occupational therapy during inpatient stroke rehabilitation. *Neurorehab Neural Re* 2012; 26: 463–9
36. clinical observational study using vision restoration therapy. *Restor Neurol and Neuros* 2007; 25: 563–72
37. Poggel DA, Treutwein B, Sabel BA, Strasburger H. A matter of time: improvement of visual temporal processing during training-induced restoration of light detection performance. *Front Psychol* 2015; 6: 22
38. Pollock A, Hazelton C, Rowe FJ, Jonuscheit S, Kernohan A, Angilley J, et al. Interventions for visual field defects in people with stroke. *Cochrane Database for Systematic Reviews* 2019; 5: 1465–858
39. Raemaekers M, Bergsma DP, van Wezel RJA, van der Wildt GJ, van den Berg AV. Effects of vision restoration training on early visual cortex in patients with cerebral blindness investigated with functional magnetic resonance imaging. *J Neurophysiol* 2011; 105: 872–82
40. Rapoliene J, Endzelyte E, Jaseviciene I, Savickas R. Stroke Patients Motivation Influence on the Effectiveness of Occupational Therapy. *Rehabil Res Pract* 2018; 2018: 9367942
41. Reinhard J, Schreiber A, Schiefer U, Kasten E, Sabel BA, Kenkel S, et al. Does visual restitution training change absolute homonymous visual field defects? A fundus controlled study. *Brit J Ophthalmol* 2005; 89: 30–35
42. Romano JG, Schulz P, Kenkel S, Todd DP. Visual field changes after a rehabilitation intervention: vision restoration therapy. *J Neurol Sci* 2008; 273: 70–74
43. Rosa AM, Silva MF, Ferreira S, Murta J, Castelo-Branco M. Plasticity in the human visual cortex: an ophthalmology-based perspective. *Biomed Res Int* 2013; 2013: 568354
44. Sabel B, Kenkel S, Kasten E. Vision restoration therapy. *Brit J Ophthalmol* 2005; 89: 522–4
45. Sabel B, Kruse R, Wolf F, Guenther T. Local topographic influences on vision restoration hot spots after brain damage. *Restor Neurol Neuros* 2013; 31: 787–803
46. Saperstein AM, Fiszdon JM, Dell MD. Intrinsic motivation as a predictor of work outcome after vocational rehabilitation in schizophrenia. *J Nerv Ment Dis* 2011; 199(9): 672–7
47. Schweigart G, Eysel UT. Activity-dependent receptive field changes in the surround of adult cat visual cortex lesions. *Eur J Neurosci* 2002; 15(10): 1585–96
48. Wager TD, Atlas LY. The neuroscience of placebo effects: connecting context, learning and health. *Nat Rev Neurosci* 2015; 16: 403–18
49. Weiland SK, Björkstén B, Brunekreef B, Cookson WO, von Mutius E, Strachan DP. Phase II of the international study of asthma and allergies in childhood (ISAAC II): rationale and methods. *Eur Respir J* 2004; 24: 406–12
50. Yoshida T, Otaka Y, Osu R, Kumagai M, Kitamura S, Yaeda J. Motivation for Rehabilitation in Patients With Subacute Stroke: A Qualitative Study. *Front Rehabil* 2021; 2: 664758

### 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.

### Korrespondenzadresse:

Dipl.-Ing. (FH) Mag. Dr. Dr. Michael Leitner, MSc.  
 Fachhochschule Salzburg GmbH  
 Salzburg University of Applied Sciences  
 Urstein Süd 1  
 A-5412 Puch/Salzburg  
[michael.leitner@fh-salzburg.ac.at](mailto:michael.leitner@fh-salzburg.ac.at)