

EYEMOVE

Standardisierte Diagnostik und Therapie visueller Explorationsstörungen

Fallbeispiel

„Links fehlt immer was!“

Herr M. arbeitete als Diplomingenieur in einer mittelgroßen Firma, als er im Alter von 37 Jahren einen Schlaganfall in seiner rechten mittleren Hirnarterie erlitt. Als Folge davon trug er einen linksseitigen, homonymen Quadrantenausfall davon, eine linksseitige Hemiparese sowie einen linksseitigen Neglekt und eine Extinktion visueller Reize im linken Halbraum sowie taktiler Reize an seiner linken Körperhälfte. In den ersten Wochen realisierte er seine Krankheit kaum, später konnte er seine Probleme jedoch gut artikulieren. „Immer wenn ich rumschaue, vergesse ich links was, am Tisch, manchmal auch am Computerbildschirm oder ich stoße links an. Manchmal fehlen links auch Wörter auf einem Schild oder ich vergesse, dass da ein Auto kommt. Eine Straße zu überqueren wird für mich zu einer Riesenaktion, ich weiß ja nie, ob ich alles gesehen habe. Auch wenn ich in meinem Zimmer was suche, finde ich es oft nicht, obwohl es manchmal genau vor mir liegt. In der Stadt mich zurechtfinden, das ist ganz schwierig, mit den vielen Leuten, die sich alle bewegen. Ich fühle mich da so unsicher und hilflos.“

Relevanz visueller Explorationsstörungen nach Hirnschädigung

So oder so ähnlich wie der Patient beschreiben viele Patienten mit Sechstörungen ihre visuellen Probleme nach der Hirnschädigung. Beeinträchtigungen des visuellen Absuchens (synonym: der visuellen Exploration) gehören mit zu den häufigsten Einbußen bei hirngeschädigten Patienten und sind alltagsrelevant für die Betroffenen. Befragt man die Patienten nach den für sie wichtigsten visu-

ellen Problemen infolge einer Hirnschädigung, so geben etwa 40% „Anstoßen an Hindernisse sowie das Übersehen solcher Hindernisse an“ [1]¹. Diese Probleme hängen eng mit der gestörten visuellen Exploration im blinden oder vernachlässigten Halbfeld zusammen, die durch Auslassungen wichtiger Reize, einer verlangsamten Suche und einer unsystematischen, wenig effizienten Suchstrategie gekennzeichnet ist.

Visuelle Explorationsstörungen beeinträchtigen jedoch nicht nur die Mobilität und Orientierung des Patienten im Alltag, sie schmälern auch den Erfolg anderer Therapiemaßnahmen etwa in der Physiotherapie, der Sprachtherapie oder im Gedächtnistraining, wenn der Patient visuelles Therapiematerial bearbeiten soll. Auch in der beruflichen Rehabilitation sind visuelle Explorationsstörungen ein gravierendes Handicap, weil fast jeder Arbeitsbereich das visuelle Absuchen von Bildschirmdisplays, Anzeigetafeln, Plänen, digitalen Messgeräten und die visuelle Orientierung und Fortbewegung im Raum erfordert. Die Verlangsamung des visuellen Suchprozesses verursacht spezifische Probleme in allen zeitkritischen Tätigkeiten, wie etwa dem raschen Erfassen einer Verkehrssituation. Auch jen-

seits beruflicher Anforderungen sind visuelle Explorationsleistungen eine wichtige Voraussetzung für das selbständige Leben zu Hause, etwa beim Suchen nach Gegenständen am Tisch, im Schrank oder beim Einkaufen, für das Beachten und Erkennen von Schildern oder beim Erlernen neuer Wege.

Eine *detaillierte Diagnostik* visueller Explorationsstörungen sowie der entsprechenden Ursachen (etwa Gesichtsfeldausfälle, Neglekt, Extinktion) wäre also eine vordringliche Aufgabe in der Neurorehabilitation. Leider gibt es hierfür im deutschen Sprachraum bislang nur einzelne Untertests in Testbatterien. Funktional alltagsrelevante visuelle Explorationsaufgaben existieren bislang überhaupt nicht in standardisierter und normierter Form, was die Vorhersage visueller Explorationseinbußen in konkreten Alltagssituationen erheblich erschwert. Ein integriertes Behandlungssystem, das diese diagnostischen Möglichkeiten mit darauf zugeschnittenen Behandlungsverfahren verbindet und diese auf ihre therapeutische Wirksamkeit hin evaluiert hat, existiert im deutschen Sprachraum derzeit nicht. Im vorliegenden Beitrag beschreiben wir ein solches PC-basiertes Verfahren für die standardisierte Diagnostik und Therapie visueller Explorationsstörungen nach Hirnschädigung [2].

Ursachen visueller Explorationsstörungen

Als Hauptursachen für im weiteren Sinne visuell oder visuell-räumlich bedingte Ex-

¹ In diesen 40% sind noch nicht die Patienten mit Neglekt oder Balint-Holmes-Syndrom enthalten, die wegen ihrer eingeschränkten „awareness“ keine verwertbaren Angaben in der Eigenanamnese machen können. Der tatsächliche Prozentsatz explorationsgestörter Patienten dürfte daher deutlich über 40% aller hirngeschädigten Patienten liegen.



Abb. 1 ▲ Beispiele visueller Explorationsstörungen infolge unterschiedlicher Erkrankungen. **a** Schematische Darstellung des sakkadischen Suchfeldes im Skotom (links) sowie im intakten Gesichtsfeld (rechts) bei einem Patienten mit linksseitiger, homonymer Hemianopsie vor Therapie (gestrichelte Linie) sowie nach 20 Sitzungen Sakkadentraining (nach Therapie, gestrichelte und gepunktete Linie). **b** Fixationen (schwarze Punkte) und Blickbewegungen (weiße Linien) eines Patienten mit linksseitigem Neglekt: die linke Raumhälfte wird nicht abgesucht, die rechte Raumhälfte dafür um so mehr. (Adapt. nach [36]). **c** Links: okulographisches Suchmuster eines Patienten mit Alzheimer-Demenz. Der Patient sucht lediglich den oberen zentralen Bereich der Vorlage ab, die Peripherie wird nicht exploriert. Rechts: Suchmuster einer älteren gesunden Kontrollperson, die alle informationsträchtigen Segmente (symbolisiert durch die Rechtecke) der Vorlage absucht. (Adapt. nach [9])

plorationsstörungen nach einer Hirnschädigung kommen folgende Faktoren infrage (■ **Abb. 1**):

- homonyme rechts- oder linksseitige Gesichtsfeldausfälle [3],
- Reduktionen des Kontrastsehens, der Sehschärfe und der Hell-Dunkel-Adaptation [3],
- visueller Neglekt [4] und visuelle Extinktion [5] (halbseitige Vernachlässigung einer Raumhälfte),
- Balint-Holmes-Syndrom [6] (auch nach einer zerebralen Hypoxie ohne das Vollbild eines Balint-Holmes-Syndroms können entsprechende Explorationsstörungen auftreten),
- Augenbewegungsstörungen (z. B. Nystagmus, Blickparesen, Folgebewegungen [7, 8]),
- Demenzielle Erkrankungen (z. B. die Alzheimer-Erkrankung [9]) sowie Alterungsprozesse bei gesunden Menschen [10].

Homonyme Gesichtsfeldausfälle

Homonyme Gesichtsfeldausfälle erschweren die visuelle Exploration einer Szene aufgrund des Wegfalls relevanter Gesichtsfeldbereiche (■ **Abb. 1a**), indem sie die *simultane* Erfassung der ganzen Szene unmöglich machen. Dies zwingt den Patienten zum *sequenziellen* Abtasten der Szenerie mittels koordinierter Augen- und Kopfbewegungen, was eine optimale räumlich-zeitliche Integration des Suchvorganges erfordert. Visuelle Explorationsstörungen finden sich bei etwa 50–70% der Patienten mit homonymen Gesichtsfeldausfällen [11, 12], insbesondere

nach Posteriorinfarkten [13]. Sie äußern sich in zu kleinen sakkadischen Suchbewegungen im blinden Halbfeld [11], einer räumlich desorganisierten und räumlich wie zeitlich nicht optimal integrierten Suche, im Auslassen relevanter Reize insbesondere im blinden Halbfeld sowie in einer 3- bis 5fach erhöhten Gesamtsuchzeit. Zeichnet man die Augenbewegungen der Patienten auf, so finden sich darüber hinaus ein vermehrtes Wiederaufsuchen von bereits abgesuchten Raumpositionen, verlängerte Fixationszeiten und ein räumlich desorganisiertes Suchmuster [12].

Einbußen des Kontrastsehens, der Sehschärfe und der Hell-Dunkel-Adaptation

Die visuelle Exploration dient dem Suchen relevanter Objekte im Alltag, damit diese für eine Detailanalyse fovealisiert und anschließend erkannt werden können. Hierfür sind unter anderem eine ausreichende Sehschärfe (>70%) und intakte Kontrastsehleistungen wichtig. Hirnschädigungsbedingte Einbußen der Sehschärfe treten in der Regel nur nach bilateralen oder diffus-disseminierten Hirnläsionen auf und sind bei etwa 5–10% der Patienten zu finden [14]. Einbußen der Kontrastempfindlichkeit sind dagegen bei 75% aller Patienten mit posterioren Hirnläsionen zu finden (temporookzipital, parietookzipital [15]), somit also deutlich häufiger. Beide Defizite erhöhen die Suchzeit bei Explorationsaufgaben, mindern das Arbeitstempo in beruflichen Anwendungen, bewirken eine raschere Ermüdung des Pa-

tienten und verursachen dementsprechende asthenopische Beschwerden (Augendruck, Kopfschmerzen).

Störungen der Hell-Dunkel-Adaptation können [3] – besonders wenn sie kombiniert mit visuellen Explorationsstörungen auftreten – das Absuchen unter für den Patienten ungünstigen Lichtbedingungen zusätzlich erschweren. So wird ein blendempfindlicher Patient mit einer Explorationsstörung infolge einer Hemianopsie bei hellem Licht (z. B. draußen) größere Probleme beim visuellen Suchen aufweisen als bei einer geringeren und für den Patienten angenehmeren Beleuchtung. Umgekehrt wird ein Patient mit gestörter Dunkeladaptation bei einer ungünstigen Beleuchtung (etwa in einem kaum beleuchteten Keller oder in einer Werkstatt) mehr Suchprobleme aufweisen und mehr Zeit benötigen.

Visueller Neglekt und Extinktion

Als Neglekt bezeichnet man eine Störung, bei der Patienten eine Raum- und/oder Körperhälfte infolge eines meist rechtsseitigen Schlaganfalles vernachlässigen, obwohl die Ursache hierfür nicht eine primäre sensorische (z. B. Hemianopsie, Sensibilitätsstörung) oder motorische Störung ist (z. B. Halbseitenlähmung). Beim Neglekt werden sensorische Reize in der der Hirnschädigung gegenüberliegenden Raumhälfte nicht beachtet. Der Neglekt ist häufig nach rechtshemisphärischer Hirnschädigung (30–50% der Patienten, 3 Monate nach der Schädigung), etwas seltener nach linkshemisphärischer Hirn-

schädigung (20–30%) zu finden [16]. Der Neglekt beeinträchtigt alle visuellen Suchleistungen im vernachlässigten (kontraläsionalen) Halbraum, aber auch teilweise im „intakten“ (ipsiläsionalen) Halbraum, sodass die Betroffenen in allen Lebensbereichen beeinträchtigt sind.

Exemplarisch zeigt **Abb. 1b** das okulographische Suchmuster eines Patienten mit linksseitigem Neglekt, der die linke Seite nicht ein einziges Mal, die rechte Seite aber übermäßig häufig exploriert und bereits zuvor angeschaute Orte der Vorlage immer wieder ansieht.

Häufig zeigen Neglektpatienten auch noch Jahre nach der Hirnschädigung eine gestörte Verarbeitung *bilateral* dargebotener Reize (sogenannte Extinktion). Hierbei werden zwar einzeln dargebotene Reize (links bzw. rechts) überwiegend richtig bemerkt, bei *gleichzeitiger* Darbietung je eines Reizes im linken und rechten Halbfeld wird jedoch nur der Reiz auf der ipsiläsionalen Seite berichtet. Auch die Extinktion ist alltagsrelevant: etwa im Straßenverkehr, wo häufig auf beiden Seiten Personen oder Fahrzeuge auftauchen.

Balint-Holmes-Syndrom

Visuelle Explorationsstörungen liegen bei allen Patienten mit diesem Syndrom vor und sind auf die Fixationsstörung, die Simultanagnosie und die gestörten Augenbewegungen zurückzuführen [17]. Beim visuellen Explorieren landet der Blick dieser Patienten eher zufällig irgendwo auf einer Szene; eine planvolle, zielgerichtete und räumlich-systematische Suche ist jedoch meist nicht mehr möglich [17]. Oft beachten die Patienten nur mehr einen kleinen, zentralen Bereich im Gesichtsfeld und ignorieren alle anderen Reize in der Peripherie. Im Rahmen der Simultanagnosie kann es durchaus vorkommen, dass der Patient im Extremfall nur mehr einen einzigen Reiz beachtet. Im Alltag sind die Betroffenen schwer beeinträchtigt und können in der Regel nicht oder nur nach sehr intensiver Therapie selbständig leben oder gar einer beruflichen Tätigkeit nachgehen [18].

Nervenarzt 2009 DOI 10.1007/s00115-009-2811-4
© Springer Medizin Verlag 2009

G. Kerkhoff · C. Marquardt

EYEMOVE. Standardisierte Diagnostik und Therapie visueller Explorationsstörungen

Zusammenfassung

Störungen des visuellen Explorierens durch koordinierte Augen- und Kopfbewegungen gehören mit zu den häufigsten Einbußen bei hirngeschädigten Patienten. Diese können durch homonyme Gesichtsfeldausfälle, beeinträchtigte elementare Sehleistungen (Kontrast, Visus, Fusion, Augenbewegungsstörungen), einen halbseitigen visuellen Neglekt, ein Balint-Holmes-Syndrom oder Demenzen bedingt sind. Ein effizientes visuelles Absuchen der Umwelt ist jedoch nicht nur wichtig für visuelle Aktivitäten, sondern auch unabdingbar für visuomotorische Leistungen wie Greifen, Stehen, Gehen und für die Mobilität und Orientierung im Raum. Trotz dieser Bedeutung gibt es für die differenzierte Diagnostik und Therapie visueller Explorationsstörungen bislang nur wenige standardisierte und hinsichtlich ihrer therapeutischen Wirksamkeit überprüfte Verfahren

im deutschen Sprachraum. Im vorliegenden Beitrag beschreiben wir die wichtigsten Merkmale eines zu diesem Zweck neu entwickelten PC-basierten Verfahrens (EYEMOVE). Nach einer kurzen Darstellung der häufigsten Ursachen visueller Explorationsstörungen wird auf die diagnostischen Möglichkeiten, Normierung und Auswertung sowie die vielfältigen Behandlungsmöglichkeiten des neuen Systems eingegangen. Ausgewählte Ergebnisse aus laufenden Studien belegen die diagnostische Sensitivität und therapeutische Wirksamkeit des neuen Verfahrens, welches somit eine Lücke in der Rehabilitation neurovisueller Störungen schließt.

Schlüsselwörter

Zerebrale Sehstörungen · Hirnschädigung · Visuelle Exploration · Diagnostik · Behandlung

EYEMOVE. Standardized assessment and treatment of visual search disorders

Summary

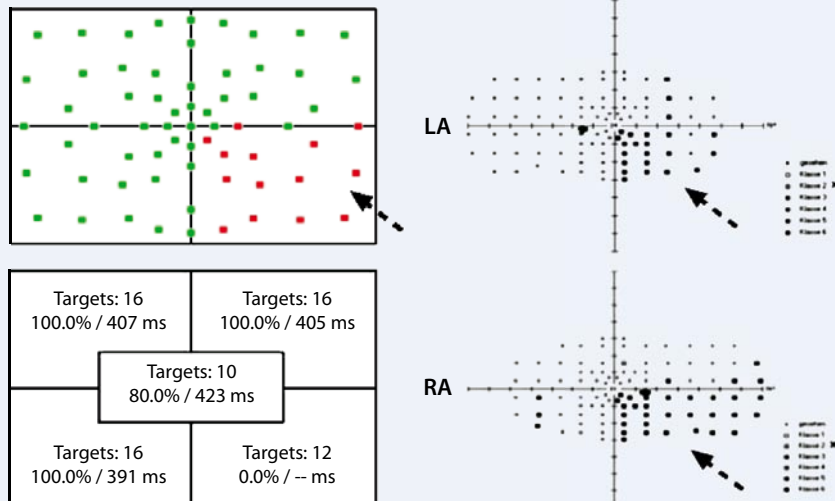
Disorders of visual search by coordinated eye and head movements are frequently encountered in patients with brain damage. Homonymous visual field disorders, impaired elementary visual capacities (e.g. acuity, contrast sensitivity, convergent fusion, oculomotor disorders), visual neglect, Balint-Holmes syndrome or dementia (e.g. Alzheimer's disease) are the most frequent causes of such disorders. Efficient visual search is necessary to select salient stimuli and bring them onto the fovea in order to perform an in-depth analysis. Visual search is not only an indispensable capacity for visual activities in vocational and private life but is also important for many motor and cognitive abilities such as reaching, grasping, standing, spatial perception, route navigation as well as mobility. Despite this importance no

comprehensive system exists for the standardized assessment and treatment of visual search disorders in the German-speaking area. In this article, we describe the basic properties of such a system (EYEMOVE). After a short survey of the main causes of visual search disorders following brain damage, the diagnostic facilities, normative data as well as a variety of treatment techniques of this novel system are described. Selected results from on-going clinical studies highlight the practicability and effectiveness of this novel system which contributes to a better management of visual search disorders in neurovisual rehabilitation.

Keywords

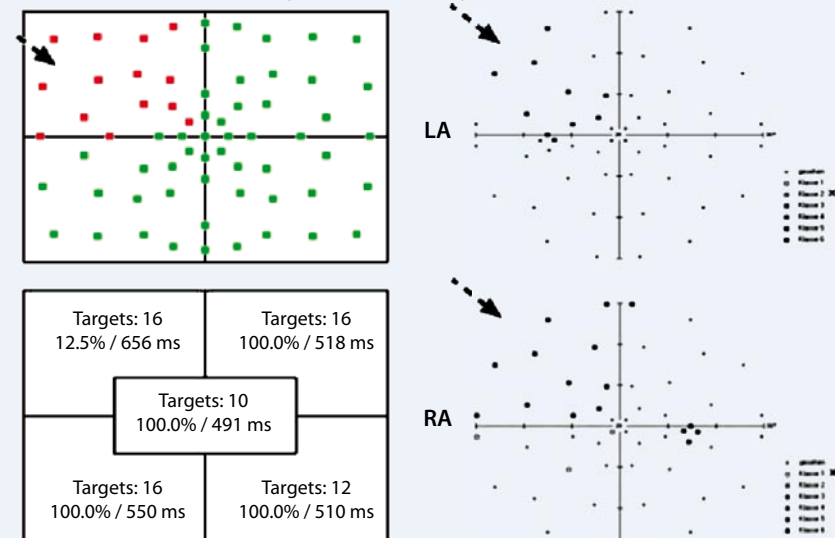
Cerebral vision disorders · Brain damage · Visual search · Assessment · Treatment

Versuch: 1: Gesichtsfeld-Screening, Normuntersuchung 01



a

Versuch: 1: Gesichtsfeld-Screening, Normuntersuchung 01



b

Abb. 2 Ergebnisreport zweier Patienten in der 33°-Kampimetrie in EYEMOVE (linke Seite, binokulare Gesichtsfelder) sowie vergleichend in der Perimetrie am Center-Field-Perimeter (rechte Seite) getrennt für das linke (LA) und rechte Auge (RA; Programm Schwelle, Center-Field-Perimeter Oculus). Alle Untersuchungen fanden in der gleichen Woche zur gleichen Tageszeit mit entsprechender Nahkorrektur statt. **a** 57 Jahre alter Patient mit homonymer Quadrantenanopsie rechts unten nach Posteriorinfarkt vor 6 Monaten. **b** 48 Jahre alter Patient mit linksseitiger Quadrantenanopsie oben nach Posteriorinfarkt vor 15 Jahren. Links ist jeweils das Ergebnis der Gesichtsfelduntersuchung in EYEMOVE dargestellt (grün gesehene Testpunkte, rot nicht gesehene Testpunkte). Links unten: Aufstellung der Reaktionszeiten in der Kampimetrie für die 4 Quadranten sowie für den zentralen Gesichtsfeldbereich. Reaktionszeiten für entdeckte Zielreize im Skotom sind bei beiden Patienten erhöht. Rechts: Gesichtsfeldplots der Perimetrie am Center-Field-Perimeter (Patient 1: als 30°-Gesichtsfeld; Patient 2: als 70°-Gesichtsfeld). Form und Ausdehnung der gemessenen Gesichtsfelder stimmen bei beiden Patienten in beiden Verfahren gut überein. Pfeile markieren den blinden Gesichtsfeldbereich.

Augenbewegungsstörungen

Zentrale Augenbewegungsstörungen treten häufig auf nach Hirnschädigung (ca. 30% [8], insbesondere nach einem Schädel-Hirn-Trauma (50%) [19]). Ein Nystagmus, Blickparesen, Augenmuskelpare-

sen, Fusionsstörungen [20] oder Folgebewegungsstörungen [21] können allesamt die visuelle Exploration behindern. Dies kann zu Auslassungen kritischer Reize führen, in einer verlangsamten Suche resultieren oder aber das Absuchen wichtiger Bereiche im Gesichtsfeld ganz un-

möglich machen, wie etwa bei einer vertikalen Blickparese.

Demenzen und normale Altersprozesse

Im Rahmen von demenziellen Erkrankungen, insbesondere bei der Alzheimer-Demenz, kommt es zu einem pathologischen Explorationsverhalten [9, 22]. Ähnlich wie Patienten mit Balint-Holmes-Syndrom beachten die Betroffenen nur mehr wenige Informationen einer Szene, vorzugsweise im Zentrum der Vorlage. Gleichzeitig lassen sie die gesamte Peripherie unbeachtet, was zu erheblichen Problemen in der Raumorientierung und -navigation [23] und auch im Straßenverkehr führt [24], weil visuelle Reize (auch Bewegungsreize) nicht beachtet oder exploriert werden.

Das Explorationsmuster eines Alzheimer-Patienten und einer gleichaltrigen gesunden Kontrollperson beim Betrachten einer Alltagsszene ist exemplarisch in **Abb. 1c** dargestellt. Während die Kontrollperson ein symmetrisches Explorationsverhalten aller Teile der Vorlage zeigt, betrachtet der Alzheimerpatient lediglich den oberen Sektor der Alltagsszene. In geringerem Ausmaß findet sich eine ähnliche Einengung des Suchfeldes bei gesunden älteren Menschen [10], die tendenziell ebenfalls die Peripherie in ihrer Suche vernachlässigen. Interessanterweise kann dieses Verhalten durch ein entsprechendes Explorations- und Aufmerksamkeitstraining erheblich verbessert werden [10].

Diagnostische Untersuchungen in EYEMOVE

Nach einer detaillierten Anamnese der visuellen Beschwerden (auf die hier aus Platzgründen nicht eingegangen wird [3], kann die Diagnostik basaler und funktionaler visueller Explorationsleistungen mit EYEMOVE erfolgen. Die erhobenen Ergebnisse werden automatisiert ausgewertet und können in Form mehrerer übersichtlicher graphischer Ergebnisreporte ausgedruckt werden (**Abb. 2**, Gesichtsfeldreport).

Die momentan verfügbaren Aufgaben mit ihrer jeweiligen diagnostischen

Tab. 1 Diagnostische Untersuchungen in EYEMOVE				
Testnummer	Test	Aufgabendetails und Zielsetzung	Berechnete Werte	Dauer (min)
1	Gesichtsfeldkampimetrie, 33° pro Halbfeld	Überprüfung des Gesichtsfeldes mit weißem Licht (Skotome?)	Auslassungen (%), Treffer (%) und Reaktionszeiten (ms) für die 4 Quadranten und den Zentralbereich des Gesichtsfeldes	3
2	Sakkadenfarberkennung links/rechts	Erfassung sakkadischer Blickbewegungen ins linke vs. rechte Halbfeld (okulomotorische Kompensation?)	Treffer (%) für beide Halbfelder getrennt für die verschiedenen Exzentrizitäten (10°, 20°, 30°, 40°)	3–4
3	Sakkadisches Suchfeld (Blickfeld)	Erfassung der sakkadischen Suchgeschwindigkeit im gesamten Gesichtsfeld (okulomotorische Kompensation?)	Reaktionszeiten für die entdeckten Zielreize in den 4 Quadranten (ms)	2–3
4	Visuelle Extinktion	Überprüfung der Verarbeitungsleistung einseitig vs. beidseitig-simultan dargebotener Reize (Restneglekt?)	Treffer (%), Auslassungen (%) sowie Nichtidentifikationen (%) für einseitig vs. beidseitig präsentierte Reize (Extinktion in % links vs. rechts)	7
5	Personen-Scanning	Rasche Erfassung einer Szene im Alltag (Scanning?)	Richtige Items (%); Zählfehler absolut	4
6	Instrumenten-Scanning	Rascher Vergleich von einem Detail mit einer Gesamtszene (Scanning?)	Treffer (%) und Fehler (%) pro Quadrant	4
7	Preisvergleich	Rascher Vergleich von Zahlenangaben im linken und rechten Halbfeld (Scanning rechts/links?)	Treffer (%), Fehler (%) und Nichtidentifizierte Items (%)	3
8	Objekt-Memory	Erfassung des Ortsgedächtnisses für explorierte Alltagsobjekte im gesamten Gesichtsfeld (Positionsgedächtnis?)	Abweichungen der reproduzierten Objektpositionen (in der Horizontalen und Vertikalen) von der Originalposition (mm)	5

Fett: Zielsetzung des jeweiligen Tests

Zielsetzung und den berechneten Kennwerten sind in **Tab. 1** aufgelistet. Alle Aufgaben wurden normiert (s. unten, Normierung). Die Einzelaufgaben gliedern sich in einen basalen und einen funktionalen Bereich. Die *basalen* Aufgaben umfassen das Gesichtsfeld, das sakkadische Suchfeld, die sakkadische Exploration und die visuelle Extinktion. Die *funktionalen* Aufgaben (synonym: Alltagsaufgaben) umfassen die Aufgaben Instrumentenvergleich, Preisvergleich, Personenzählen und Objektpositionsgedächtnis. Bei der Konstruktion der Aufgaben war uns sowohl die Untersuchung basaler sensorischer Prozesse oder Suchleistungen im Gesichtsfeld wichtig (Tempo, Fehler, zeitkritische Darbietung) – ohne die Notwendigkeit aufwendiger Methoden zur Blickregistrierung und Auswertung – als auch die Erfassung alltags- und berufsrelevanter visueller Suchleistungen (wie etwa das Personenzählen oder den Instrumentenvergleich). Insbesondere die Erfassung und Behandlung wichtiger Alltagsfähigkeiten gewinnt in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung in der Neurorehabilitation, daher war uns die Entwicklung alltagsnaher visueller Suchaufgaben

wichtig. Im Weiteren werden die Aufgaben kurz beschrieben (**Tab. 1**).

Aufgabenübersicht

Allgemeine Durchführungshinweise

Für die gesamte Untersuchung sollte eine Kopfstütze verwendet werden. Einmalig sollte eine Kalibrierungsprozedur im Programm durchgeführt werden, diese gewährleistet die Präsentation der Reize in der normierten Größe, Helligkeit und dem gleichen Bildschirmkontrast wie in den Normierungsuntersuchungen. Alle Aufgaben sollten mit der entsprechenden Nahkorrektur des Patienten (falls notwendig) durchgeführt werden. Alle Aufgaben werden anhand schriftlicher, am Bildschirm dargebotener Instruktionen und anschließender Übungsdurchgänge so lange erklärt und geübt, bis die Aufgabe dem Patienten klar ist. Alle Tests können einzeln oder in beliebigen Kombinationen durchgeführt werden. Die Ergebnisse werden in numerischer und graphischer Form gespeichert und können ausgedruckt oder exportiert werden (s. unten).

Gesichtsfeld-Screening (1). Der Patient fixiert einen mittigen Fixpunkt. Zufällig erscheint dann nach variablem Intervall ein kleines, weißes Target (0,5°) an einer beliebigen Bildschirmposition. Bei mittigem Fixpunkt werden dabei Winkel bis zu 35° pro Halbfeld abgetestet. Der Patient soll immer den Fixpunkt ansehen und die Leertaste drücken, wenn er ein Target gesehen hat (weißer Testpunkt) oder wenn der Fixpunkt seine Farbe verändert hat. Letzteres sind Kontroll-Trials („catch-trials“), die zur Überprüfung der Fixationsgüte dienen. Hat der Patient nicht korrekt fixiert, bemerkt er die zentralen Farbwechsel nicht, was im Ergebnisausdruck blau markiert wird.

Sakkaden links/rechts (2). Der Patient schaut einen peripheren Fixpunkt an, der am rechten oder linken Bildschirmrand gezeigt wird. Gleichzeitig mit einem Ton erscheint nun ein farbiges, rundes Target (0,5°) entlang der linken oder rechten Horizontalachse für 500 ms in verschiedenen Positionen (10°, 20°, 30°-Exzentrizität). Der Patient muss verbal die Farbe des Targets benennen. Dies wird vom Untersucher dann eingegeben.

Sakkadisches Suchfeld (3). Der Patient schaut einen mittigen Fixpunkt an. Nach einem variablen Intervall von 2–3,5 s erscheint ohne ein akustisches Signal ein weißes, rundes Target ($0,5^\circ$) irgendwo am Bildschirm. Der Patient soll dieses Target finden und so rasch wie möglich die Leertaste drücken, wenn er es gefunden hat. Die Leertaste misst die Reaktionszeit.

Extinktionstest (4). Der Patient fixiert einen zentralen Fixpunkt. Wenn dieser verschwindet, erscheinen gleichzeitig zwei Fotos von Alltagsobjekten für 750 ms (Größe: $4 \times 4^\circ$, z. B. Apfel, Orange). Der Patient soll beide Objekte benennen. Es wechseln sich bilaterale Darbietungen (zwei Objekte werden gezeigt) mit unilateralen Darbietungen links/rechts zufällig ab (nur ein Objekt erscheint). Vor der eigentlichen Testung werden dem Patienten alle Objekte auf einer Vorlage gezeigt, um eine eventuelle visuelle Erkennungsstörung (Agnosie) oder Benennprobleme für die Gegenstände auszuschließen.

Personen-Scanning-Test (5). Der Patient fixiert einen mittigen Fixpunkt. Wenn dieser verschwindet, erscheint ein Bild, das den vollen Bildschirm ausfüllt. Der Patient soll nun schnellstmöglich zählen, wie viele Gegenstände oder Personen auf dem Bild sind. Sobald er das weiß, drückt er schnell die Leertaste, die die Zeit misst. Danach trägt der Untersucher die entsprechende Zahl am Bildschirm ein. Die Darbietungszeit der Bilder variiert zwischen 2 bis 5 s in Abhängigkeit von der Anzahl der abgebildeten Personen.

Instrumentenvergleich (6). Der Patient fixiert einen mittigen Fixpunkt. Dann erscheint in der Mitte für 3 s ein Bild, das eine bestimmte Instrumentenstellung zeigt (z. B. Schalter auf Stellung 3). Gleichzeitig erscheinen in den vier Quadranten 4 ähnliche Bilder, von denen jedoch nur eines genau die gleiche Instrumentenstellung zeigt. Der Patient soll nun angeben, welches Bild in den Quadranten die gleiche Information anzeigt wie das mittige Bild. Die Antwort wird vom Versuchsleiter eingegeben.

Preisvergleichstest (7). Der Patient fixiert einen mittigen Fixpunkt. Dann er-

scheinen links und rechts zwei Bilder (Größe: $3 \times 3^\circ$) für 750 ms. Der Patient soll angeben, ob die beiden Bilder die gleichen Preise angeben oder nicht. Die Antwort wird vom Versuchsleiter eingegeben.

Objekt-Memory (8). Ein großes Bild erscheint ($15 \times 15^\circ$), das der Patient eine bestimmte Zeit (20 s) betrachten soll. Nach Verschwinden des Bildes werden dem Patienten einzelne Ausschnitte des Gesamtbildes gezeigt (z. B. ein Teefilter). Er soll nun angeben, wo auf dem Bildschirm das Objekt positioniert war. Hierzu soll der Patient auf den Bildschirm zeigen, der Therapeut schiebt dann das Teilbild auf die gezeigte Position am Bildschirm.

Einzel- oder Mehrfachtests

Alle hier beschriebenen Untertests können einzeln, aber auch in thematisch gebündelten Untersuchungen („Makro- oder Mehrfachtests“) durchgeführt werden. Die erhobenen Daten werden mit den vorhandenen Normwerten (s. unten) gesunder Kontrollpersonen automatisch durch das Programm verglichen. Das Ergebnis dieses Vergleichs wird in einem von EYEMOVE erzeugten Ergebnisausdruck dargestellt, der der Patientenakte beigelegt werden kann.

Normierung und Auswertung

Die zuvor dargestellten Standarduntersuchungen wurden alle an einer Stichprobe von 60 gesunden Kontrollpersonen (30 männlich, 30 weiblich, mindestens 80% Fernvisus korrigiert, Altersbereich: 22–75 Jahre) normiert. Da zeitabhängige Suchleistungen sowie das Gesichtsfeld altersbedingt nachlassen, wurden getrennte Normwerte jeweils für die Altersbereiche 20–40 Jahre, 41–60 Jahre, und >60–75 Jahre von jeweils 20 gesunden Kontrollprobanden (je 10 männlich/weiblich) pro Altersgruppe erhoben (Details hierzu in [2]). Die Cut-off-Werte sind so konservativ berechnet worden, dass eine Leistung erst dann als pathologisch eingestuft wird, wenn sie schlechter als 95% der jeweiligen Altersreferenzgruppe ist. Da das Geschlecht in den Normierungen keinen signifikanten Einfluss hatte, wurde es in den Cut-off-Werten auch nicht berücksichtigt. Weitere Untersu-

chungen mit größeren Stichproben und anderen Altersgruppen (inkl. Kindern und Jugendlichen) sind derzeit in Arbeit.

Tabellarische und graphische Ergebnisreporte (■ **Abb. 2a,b** jeweils links unten) fassen die erhobenen Ergebnisse übersichtlich zusammen und setzen sie in Beziehung zu den jeweiligen Normwerten.

Ergebnisse aus laufenden Diagnostikstudien – Gesichtsfeldkampimetrie

In einer derzeit laufenden Studie vergleichen wir die Ergebnisse der Gesichtsfeldkampimetrie in EYEMOVE mit den perimetrischen Ergebnissen am Center-Field-Perimeter bei Patienten mit unterschiedlichen homonymen Gesichtsfeldausfällen.

■ **Abb. 2** zeigt einen typischen Gesichtsfeldreport eines 57 Jahre alten Patienten mit einer homonymen Quadrantenanopsie rechts unten sowie eines 43 Jahre alten Patienten mit einer homonymen Quadrantenanopsie links oben. In beiden Fällen war ein Posteriorinfarkt jeweils in der gegenüberliegenden Hemisphäre die Ursache (Zeit seit der Erkrankung: 6 Monate im 1. Fall und 15 Jahre im 2. Fall). Dargestellt ist in der Abbildung jeweils das Ergebnis Kampimetrie in EYEMOVE (linke Seite) und der quantitativen Perimetrie am Center-Field-Perimeter (Fa. Oculus, Wetzlar; rechte Seite der Abbildung). In beiden Fällen zeigte sich eine gute Übereinstimmung des gemessenen Gesichtsfeldausfalls zwischen den beiden Verfahren.

Wenngleich die quantitative Perimetrie an einem standardisierten Perimeter (wie etwa dem Center-Field-Perimeter) ohne Frage die beste Möglichkeit zur Gesichtsfeldprüfung darstellt, ist sie in vielen Kliniken oder Praxen nicht verfügbar und es erfolgt daher oft gar keine Untersuchung des Gesichtsfeldes. Hier bietet sich als erstes Screening die Gesichtsfeldkampimetrie mit Eyemove an, die neben dem Ausfall (rot sowie durch Pfeile in ■ **Abb. 2** markiert) auch die verzögerte Entdeckung von Zielreizen in bestimmten Gesichtsfeldbereichen durch die Ausgabe von Reaktionszeiten für die 4 Quadranten sowie für den wichtigen zentralen Gesichtsfeldbereich automatisch mitlie-

fert (■ Abb. 2). Diese Information wird durch die meisten Perimeter nicht miterfasst.

Therapie mit EYEMOVE

Therapietechniken

In EYEMOVE sind zahlreiche etablierte, aber auch innovative Therapietechniken für die spezifische Therapie verschiedener Patientengruppen implementiert (■ Abb. 3). Sie werden in den weiter unten beschriebenen „Therapiepaketen“ detailliert dargestellt.

Vorgefertigte Übungspakete für die Therapie

EYEMOVE enthält derzeit vier umfangreiche, vorgefertigte Therapiepakete mit sukzessive nach Schwierigkeit gestaffelten Übungen, die für jeweils 25 bis 35 Therapiesitzungen ausreichend sind (Aufgabenstruktur, ■ Tab. 2). Weitere vier Therapiepakete für Patienten mit homonymen Quadrantenanopsien (links, rechts, oben, unten) sind in Bearbeitung. Die Übungspakete basieren weitestgehend, aber nicht ausschließlich auf den in ■ Abb. 3 dargestellten Therapietechniken und variieren diese mit immer neuem, hierarchisch aufgebautem Stimulusmaterial.

- **Gesichtsfeldausfall rechts** für Patienten mit rechtsseitigen, homonymen Gesichtsfeldausfällen und Explorationsstörungen (Hemianopsie, Hemiambyopie, Quadrantenanopsie, Parazentralskotom),
- **Gesichtsfeldausfall links** für Patienten mit Explorationsstörungen infolge linksseitiger, homonymer Gesichtsfeldausfälle (Hemianopsie, Hemiambyopie, Quadrantenanopsie, Parazentralskotom),
- **visueller Neglekt links** für Patienten mit visuellen Explorationsstörungen oder Extinktion im Rahmen eines linksseitigen Neglekts (mit oder ohne begleitenden Gesichtsfeldausfall),
- **visueller Neglekt rechts** für Patienten mit visuellen Explorationsstörungen oder Extinktion im Rahmen eines rechtsseitigen Neglekts (mit oder ohne begleitenden Gesichtsfeldausfall).

Tab. 2 Aufgabensammlungen^a

Übung	Items	Neglekt	Hemianopsie
Nur Optokinetik links/rechts sehr langsam	2 min	X	
Nur Optokinetik links/rechts langsam	2 min	X	
Nur Optokinetik links/rechts mittel	2 min	X	
Nur Optokinetik links/rechts groß schnell	2 min	X	
Nur Optokinetik links/rechts klein schnell	2 min	X	
Sakkaden links/rechts einfach	20 Objekte	X	X
Sakkaden links/rechts mittel	20 Objekte	X	X
Sakkaden links/rechts schnell	20 Objekte	X	X
Sakkaden links/rechts einfach – Optokinetik	20 Objekte	X	X
Sakkaden links/rechts mittel – Optokinetik	20 Objekte	X	X
Sakkaden links/rechts schnell – Optokinetik	20 Objekte	X	X
Flickerreiz im Halbfeld schnell	60 Objekte	X	X
Flickerreiz im Halbfeld langsam	60 Objekte	X	X
Exploration Sterne	30 Bilder	X	X
Exploration auffällige Symbole	30 Bilder	X	X
Exploration Vergleiche	30 Bilder	X	X
Personen-Scanning 1	35 Bilder	X	X
Personen-Scanning 2	35 Bilder	X	X
Extinktion links/rechts	40 Symbole		X
Extinktion links/rechts Vergleich	40 Paare		X

^a In den 4 Therapiepaketen enthalten.

Angaben jeweils für links- und rechtsseitige Gesichtsfeldausfälle bzw. links- und rechtsseitigen Neglekt. Insgesamt enthält jedes Therapiepaket 480 Bildpräsentationen sowie zusätzlich die Optokinetikstimulation. Die zeitliche Abfolge der Übungen sollte der Reihenfolge der implementierten Übungen im Programm (in der Tabelle von oben nach unten) folgen.

Behandlung von Patienten mit homonymen Gesichtsfeldausfällen (rechts, links)

Dieses Behandlungspaket enthält 18 im Schwierigkeitsgrad abgestufte Aufgaben, die das Ziel verfolgen, die hypometrischen und verlangsamten Sakkaden zum Skotom dieser Patientengruppe zu steigern, die visuelle Exploration im ganzen Gesichtsfeldbereich zu verbessern und das Zeigen auf visuell dargebotene Reize insbesondere im Skotombereich zu trainieren.

In den ersten Behandlungssitzungen geht es zunächst darum, dass der Patient rasch auf einen Ton hin eine Sakkade zu einem zunächst vorhersagbar entlang der Horizontalachse (im blinden Halbfeld) erscheinenden Blickziel ausführt (■ Abb. 3, oben links). In späteren Aufgaben werden die Darbietungszeiten der Zielreize reduziert sowie ihre Exzentrizität in der Peripherie erhöht, sodass die Anforderungen an den Patienten kontinuierlich gesteigert werden, um dem Therapiefortschritt des Patienten Rechnung zu tragen. Parallel hierzu wird auch die Vorhersagbarkeit

des Zielreizes zunehmend geringer: Wird er anfangs immer entlang der Horizontalachse präsentiert, so wird er bei späteren Übungen im ganzen Halbfeld als Flickerreiz präsentiert, der die Aufmerksamkeit auch in blinden Gesichtsfeldregionen auf sich zieht (■ Abb. 3, Mitte rechts). Hier hat es sich bewährt, nicht nur die *okulomotorischen* Leistungen zu trainieren (also Hinschauen!), sondern auch die *visuomotorischen* Leistungen des Zeigens zu Zielreizen im Skotom (also Draufzeigen!), da häufig beides beeinträchtigt ist. Sowohl die Geschwindigkeit als auch die Lokalisationsgenauigkeit beim Zeigen sollten sich verbessern; dies sollte dann mit den oben beschriebenen Sakkadentests kontrolliert werden.

Nach der Verbesserung der Sakkadenbewegungen zum Skotom hin wird in späteren Therapiesitzungen die visuelle Exploration im *gesamten Gesichtsfeld* behandelt (■ Abb. 3, untere 4 Teilbilder). Hier geht es um die Vermittlung systematischer Suchstrategien im gesamten Gesichtsfeld, also nicht nur im Skotom oder vernachlässigten Halbraum, sondern auch im in-

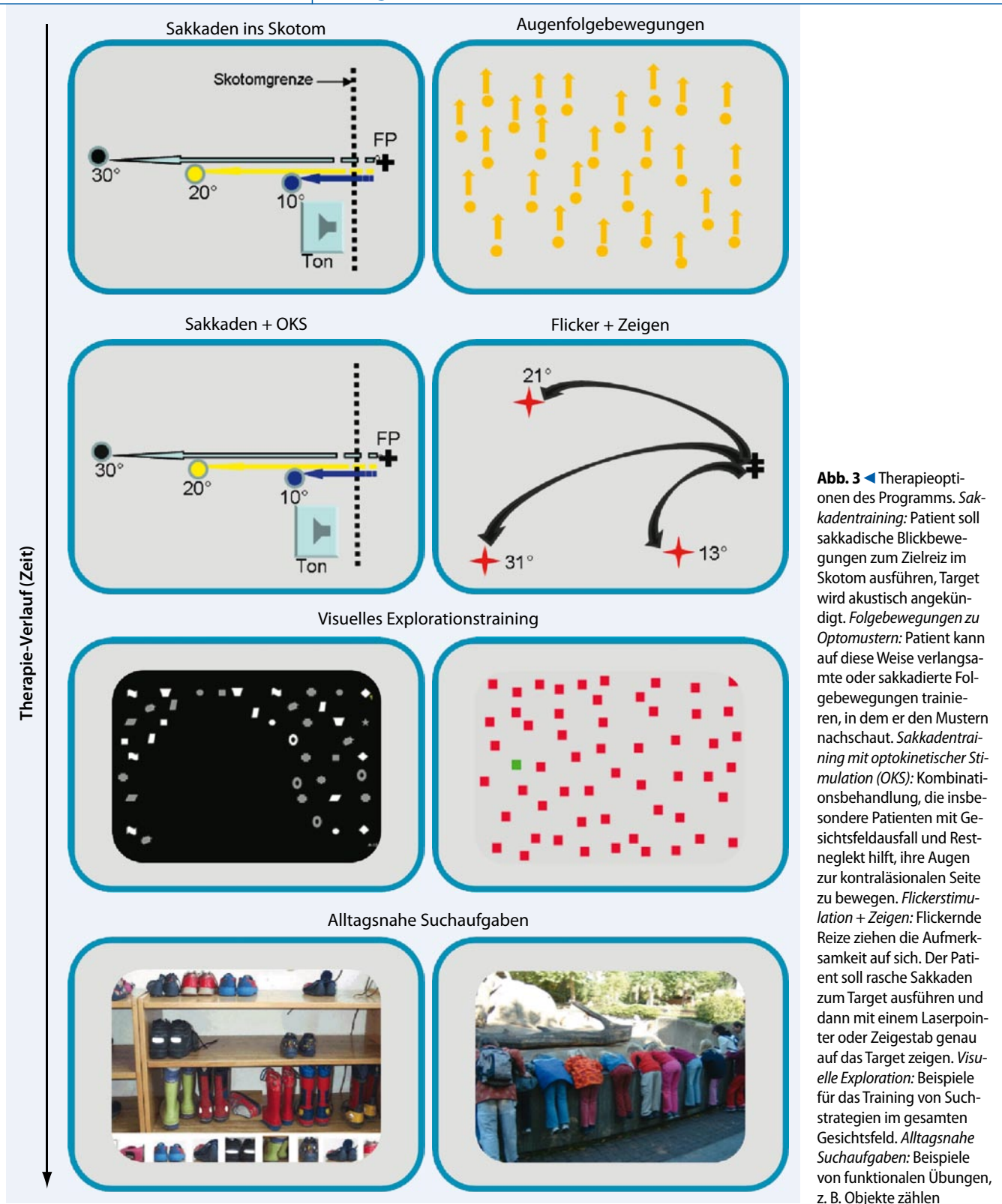


Abb. 3 ▶ Therapieoptionen des Programms. *Sakkadentraining*: Patient soll sakkadische Blickbewegungen zum Zielreiz im Skotom ausführen, Target wird akustisch angekündigt. *Folgebewegungen zu Optomustern*: Patient kann auf diese Weise verlangsamte oder sakkadierte Folgebewegungen trainieren, in dem er den Mustern nachschaut. *Sakkadentraining mit optokinetischer Stimulation (OKS)*: Kombinationsbehandlung, die insbesondere Patienten mit Gesichtsfeldausfall und Restneglekt hilft, ihre Augen zur kontraläsionalen Seite zu bewegen. *Flickerstimulation + Zeigen*: Flickernde Reize ziehen die Aufmerksamkeit auf sich. Der Patient soll rasche Sakkaden zum Target ausführen und dann mit einem Laserpointer oder Zeigestab genau auf das Target zeigen. *Visuelle Exploration*: Beispiele für das Training von Suchstrategien im gesamten Gesichtsfeld. *Alltagsnahe Suchaufgaben*: Beispiele von funktionalen Übungen, z. B. Objekte zählen

takten Halbfeld. Studien zeigen, dass die visuelle Suche auch im „intakten“ Gesichtsfeld hemianopischer Patienten keineswegs normal ist [25, 26] und ähnliches gilt für Neglektpatienten in noch größerem Ausmaß. Dieses Defizit lässt sich je-

doch bei beiden Patientengruppen durch entsprechende Therapie deutlich verbessern [25, 27]).

Behandlung von Patienten mit links- bzw. rechtsseitigem visuellem Neglekt

Neglektpatienten leiden unter einem halbseitigen, räumlichen Aufmerksamkeitsdefizit, das sowohl die kontraläsionale

Raumhälfte [28] als auch Körperhälfte betreffen kann. In der Anfangsphase der Krankheit ist das Sakkadentraining bei diesen Patienten zwar wirksam, aber aufwendig und mühsam in der Durchführung, da der Patient häufig instruiert werden muss „bewusst“ zu kooperieren [29]. Da letzteres aber aufgrund der fehlenden Krankheitseinsicht („unawareness“) zu diesem Zeitpunkt noch schwierig ist, bieten sich sogenannte „Bottom-up-Stimulationsverfahren“ an, die durch die Modulation bestimmter sensorischer Kanäle (z. B. visuelle Bewegung, taktile Stimulation, mechanische Stimulation am Nacken oder galvanisch-vestibuläre Stimulation) die Aufmerksamkeit und Raumorientierung des Patienten beeinflussen können [30]. Ein solches, nachweislich wirksames Verfahren ist die sogenannte optokinetische Stimulation (kurz: OKS [27, 31]), bei der der Patient auf eine große Fläche mit homogen sich in Richtung der vernachlässigten Raumhälfte bewegendem Optomustern schaut. Dies löst Folgebewegungen zur vernachlässigten Seite aus und führt zu einer verbesserten Exploration auf dieser Seite. Diese Therapie-technik wurde in verschiedenen Schwierigkeits- und Geschwindigkeitsgraden in die ersten 5 Übungen dieses Therapiepakets eingebaut. Zu einem späteren Zeitpunkt kann dann das Sakkadentraining – auch in Kombination mit Optokinetik am Hindergrund des Bildschirms (■ Abb. 3, links) – durchgeführt werden.

Die anschließenden beiden Übungen mit Flickerreizen wurden eingebaut, da bewegte Reize von Neglektpatienten oft besser als statische Reize entdeckt werden können. Hier ist es Aufgabe des Patienten, den flickernden Reiz zu entdecken und mittels Laserpointer bzw. Zeigestab (an der Projektionswand) oder mit dem Finger (am Bildschirm) zu lokalisieren. Hierbei zeigen auch die Neglektpatienten ähnlich wie die Patienten mit Gesichtsfeldausfällen häufig seitlich oder in der Höhe vorbei, was auf Verschiebungen ihrer subjektiven Geradeausrichtung oder eine optische Ataxie zurückgeht. Diese Störungen sind alltagsrelevant: etwa beim Tippen auf einer Tastatur, beim Drücken eines Knopfes oder beim Greifen nach einem Geländer.

Die Darbietung der Reize sowie der Stimulusbewegung erfolgt in den beiden Therapiepaketen für Patienten mit links- vs. rechtsseitigem Neglekt immer in Richtung des vernachlässigten Halbfeldes (also nach rechts bei rechtsseitigem Neglekt und nach links bei linksseitigem Neglekt).

Weitere Therapietechniken

Störungen von Folgebewegungen sind eine häufige, wenn auch bislang in der Therapie fast unbeachtete Störung nach erworbener Hirnschädigung [8]. Klinische Beobachtungen zur Rückbildung der Folgebewegungsstörung als auch empirische Beobachtungen [21] deuten an, dass diese insbesondere für die Stabilisierung des Netzhautbildes und somit für die Wahrnehmung dynamischer visueller Szenen wichtige Leistung möglicherweise wirkungsvoll therapiert werden kann.

■ Abb. 3 (rechte Seite oben) zeigt exemplarisch, wie man in EYEMOVE die OKS-Technik zum Training von Folgebewegungen in die 8 wichtigsten Raumrichtungen verwenden kann. Bewegungsrichtung, Geschwindigkeit, Anzahl und Art der Reize lassen sich einfach in EYEMOVE hierzu ändern und etwa bei Patienten mit gestörten Folgebewegungen einsetzen. Möglicherweise ist diese Technik auch dazu geeignet, Patienten mit Blickparesen über die Technik der OKS eine bessere Exploration des Blickfeldbereichs zu ermöglichen, den sie okulomotorisch durch Sakkaden nicht ausreichend explorieren können.

Technische Anforderungen

EYEMOVE benötigt lediglich konventionelle Anforderungen an einen PC und kann einfach installiert werden: Pentium-1000-Prozessor, Windows 98/NT/K2/XP, 512 KB RAM, 17" Monitor (optional auch 15"-Notebook) und Drucker für den graphischen Ausdruck.

Ergebnisse aus Therapiestudien

Therapie bei Patienten mit homonymen Gesichtsfeldausfällen

Wir haben die Technik des Sakkadentrainings und anschließenden visuellen Ex-

plorationstrainings in den vergangenen 20 Jahren bei mehreren hundert Patienten mit homonymen Gesichtsfeldausfällen erfolgreich durchgeführt und hinsichtlich der Wirksamkeit bei 165 Patienten empirisch evaluiert. ■ Abb. 4a zeigt exemplarisch, wie sich die Erweiterung des sakkadischen Suchfeldes um 20° im Alltag beim Absuchen einer Alltagsszene (hier: Fahrradständer) auswirkt. Es kommt durch die Therapie zur Erweiterung des sakkadischen Suchfeldes im blinden Gesichtsfeldbereich (rot markiert in ■ Abb. 4a) im Sinne einer ökonomischeren und schnelleren Suche mit weniger Auslassungen. ■ Abb. 4b zeigt die empirischen Ergebnisse des Sakkadentrainings bei 165 Patienten mit linksseitigen bzw. rechtsseitigen Gesichtsfeldausfällen. Nach durchschnittlich 22 Therapiesitzungen erweiterte sich das sakkadische Suchfeld im Skotom um ca. 20°, ohne dass dies zu Lasten der Suche im intakten Halbfeld ging (Daten adaptiert nach [25, 32]). ■ Abb. 4c zeigt, dass diese Verbesserung nur im Rahmen des eigentlichen Sakkadentrainings erzielt wird, nicht jedoch während einer Phase ohne Behandlung (wie Baseline oder Follow-up-Zeitraum; Daten aus [25]). ■ Abb. 4d zeigt schließlich, dass diese okulomotorischen Verbesserungen zu einer Abnahme der subjektiv erlebten visuellen Beschwerden bei 22 behandelten Patienten mit links- oder rechtsseitiger Hemianopsie führte [25], also in den Alltag transferierten.

Die Wirksamkeit dieser Behandlungsstrategien (Sakkadentraining und visuelles Explorationstraining) wurde inzwischen in mehreren internationalen, unabhängigen Therapiestudien mit ähnlichen oder adaptierten Techniken zur Verbesserung der sakkadischen Exploration voll bestätigt [33, 34]. Sie können somit als empirisch gesicherte Standardbehandlung für Patienten mit visuellen Explorationsstörungen bei homonymen Gesichtsfeldausfällen gelten.

Therapie des multimodalen Neglekts

Die zweite Gruppe von laufenden oder teilweise abgeschlossenen Therapiestudien aus unserer Arbeitsgruppe befasst sich mit der Wirksamkeit der OKS-The-

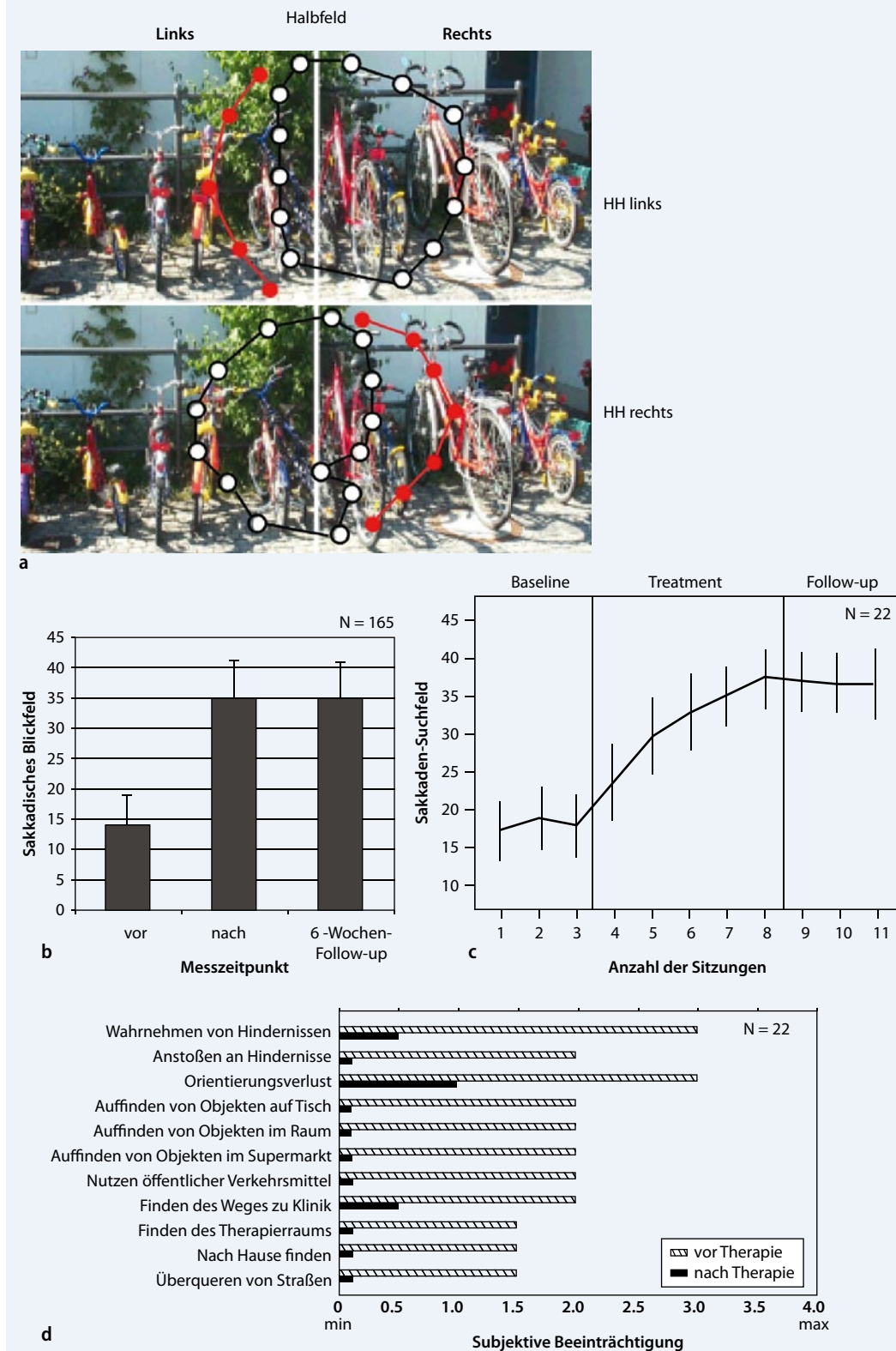


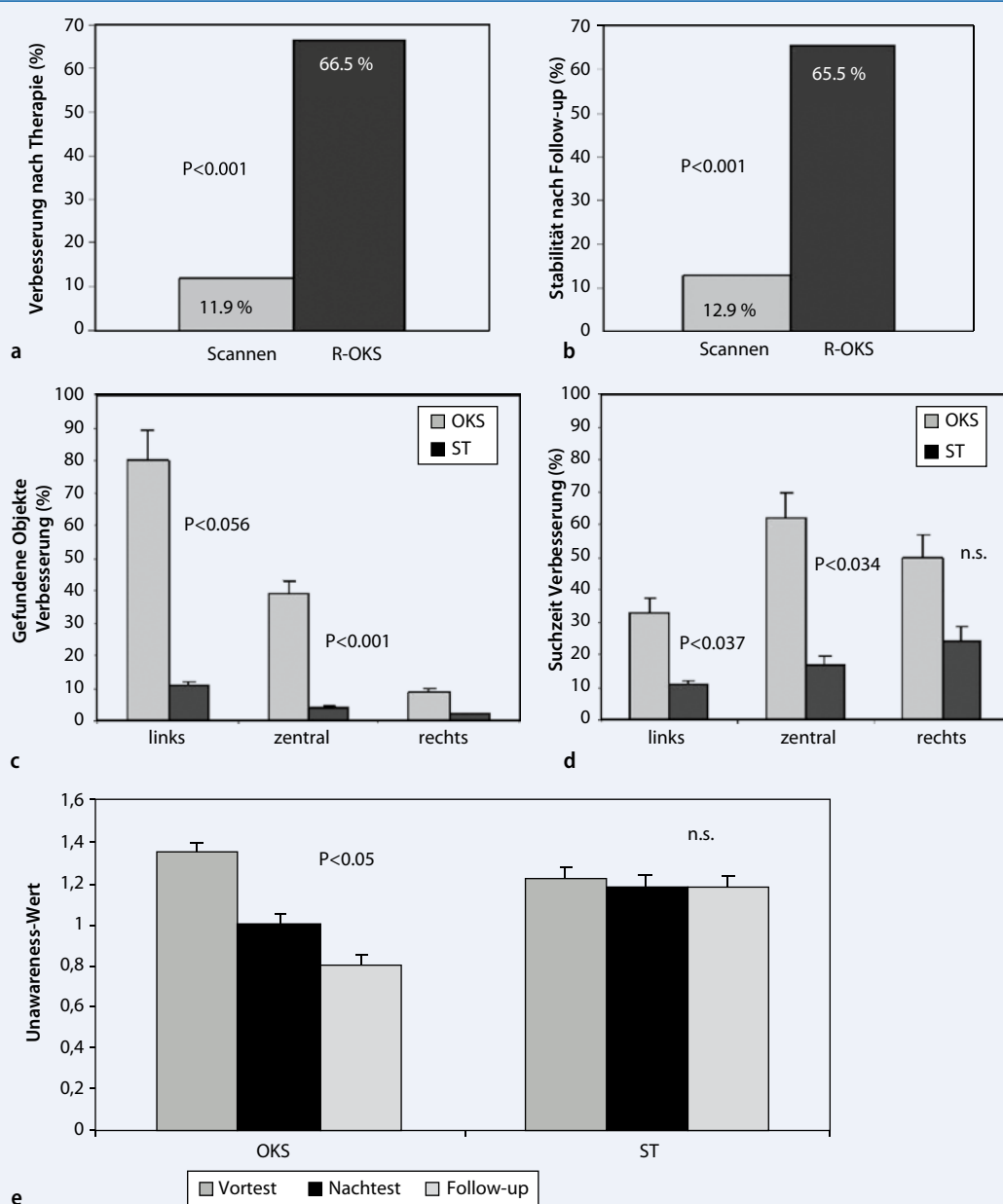
Abb. 4 ◀ Wirksamkeit der verschiedenen Therapieoptionen von EYEMOVE. **a** Zu kleines sakkadisches Suchfeld bei homonymer Hemianopsie (HH) links (oben) sowie rechts (darunter), jeweils im linken und rechten Halbfeld. Rot Ausdehnung vor Therapie im blinden Bereich. Weiße Kreise und schwarze Linien Erweiterung des Suchfeldes nach Therapie auf der blinden Seite und im intakten Halbfeld. **b** Wirksamkeit des Sakkadentrainings an 165 Patienten mit homonymen Gesichtsfeldausfällen (ohne Neglekt) vor Behandlung, nach 4-wöchiger Behandlung sowie bei einer Follow-up-Untersuchung 3 Monate nach Behandlung (Mittelwerte und Standardmessfehler). Es zeigt sich eine signifikante Erweiterung des sakkadischen Suchfeldes um durchschnittlich 20° durch die Therapie, die auch beim Follow-up stabil bleibt. **c** Darstellung des sakkadischen Suchfeldes im Skotom im Rahmen eines Baseline-Designs bei 22 hemianopischen Patienten. Auch hier zeigt sich eine ähnliche Erweiterung des Suchfeldes um etwa 20° während der Therapie, die beim Follow-up stabil bleibt. Diese Verbesserungen der okulomotorischen Kompensation gehen mit einer Reduktion der subjektiv beklagten visuellen Beschwerden im Alltag einher (**d**). Daten aus **b** und **c** adaptiert nach [25, 32]

rapie bei Neglektpatienten. ■ **Abb. 5a** fasst die mittlere Verbesserung über 5 visuelle Neglekttests bei 2 Patientengruppen mit vergleichbar ausgeprägtem linksseitigem visuellem Neglekt zusammen. Die eine Gruppe erhielt 5 Sitzungen linksge-

richtete OKS-Therapie (also Bewegung der Reize zur vernachlässigten Seite), die andere Gruppe erhielt 5 Sitzungen konventionelles Neglekttraining ohne OKS mit dem gleichen Stimulusmaterial, das aber unbewegt am Bildschirm dargebo-

ten wurde. Es zeigte sich eine Verbesserung um ca. 65% in der OKS-Gruppe nach Therapie, jedoch nur um etwa 12–13% in der Standardtherapiegruppe (■ **Abb. 5a, b**). Diese Ergebnisse blieben auch stabil beim zweiwöchentlichen Follow-up.

Abb. 5 ▶ Wirksamkeit der optokinetischen Therapieoptionen in EYEMOVE für die Behandlung des multimodalen Neglekts. **a, b** Verbesserung (% Leistung über 5 Neglekttests hinweg) nach 5 Sitzungen repetitiver OKS-Therapie (R-OKS) verglichen mit 5 Sitzungen konventionellem Explorationstraining (Scannen) bei insgesamt 10 Patienten mit linksseitigem visuellem Neglekt (5 Patienten/Gruppe). (Adapt. nach [27]). **c, d** Effekt der linksgerichteten OKS-Therapie (OKS) bei akuten Neglektpatienten (Zeit seit Schädigung: 10 Wochen) in der Frührehabilitation in einer alltagsnahen Suchaufgabe nach Objekten auf einem Tisch. (Unveröffentl. Daten von Bucher, Keller, Kerkhoff). **e** Wirkung von 20 Sitzungen OKS-Therapie verglichen mit 20 Sitzungen konventionellem Explorationstraining (ST) auf die mangelnde Krankheitseinsicht („unawareness“) bei 22 Neglektpatienten (11 Patienten/Gruppe). (Unveröffentl. Daten von Bucher, Keller, Kerkhoff). *p*-Werte geben die Ergebnisse der zweiseitigen Signifikanzprüfungen mittels nichtparametrischer Tests bei einem α -Fehler von 0,05 an (Mann-Whitney-U-Tests); *n.s.* nicht signifikant bei $p < 0,05$. OKS optokinetische Stimulation, ST Standardtraining



Sie belegen die größere Wirksamkeit der OKS-Therapie zur Neglektbehandlung als das lange verwendete, konventionelle Explorationstraining.

Auch in der Behandlung *akuter* Neglektpatienten kann die OKS-Therapie im Rahmen der Frührehabilitation die Rückbildung des Neglekts erheblich beschleunigt (**Abb. 5c, d**). Hier dargestellt sind die Leistungen beim Absuchen eines 0,3×1,0 m breiten Tisches mit Alltagsgegenständen darauf (z. B. Anspitzer, Stift, Schwamm etc.). Auf der linken Seite der **Abb. 5c, d** ist die Verbesserung nach OKS-Therapie bei der Anzahl der gefundenen Objekte dargestellt, rechts

die Verbesserung bei den Suchzeiten bezüglich der gefundenen Objekte auf dem Tisch. Eine Gruppe erhielt 20 Sitzungen OKS-Therapie, die Vergleichsgruppe ST (Standardtraining) erhielt 20 Sitzungen konventionelles Explorationstraining mit dem gleichen Material, jedoch ohne Bewegung der Vorlagen nach links. Für beide Aspekte (gefundene Objekte und Suchzeit) war das OKS-Training der anderen Behandlung in dieser alltagsnahen Aufgabe klar überlegen. **Abb. 5e** zeigt schließlich, dass 20 Sitzungen OKS-Therapie einen signifikant positiven Einfluss auf die Rückbildung der „unawareness“ (fehlende Krankheitseinsicht) bewirken,

der sich nach vergleichbarem konventionellem Explorationstraining nicht findet². Dies ist insofern bedeutsam, als es bislang noch keine wirksame Behandlung der

² Um Missverständnissen vorzubeugen: das visuelle Explorationstraining ist bei Patienten ohne Neglekt (also z. B. Patienten mit homonymen Gesichtsfeldausfällen) eine nachweislich wirkungsvolle Behandlung. Bei Neglektpatienten hingegen ist dieses Verfahren weniger wirksam verglichen mit neueren Verfahren wie etwa der OKS-Therapie, weil letztere weniger große Anforderungen an die bewusste Kooperation des Patienten stellen und eher die Grundursache des Neglekts angehen, während das Explorationstraining beim Neglekt lediglich die Symptome behandelt.

„unawareness“ beim Neglekt gibt und dies vermutlich der Schlüssel zu einer wirksameren Behandlung des Neglekts sein dürfte, da nur Patienten mit einer besseren Krankheitseinsicht die in der Klinik geübten Therapiestrategien auch in den Alltag übertragen werden.

Zusammenfassend zeigen die drei in **Abb. 5** dargestellten Studienergebnisse aus unserer eigenen Arbeitsgruppe sowie weitere, unabhängige Studien [31, 35], dass OKS eine neue, wirksame Therapiemethode zur Behandlung nicht nur des visuellen, sondern auch des *multimodalen* Neglekts sowie der „unawareness“ bei Neglekt darstellt und nicht nur Testscores verbessert, sondern tatsächlich wichtige Alltagsleistungen signifikant fördert.

Ausblick

EYEMOVE bietet somit vielfältige Möglichkeiten für die Diagnostik und Therapie visueller Explorationsstörungen bei verschiedenen Patientengruppen (Gesichtsfeldausfälle, Neglekt, Extinktion, Okulomotorikstörungen) in *einem* System, für die es bislang kaum allgemeinzugängliche Verfahren gab. Die zahlreichen basalen wie alltagsnahen Aufgaben – die als therapieorientierte Diagnostik schon Hinweise auf eine mögliche Behandlung liefern – ermöglichen die detaillierte Suche nach beeinträchtigten, aber auch erhaltenen Teilkomponenten visueller Suchleistungen. Beide Informationen sind für die anschließende Behandlung wichtig. Somit können mit EYEMOVE visuell bedingte Explorationsstörungen unterschiedlichster Genese genauer erfasst werden, ohne dass hierfür eine aufwendige Technologie zur Blickbewegungsmessung und -auswertung notwendig ist. Die Untersuchungen und auch die Therapie erfordern lediglich einen konventionellen PC oder ein Notebook und optional einen Beamer zur großflächigen Bildprojektion. EYEMOVE bietet sich dadurch auch zur Verlaufsdagnostik an und verbessert deutlich die Möglichkeiten zur evidenzbasierten Therapieforschung im Bereich visueller Explorationsstörungen.

Die dargestellten *therapeutischen* Möglichkeiten knüpfen zum einen an bereits etablierte und nachweislich wirksame Behandlungstechniken an (wie etwa das

Sakkadentraining bei Hemianopsie und Neglekt [32, 33], bieten aber auch zahlreiche *innovative* Behandlungsmöglichkeiten wie etwa die optokinetische Stimulationstherapie zur Verbesserung der Folgebewegungen etwa bei Schädel-Hirn-Trauma-Patienten [21] sowie zur Behandlung des multimodalen Neglekts [27, 31] oder das Training mit Pop-out-Reizen zur Verbesserung visueller Explorationsleistungen. Darüber hinaus bietet das umfangreiche Therapiematerial mit Fotografien aus dem Alltag erstmals die Möglichkeit, alltagsnah visuelle Explorationsdefizite zu behandeln und so den Alltagstransfer der Behandlung zu erhöhen. Darüber hinaus eignet sich EYEMOVE – in einer vereinfachten Patientenversion – ebenfalls zur Therapie des Patienten zu Hause, da die fertigen Therapiepakete so aufgebaut sind, dass sie auch von einem Angehörigen als Kotherapeut mit dem Patienten nach entsprechender Anleitung geübt werden können. Dies ermöglicht eine höhere Therapieintensität auch nach Entlassung des Patienten aus der Klinik. Die dargestellten empirischen Studien belegen die Wirksamkeit etablierter (wie etwa des Sakkadentrainings) als auch innovativer Methoden (wie etwa der OKS-Therapie oder dem Folgebewegungstraining) für die Behandlung neurovisueller Störungen und entsprechen somit den Anforderungen an eine evidenzbasierte Therapie neurovisueller Störungen in der Neurorehabilitation.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. G. Kerkhoff
Klinische Neuropsychologie,
Fachrichtung Psychologie,
Universität des Saarlandes
66123 Saarbrücken
kerkhoff@mx.uni-saarland.de

Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor weist auf folgende Beziehungen hin: G. Kerkhoff und C. Marquardt sind an der Entwicklung des Programms EYEMOVE beteiligt. Trotz des möglichen Interessenkonfliktes ist der Beitrag unabhängig und produktneutral.

Literatur

1. Kerkhoff G, Schaub J, Zihl J (1990) Die Anamnese zerebral bedingter Sehstörungen S 711–718

2. Kerkhoff G, Marquardt C (2009) EYEMOVE – Standardisierte Analyse und Therapie visueller Explorationsstörungen. <http://www.medical-computing.de>
3. Kerkhoff G, Oppenländer K, Groh-Bordin C (2009) Störungen elementarer und komplexer visueller Wahrnehmungsleistungen. In: Habermann C, Kolster F (Hrsg) Ergotherapie im Arbeitsfeld Neurologie. Thieme, Stuttgart, S 499–528
4. Keller I, Ditterich J, Eggert T, Straube A (2000) Size distortion in spatial neglect. *Neuroreport* 11:1655–1660
5. Conci M, Bobel E, Matthias E et al (2009) Preattentive surface and contour grouping in Kanizsa figures: Evidence from parietal extinction. *Neuropsychologia* 47:726–732
6. Kerkhoff G, Heldmann B (1999) Balint-Syndrom und assoziierte Störungen. Anamnese – Diagnostik – Behandlungsansätze. *Nervenarzt* 70:859–869
7. Huber A, Kömpf D (1998) Klinische Neuroophthalmologie. Thieme, Stuttgart
8. Straube A, Kennard C (1996) Ocular Motor Disorders. In: Brandt T, Caplan LR, Dichgans J et al (eds) Neurological Disorders. Course and treatment. Academic Press, San Diego, pp 101–111
9. Daffner KR, Scinto LFM, Weintraub S et al (1992) Diminished curiosity in patients with probable Alzheimer's disease as measured by exploratory eye movements. *Neurology* 42:320–328
10. Ball K, Beard BL, Roenker DL et al (1988) Age and visual search: expanding the useful field of view. *J Opt Soc Am* 12:2210–2219
11. Pflugschaupt T, von WR, Wurtz P et al (2009) Linking physiology with behaviour: Functional specialisation of the visual field is reflected in gaze patterns during visual search. *Vision Res* 49:237–248
12. Pambakian ALM, Wooding DS, Patel N et al (2000) Scanning the visual world: a study of patients with homonymous hemianopia. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 69:751–759
13. Hildebrandt H, Giesselmann H, Sachsenheimer W (1999) Visual search and visual target detection in patients with infarctions of the left or right posterior or the right middle brain artery. *J Clin Exp Neuropsychol* 21:94–107
14. Frisén L (1980) The neurology of visual acuity. *Brain* 103:639–670
15. Bulens C, Meerwaldt JD, Van der Wildt GJ, Keemink CJ (1989) Spatial contrast sensitivity in unilateral cerebral ischaemic lesions involving the posterior visual pathway. *Brain* 112:507–520
16. Kerkhoff G (2006) Therapie des Neglekts. In: Guggel S, Herrmann M (Hrsg) Handbuch der Psychologie – Biologische und Neuropsychologie. Hogrefe, Göttingen
17. Rafal RD (1997) Balint Syndrome. In: Feinberg TE, Farah MJ (eds) Behavioral neurology and neuropsychology. McGraw-Hill, Boston, pp 337–356
18. Kerkhoff G, Keller I (1997) Balintsyndrom. In: Guggel S, Kerkhoff G (Hrsg) Fallbuch Neuropsychologie. Praxis der Neurorehabilitation. Hogrefe, Göttingen, S 70–79
19. Gianutsos R, Ramsey G, Perlin RR (1988) Rehabilitative optometric services for survivors of acquired brain injury pp 573–578
20. Kerkhoff G, Stögerer E (1994) Behandlung von Fusionsstörungen bei Patienten nach Hirnschädigung, S 70–75
21. Gur S, Ron S (1992) Training in oculomotor tracking: occupational health aspects. *Isr Med Assoc J* 28:622–628
22. Rizzo M, Anderson SW, Dawson J, Nawrot M (2000) Vision and cognition in Alzheimer's disease. *Neuropsychologia* 38:1157–1169

23. Kavcic V, Duffy CJ (2003) Attentional dynamics and visual perception: mechanisms of spatial disorientation in Alzheimer's disease. *Brain* 126:1173–1181
24. Rizzo M, Kellison IL (2004) Eyes, brains, and Autos. *Arch Ophthalmol* 122:641–647
25. Kerkhoff G, Münßinger U, Meier EK (1994) Neurovisual rehabilitation in cerebral blindness. *Arch Neurol* 51:474–481
26. Rizzo M, Robin DA (1996) Bilateral effects of unilateral visual cortex lesions in human. pp 951–963
27. Kerkhoff G, Keller I, Ritter V, Marquardt C (2006) Repetitive optokinetic stimulation with active tracking induces lasting recovery from visual neglect. *Restor Neurol Neurosci* 24:357–370
28. Keller I, Schindler I, Kerkhoff G et al (2005) Visuospatial neglect in near and far space: dissociation between line bisection and letter cancellation. *Neuropsychologia* 43:724–731
29. Kerkhoff G (2004) Neglect und assoziierte Störungen. Hogrefe, Göttingen
30. Kerkhoff G (2001) Hemispatial neglect in man. *Prog Neurobiol* 63:1–27
31. Schröder A, Wist ER, Hömberg V (2008) TENS and optokinetic stimulation in neglect therapy after cerebrovascular accident: a randomized controlled study. *Eur J Neurol* 15:922–927
32. Kerkhoff G, Münßinger U, Haaf E et al (1992) Rehabilitation of homonymous scotomata in patients with postgeniculate damage of the visual system: saccadic compensation training. *Restor Neurol Neurosci* 4:245–254
33. Pambakian AL, Mannan SK, Hodgson TL, Kennard C (2004) Saccadic visual search training: a treatment for patients with homonymous hemianopia. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 75:1443–1448
34. Roth T, Sokolov AN, Messias A et al (2009) Comparing explorative saccade and flicker training in hemianopia: a randomized controlled study. *Neurology* 72:324–331
35. Thimm M, Fink GR, Kust J et al (2009) Recovery from hemineglect: Differential neurobiological effects of optokinetic stimulation and alertness training. *Cortex* (in press)
36. Husain M, Rorden C (2003) Non-spatially lateralized mechanisms in hemispatial neglect. *Nat Rev Neurosci* 4:26–36