

Optokinetische Stimulation bei visuellem Neglect

I. Keller¹, A. L. Beer², G. Kerkhoff³

¹Neurologische Klinik Bad Aibling, ²Fachbereich Psychologie der Philipps-Universität Marburg,

³Psychologisches Institut der Universität Eichstätt

Zusammenfassung

Mehrere Untersuchungen haben gezeigt, dass eine optokinetische Stimulation zu einer temporären Kompensation der Neglect-Defizite führt. Die vorliegende Studie untersuchte, ob ein dreiwöchiges visuelles Explorationstraining mit optokinetischer Stimulation einem konventionellen Explorationstraining überlegen ist. Insgesamt nahmen zwölf Patienten mit einem visuellen Neglect an der Studie teil. Während sechs Patienten ein visuelles Explorationstraining (VET) erhielten, wurde das Explorationstraining bei den übrigen Patienten mit einem sich langsam nach links bewegenden Muster kombiniert (VET & OKS). Das Bewegungsmuster war während der gesamten Therapiedauer sichtbar. Die Ergebnisse zeigen statistisch signifikante Verbesserungen in mehreren Tests für die Kombinationsbehandlung, nicht jedoch für die Patienten mit dem visuellen Explorationstraining. Der direkte Vergleich zwischen den Gruppen wurde aufgrund der geringen Stichprobengröße nicht signifikant. Es ist zu vermuten, dass eine direkte Fokussierung der Aufmerksamkeit auf das Bewegungsmuster zu einem noch besseren Therapieeffekt führt. Möglichkeiten der therapeutischen Anwendung dieser Methode werden diskutiert.

Schlüsselwörter: Neglect, Rehabilitation, optokinetische Stimulation

Optokinetische Stimulation bei visuellem Neglect

I. Keller, A. L. Beer, G. Kerkhoff

Abstract

Previous studies have shown that slow optokinetic stimulation leads to a transient compensation of neglect deficits. The current study investigated whether slow background motion administered as a long-term training also leads to permanent recovery from neglect deficits. 12 patients with left-sided neglect were randomly assigned to one of two treatment groups. One group received a traditional visual scanning training (VET) comprising saccadic exercises, visual search tasks, and reading exercises. The second group received the same visual scanning training combined with optokinetic stimulation (VET & OKS). Here, a background pattern was moved slowly from right to left throughout the whole training. The training period lasted three weeks. Neglect was assessed pre and post treatment by several tests of visual neglect. The VET & OKS group significantly improved in several tests of neglect. Improvements within the VET group were not significant. However, differences between treatment groups were not significant. Several aspects for further research are discussed.

Key words: neglect, rehabilitation, optokinetic stimulation

Neurol Rehabil 2003; 9 (6): 272-279

Einleitung

Eines der komplexesten Phänomene innerhalb der Neuropsychologie ist die unilaterale Vernachlässigung, der Neglect. Damit ist gemeint, dass der Patient die der Hirnschädigung gegenüberliegende Seite des eigenen Körpers sowie des ihn umgebenden Raumes trotz intakten Gesichtsfeldes nicht beachtet, also vernachlässigt. Am ehesten evident wird ein Neglect in aller Regel in der visuellen Modalität, er kommt jedoch auch in der auditiven, der motorischen, der somatosensiblen Modalität oder in mehreren Modalitäten zugleich vor [5, 35].

Schwerere Fälle von Neglect äußern sich im Alltag beispielsweise darin, dass Gegenstände vorzugsweise in der linken Raumhälfte übersehen werden und der Patient infolgedessen dort häufig anstößt. Dass die Vernachlässigung vorwiegend die linke Raumhälfte betrifft, ist darauf zu-

rückzuführen, dass für diese Form von räumlicher Verarbeitung im Wesentlichen der rechte Parietallappen verantwortlich zu sein scheint.

Zum Neglect wurden verschiedene Erklärungsansätze entwickelt. Dabei lassen sich vor allem drei Hauptrichtungen unterscheiden: die Aufmerksamkeitshypothese, die Repräsentationshypothese und die Transformationshypothese [11]. Die Aufmerksamkeitshypothese geht davon aus, dass bei räumlicher Aufmerksamkeit mehrere Teilprozesse zusammenwirken und dass beim Neglect mindestens einer dieser Teilprozesse gestört ist. Posner et al. [25] postulierten drei Aufmerksamkeitsprozesse, die für eine verdeckte (d.h. ohne Augenbewegungen) räumliche Aufmerksamkeit relevant sind: Loslösung, Verschiebung und Fokussierung der Aufmerksamkeit. Aufgrund der Ergebnisse zahlreicher Studien ist anzunehmen, dass der Neglect bei parietalen Läsionen auf ein Defizit bei der Aufmerksam-

keitsloslösung zurückzuführen ist [26]. Heilman et al. [8] gingen davon aus, dass bei Neglect-Patienten Komponenten der aufmerksamkeitsgesteuerten Aktivierung (»attentional arousal«) gestört sind. Dadurch können sensorische Reize nicht mehr ausreichend kortikal verarbeitet werden. Kinsbourne [16] kritisierte daran, dass dabei der Neglect als eine dichotome Störung angenommen wurde. Dichotom meint, dass die Patienten auf der kontralateralen Seite alle Reize vernachlässigen, aber auf der ipsilateralen Seite keine Beeinträchtigung vorhanden ist. Dies aber entspricht nicht der Realität des Neglects. Patienten nehmen Reize um so leichter wahr, je weiter sie sich ipsilateral zur Läsionsseite befinden. Kinsbourne [16] ging deshalb davon aus, dass die Wahrnehmung auf beiden Seiten beeinträchtigt ist. Er postulierte daher ein System von zwei Aufmerksamkeitszentren, die antagonistisch arbeiten und zwei entgegengerichtete Aufmerksamkeitsvektoren aufspannen. Fällt einseitig ein Aufmerksamkeitszentrum aus, so ist ein Vektor dominierend. Es kommt folglich zu einer Aufmerksamkeitsverschiebung auf eine Seite. Die Repräsentation der Aufmerksamkeitszentren ist jedoch nicht gleichmäßig auf beide Hirnhälften verteilt, sondern überwiegend in der rechten Hirnhälfte repräsentiert. Auf eine lateralisierte Repräsentation der Aufmerksamkeitsverteilung weisen auch neurophysiologische Untersuchungen mit Hilfe der funktionellen Kernspintomographie hin. Perry und Zeki [21] konnten bei gesunden Versuchspersonen zeigen, dass bei einer Aufgabe zur verdeckten Aufmerksamkeitsverschiebung der striatale und prästriatale Cortex sowie der superiore Parietallappen, die supplementärmotorische Area, die frontalen Augenfelder, die anteriore Inselregion und der supramarginale Gyrus des Parietallappens aktiviert waren. Dabei konnte in allen genannten Hirnarealen eine Aktivierung auf Reize im jeweils kontralateralen Gesichtsfeld beobachtet werden. Im Vergleich dazu zeigte sich unabhängig von der Seite der Reizpräsentation zusätzlich immer eine rechtshemisphärische Aktivierung des supramarginalen Gyrus. Dieses Ergebnis stimmt auch mit einer Läsionsstudie von Vallar et al. [32] überein, die zeigen konnten, dass der rechtsseitige supramarginale Gyrus bei Patienten mit einem Neglect immer geschädigt war. Aufgrund dieses Ergebnisses vermuteten Vallar et al. [32], dass dem supramarginalen Gyrus der rechten Hirnhälfte eine besondere Rolle bei der Entstehung des Neglects zukommt.

Neben aufmerksamkeits-theoretischen Hypothesen gibt es auch die Repräsentationshypothese. Dabei wird der Neglect nicht durch eine unzureichende Verarbeitung sensorischer Reize erklärt. Vielmehr wird eine fehlerhafte mentale Repräsentation der Außenwelt angenommen. Diese Annahme basiert vor allem auf der Beobachtung, dass Neglect-Patienten auch bei Imaginationsaufgaben die linke Seite vernachlässigen. Diese Idee leitet sich unter anderem von einer klassischen Untersuchung von Bisiach und Luzzatti [3] ab, die einen Patienten mit visuellem Neglect untersuchten und diesen einen zentralen Platz in Mailand (den der Patient gut kannte) beschreiben ließen. Dabei sollte sich der Patient den Platz zunächst von einer bestimmten

Seite aus visuell-räumlich vorstellen. In der Beschreibung des Platzes durch den Patienten fehlten nahezu alle Gebäude auf der linken Raumseite. Danach wurde der Patient aufgefordert, sich denselben Platz aus der gegenüberliegenden Perspektive vorzustellen. Wiederum fehlten in der Beschreibung die Gebäude auf der linken Raumseite. In der mentalen Vorstellung des Patienten fehlte dieser Untersuchung zufolge also jeweils die linke Hälfte des extraperсонаlen Raumes.

In neuerer Zeit setzte sich auch eine dritte Hypothese durch, die Transformationshypothese [11]. Danach wird beim Neglect das egozentrische Koordinatensystem des Patienten, das die relative Position der Person zum Raum anzeigt, zur ipsilateralen Seite hin verschoben. Dies geschieht nach Ansicht der Autoren durch eine fehlerhafte Verrechnung der afferenten sensorischen Informationen aus den peripheren Sinnesorganen (Retina, Muskelspindeln, Cupulae, etc.) in ein egozentrisches, körperbezogenes Raumkoordinatensystem. Dass eine Veränderung der afferenten Informationen den Neglect beeinflusst, konnten verschiedenen Studien zeigen. Sowohl die Vibrationsreizung der Nackenmuskulatur [12], die kalorische Stimulation des Vestibularsystems [27] als auch eine optokinetische Reizung mit einem Bewegungsmuster [15, 19] können Neglect-Symptome je nach Art der Stimulation vermindern oder verstärken. Dies weist darauf hin, dass die afferenten Informationen aus verschiedenen Sinnessystemen vermutlich im Parietallappen konvergieren und dort miteinander »verrechnet« werden. Der Neglect könnte somit als Folge fehlerhafter »Berechnungen« des Gehirns interpretiert werden. Für eine solche Annahme sprechen auch neurophysiologische Studien, die im parietalen Cortex des Affen Neuronengruppen identifizieren konnten, die auf multimodale Reizung reagieren [1, 18, 28].

Zur Therapie des Neglects haben sich die bisher eingesetzten Neuroprothesen wie die monokuläre Okklusion oder das Anbringen externer Taktgeber auf der linken Körperhälfte aufgrund der geringen Akzeptanz in der klinischen Anwendung nicht durchsetzen können. Die derzeit etablierten Therapieansätze konzentrieren sich daher auf Stimulationsverfahren. Als Standard wird in der Regel eine Aktivierung der linken Körperhälfte im Rahmen der physio- und ergotherapeutischen Behandlung durchgeführt. Zusätzlich werden linksseitige Hinweisreize gegeben. In der klinischen Neuropsychologie hat sich vor allem die Anwendung eines Explorationstrainings als wirksame Methode etabliert [13].

Erfolg versprechend scheinen allerdings auch Methoden, die die afferente Verarbeitung räumlicher Informationen im parietalen Cortex beeinflussen und hierdurch den Ausprägungsgrad der Symptome verringern. Aufgrund der einfachen Durchführbarkeit besonders geeignet erscheint hierzu die Vibration der kontraläsionalen posterioren Nackenmuskulatur, die zu einer Veränderung der »Kopf-zu-Rumpf«-Positionswahrnehmung führt [31]. Die hierdurch induzierte Verschiebung des egozentrischen Koordinatensystems nach links bewirkt eine Minderung des visuellen Neglects

[12]. Ein ähnlicher Effekt kann durch das Aufsetzen einer Prismenbrille erreicht werden. *Frassinetti et al.* [7] konnten zeigen, dass Neglect-Patienten, die bei Aufgaben zur Auge-Hand-Koordination regelmäßig eine Prismenbrille aufsetzen mussten, im Vergleich zu einer Kontrollgruppe deutlich bessere Leistungen nach Ende des Trainings aufwiesen. Eine Erklärungshypothese der Autoren ist, dass durch das Auf- und spätere Absetzen der Prismenbrille Augenbewegungen nach links induziert wurden, die eine Minderung des Neglects bewirkten. Neben diesen Methoden konnte auch der Einfluss eines sich nach links bewegenden visuellen Hintergrundes auf den Neglect nachgewiesen werden. Dabei wurde zunächst mit Hintergrundmustern stimuliert, die sich mit relativ großen Geschwindigkeiten bewegten ($\geq 30^\circ/\text{s}$) und einen optokinetischen Nystagmus (OKN) auslösten. Es konnte gezeigt werden, dass durch optokinetische Stimulation in Richtung vernachlässigter Seite eine linksseitige motorische Schwäche teilweise kompensiert werden konnte [33]. Durch optokinetische Stimulation kann auch die räumliche Wahrnehmung verbessert werden. So führt eine optokinetische Stimulation beispielsweise auch zu einer Verschiebung des subjektiven Geradeaus [10]. Weitere Studien mit bewegtem Hintergrund belegen, dass Neglect-Defizite auch durch langsame optokinetische Stimulation vermindert bzw. kompensiert werden können. Es zeigte sich sogar, dass Hintergrundbewegungen mit relativ geringer Geschwindigkeit zu einer stärkeren Kompensation der Neglect-Symptome führen als schnelle Geschwindigkeiten. *Mattingley et al.* [19] stimulierten Neglect-Patienten mit einem optokinetischen Hintergrund, während sie Linien halbieren sollten. Die Geschwindigkeit der Hintergrundbewegung war entweder 40 mm/s (ca. 5 °/s) oder 80 mm/s (ca. 10 °/s). Die Autoren fanden heraus, dass die Patienten bei der langsameren Ge-

schwindigkeit den Mittelpunkt stärker nach links setzten als bei der schnelleren Geschwindigkeit. Auch *Kerkhoff et al.* [15] fanden heraus, dass ein langsam bewegtes Hintergrundmuster zu einer besseren Kompensation des Defizits bei der horizontalen Größenwahrnehmung führt.

Möglicherweise sind bei langsamen und schnellen Hintergrundbewegungen unterschiedliche Mechanismen beteiligt. Eine großflächige Stimulation mit bewegten Reizen führt zu einem OKN. Dieser lässt sich in einen Stier-Nystagmus und einen Schau-Nystagmus aufteilen. Beim Stier-Nystagmus zeigt sich das typische periodische Sägezahnmuster aus schnellen und langsamen Sakkaden. Beim Schau-Nystagmus tritt dieses periodische Muster nicht auf. Laut *Ilg* [9] steht der Schau-Nystagmus in enger Verbindung mit langsamen Augenfolgebewegungen. Es scheint daher plausibel, dass schnelle optokinetische Stimulationen zu einem Sägezahn-OKN führen, während langsame Geschwindigkeiten eher zu Augenfolgebewegungen führen. Bislang wurden nur die Effekte kurzzeitiger Erholung bei optokinetischer Stimulation untersucht. Obwohl *Pizzamiglio* [22] darauf hinwies, dass ein bewegter Hintergrund auch in der Therapie eine wichtige Rolle spielen kann, stand eine kontrollierte Studie über die Effekte einer länger dauernden Therapie mit optokinetischer Stimulation bisher aus. In dieser Studie sollte daher untersucht werden, ob ein wiederholtes Training mit einem sich langsam nach links bewegenden Hintergrund einen zusätzlichen Trainingseffekt hat.

Patienten und Methoden

Insgesamt zwölf Patienten der Neurologischen Klinik Bad Aibling gaben ihr Einverständnis, an der Studie teilzunehmen. Nur Patienten mit einem linksseitigen Neglect ohne

Alter und Geschlecht	Ätiologie	Monate nach HS	Frontale Läsionen	Temporale Läsionen	Parietale Läsionen	Okzipitale Läsionen	Tiefe Strukturen
VET							
75/m	ACM	1	Lateral	Superior	SMG, inferior und superior	--	--
62/f	ACM	2	Medial und lateral	Lateral superior	SMG, inferior und superior	Lateral	Capsula
65/f	ACM	1,5	Medial und lateral	Medial	SMG, inferior und superior	--	Caudatus, Capsula
74/m	ACM	1	Medial und lateral	Superior	SMG, superior	Lateral	Caudatus, Capsula
74/f	ACM	1,5	Lateral	Superior	SMG, Gyrus angularis	Lateral und superior	--
54/m	ACM	2	Medial und lateral	Superior und medial	SMG, inferior und superior	--	Thalamus
VET&OKS							
55/f	ACM	1,5	Medial und lateral	Superior	Superior	--	--
70/m	ACM	3	Medial und lateral	Superior	SMG, inferior und superior	Lateral	Caudatus, Capsula
64/m	ACM	2	Lateral	Lateral	SMG, inferior und superior	--	Capsula
68/m	ACM	2	Medial und lateral	Superior und medial	SMG, superior	Laterale	Caudatus, Capsula
72/f	ACM	1,5	Medial und lateral	Lateral superior	SMG, angular	Lateral und superior	--
53/f	ACM	3	Medial und lateral	Lateral	SMG, inferior und superior	--	--

VET= Visuelles Explorationstraining; VET&OKS= Visuelles Explorationstraining mit optokinetischer Stimulation; ACM=Infarkt der Arteria cerebri media; SMG=Supramarginaler Gyrus

Tab. 1: Demographische und neuroanatomische Daten

Aphasie oder schwerwiegende neuropsychologische Beeinträchtigungen wie Störungen des Kurz- und Langzeitgedächtnisses wurden in die Studie eingeschlossen. Alle Patienten hatten infolge eines Hirninfarktes der rechten Arteria cerebri media große rechtshemisphärische Läsionen. Des Weiteren mussten alle Patienten motorisch in der Lage sein, die Testungen zur Überprüfung der Therapieeffekte durchzuführen. Tabelle 1 zeigt die deskriptiven Daten aller Patienten. Die Läsionen wurden nach der Methode von *Damasio* und *Damasio* [6] beurteilt.

Alle Teilnehmer der Studie wurden vor Beginn der Therapie über den Sinn und Zweck der Therapiemaßnahmen aufgeklärt und nahmen freiwillig an der Studie teil.

Versuchsdesign

Es wurde ein zweifaktorielles Untersuchungsdesign mit Messwiederholung durchgeführt. Die Messwiederholung war hierbei die Prä- und Postmessung der Neglectsymptome, die in drei primäre Neglect-Tests und zwei Transfer-Neglect-Tests aufgeteilt waren. Der zweite Faktor war die Behandlungsart, aufgeteilt in ein Standardtraining zur visuellen Exploration (VET) sowie ein Standardtraining mit gleichzeitiger optokinetischer Reizung (VET&OKS). Fünfzehn Trainingseinheiten zu je 40 Minuten wurden je Patient in drei Wochen absolviert. Nach 15 Sitzungen wurde das Training beendet und eine Nachuntersuchung durchgeführt.

Tests

Die drei primären Neglect-Tests waren ein Symbol-Durchstreichtest [34], eine Linienhalbierungsaufgabe [30] und ein PC-gestützter Test zur Erfassung der visuell-räumlichen Aufmerksamkeit [36]. Beim Symbol-Durchstreichtest mussten die Patienten 60 Zielsymbole, vermischt angeordnet mit 300 Distraktoren, durchstreichen. Anschließend wurde die Anzahl der ausgelassenen Zielreize gezählt. Eine Leistung in diesen Tests galt als auffällig, wenn mehr Reize auf der linken als auf der rechten Seite ausgelassen wurden.

Die Linienhalbierungsaufgabe bestand aus drei horizontalen Linien zwischen 15 und 25 cm Länge, die auf einem DIN A4-Blatt abgebildet waren. Die Patienten wurden aufgefordert, jede der Linien mit einem Bleistiftstrich zu halbieren. Eine Leistung wurde als auffällig eingestuft, wenn die Mitte der Linie mehr als 10% nach rechts verschoben wurde.

Bei dem computergestützten Test (TAP, Untertest Neglect) mussten die Patienten immer dann so schnell wie möglich auf eine Taste drücken, wenn eine schnell flackernde Zahl irgendwo auf dem Bildschirm erschien. Dieser Test weicht von den übrigen Aufgaben hinsichtlich zweier Kriterien ab. Erstens tauchten die 44 Zielreize in einer Maske mit ähnlichen Stimuli auf, so dass die Situation einer Extinktionsprüfung mit bilateraler Reizung ähnelte. Zweitens mussten die Patienten innerhalb eines Zeitfensters von zwei Sekun-

den reagieren, so dass die Aufgabe im Gegensatz zu allen anderen Testverfahren einen zusätzlichen zeitkritischen Faktor enthielt. Das Ausmaß des Neglects wurde anhand der Anzahl nicht entdeckter Zielreize bestimmt. Ein Neglect lag vor, wenn mindestens acht Reize im linken Gesichtsfeldbereich übersehen wurden. Alle Patienten waren vor Beginn der Studie in mindestens zwei der primären Neglect-Test auffällig.

Mit den beiden Transfer-Tests sollte überprüft werden, ob Verbesserungen in Standardtests auch auf alltagsnahe Situationen generalisieren. Hierzu wurden eine standardisierte Leseaufgabe [14] sowie eine taktile Suchaufgabe [14] eingesetzt. Der Lesetext bestand aus 200 Wörtern. Gemessen wurde die Anzahl der ausgelassenen und falsch gelesenen Wörter.

Der zweite Transfertest war eine taktile Suchaufgabe. Hier sollten 20 Zielobjekte aus einer Auswahl von insgesamt 40 Objekten so schnell wie möglich gezeigt werden. Zielobjekte und Distraktoren waren randomisiert auf einer Fläche von 100 x 80 cm verteilt. Gemessen wurde die Zeit, die ein Patient benötigte, um alle 20 Objekte zu zeigen. Die maximal erlaubte Suchzeit für ein Objekt betrug 60 s.

Visuelles Explorationstraining (VET)

Das Training wurde mit jedem Patienten einzeln durchgeführt. Alle Folien und Aufgaben wurden von einem PC generiert und mittels eines Overhead-Displays über einen Oberlichtprojektor auf eine weiße Wand projiziert. Die Projektionsfläche war dadurch 152 cm breit und 110 cm hoch. Der Patient saß in einem Abstand von etwa 180 cm von der Projektionsfläche. Der Raum wurde abgedunkelt. Die Bildschirmauflösung des PC betrug 640 x 480 Pixel.

Das visuelle Explorationstraining (VET) bestand aus drei Teilen: einem Sakkadentraining, einem Explorationstraining und einem Lesetraining. Es war daher bezüglich der Struktur ähnlich organisiert wie bei *Kerkhoff* und *Heldmann* [13]. Das Sakkaden- und Lesetraining erwiesen sich auch in anderen Studien als sehr wichtige Bestandteile [2, 24].

Zweck des Sakkadentrainings war es, mit dem Patienten rasche und großamplitudige Sakkaden einzuüben [13]. Dabei wurden zunächst kleine Sakkaden eingeübt und dann die Breite der Sakkaden nach und nach gesteigert. Hierzu wurden einzelne Zeichen, Ziffern oder Buchstaben auf eine Wand projiziert. Das Zeichen erschien jeweils in einer von insgesamt 48 Positionen. Die Positionen waren durch eine Matrix von vier Reihen und zwölf Spalten festgelegt. Die Reihen hatten einen vertikalen Abstand von 2,9° Sehwinkel, die Spalten einen horizontalen Abstand von 6,9°. Der Patient wurde instruiert, das gezeigte Zeichen so schnell wie möglich zu erkennen, es zu benennen und sofort anschließend eine Taste zu drücken. Der Therapeut betonte dabei, dass das Zeichen nur durch Augenbewegungen gesucht werden soll und nicht durch Kopfbewegungen. Zu Beginn des Trainings wanderte der Zielreiz immer um eine Spalte von rechts nach links. Später betrug die Sprünge

zwei oder drei Spalten nach links. Die Zeilenposition war zufällig. Zum Ende des Trainings wurde das Zeichen in einer zufälligen Position präsentiert. Die Häufigkeit richtiger Antworten in Prozent und die mittlere Antwortzeit wurde dem Patienten rückgemeldet. Sobald die höchste Schwierigkeitsstufe erreicht wurde und kein Zuwachs an Antwortrichtigkeit und Antwortgeschwindigkeit mehr zu verzeichnen war, wurde das Explorationstraining eingeführt.

Das Explorationstraining war angelehnt an *Münzinger* und *Kerkhoff* [20]. Zweck dieses Trainings war es, dem Patienten systematische Suchstrategien zu vermitteln, um die Anzahl von Auslassungen insbesondere bei Suchaufgaben zu reduzieren. Systematische Suchstrategien waren eine Suche Zeile-für-Zeile oder Spalte-für-Spalte. Dabei war es wichtig, die Suche jeweils links oben zu beginnen. Diese Suchstrategien wurden dem Patienten zunächst erklärt und anhand von Demonstrationsfolien verdeutlicht. Nach der Einführung der Suchstrategien wurden beide Strategien anhand von Suchaufgaben eingeübt. Hierzu gab es etwa 110 Folien. Die Aufgabe des Patienten bestand darin, Zeichen zu erkennen oder zu zählen und mit einem Stab oder Laserpointer zu zeigen. Die Folien unterschieden sich hinsichtlich der Aufgabenkomplexität (räumliche Anordnung der Zeichen, Anzahl der Zeichen, Größe der Zeichen, Ziel-Distraktor-Verhältnis und Ähnlichkeit der Zeichen). Das Training wurde zunächst mit einfachen Suchaufgaben begonnen. Konnte der Patient diese lösen, ging man zu komplexeren Aufgaben über. Das Explorationstraining wurde beendet, wenn keine Steigerung der Genauigkeit oder Bearbeitungsgeschwindigkeit zu erwarten war, spätestens aber nach der 15. Trainingssitzung.

Das Lesetraining orientierte sich an *Pizzamiglio* et al. [24]. Dabei musste der Patient zunächst einzelne Sätze und später kurze Texte lesen. Alle Leseübungen wurden mit Hilfe des Overheadprojektors auf eine Wand projiziert. Zu Beginn des Trainings blinkte auf der linken Seite eine rote Leiste mit einer Frequenz von 1 Hz. Die Sätze variierten hinsichtlich ihrer Länge (5–15 Wörter) und semantischen Vertrautheit. Die Themen wurden nach den Interessen des Patienten ausgewählt. Die Schriftgröße variierte hier von 1,6° bis 1,2°. Die maximale Länge eines Textes war zehn Zeilen. Zunächst wurde mit kurzen Sprichwörtern begonnen. Später wurden die Sätze und Texte jeweils so gewählt, dass der Patient sie weitestgehend fehlerfrei lesen konnte.

Visuelles Explorationstraining mit optokinetischer Stimulation (VET & OKS)

Eine zweite Trainingsgruppe erhielt dasselbe visuelle Explorationstraining. Allerdings wurde bei dieser Gruppe noch zusätzlich bei allen Aufgaben ein Muster im Hintergrund linear von rechts nach links bewegt. Das bewegte Hintergrundmuster war entweder ein gleichmäßiges vertikales Streifenmuster oder ein Muster aus Punkten (Abb. 1). Die Winkelgeschwindigkeit konnte variiert werden und betrug zwischen 5°/s und 10°/s. Geschwindigkeiten in diesem

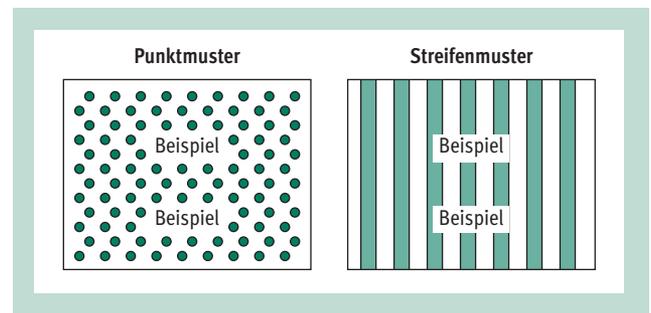


Abb. 1: Beispiele der Hintergrundmuster. Die Hintergrundmuster enthielten entweder vertikale Punkte (0,5° Schwinkel Durchmesser) oder Streifen (1,6° Schwinkel je Streifen).

Bereich erwiesen sich bei bisherigen Studien als effektiv [15, 19].

Da die optimale Geschwindigkeit des Muster möglicherweise auch vom Patienten abhängt, wurde vor dem Training die Geschwindigkeit und das optimale Muster individuell ermittelt. Diese Hintergrundanpassung erfolgte mit Aufgaben zum Linien-Halbieren. Dazu wurde eine Linien-Halbierungs-Aufgabe mit den beiden Hintergrundmustern und verschiedenen Geschwindigkeiten (in Schritten von 2,5°/s) wiederholt durchgeführt. Der Patient hatte die Aufgabe, einen vertikalen Strich auf einer horizontalen Linie so zu platzieren, dass dadurch genau die Mitte markiert wurde. Die Markierung befand sich zu Beginn der Aufgabe an einem Ende der horizontalen Linie und konnte mittels Maus vom Patienten selbst oder durch Anweisungen an den Therapeuten nach links und rechts bewegt werden. Es wurden pro Geschwindigkeits- und Mustereinstellung zwei Aufgaben durchgeführt, je zwei mit einer Markierungsanfangsposition rechts bzw. links. Die Linienlänge betrug 25° (ca. 70 cm). Die Linien erschienen in der Mitte der Projektionsfläche. Für das VET wurde diejenige Geschwindigkeit und Mustereinstellung verwendet, bei der der Patient die geringste durchschnittliche Abweichung vom Linienmittelpunkt erzielte.

Ergebnisse

Behandlungseffekte

Da wir annahmen, dass beide Arten von Training eine Minderung des visuellen Neglects bewirken, erfolgte eine einseitige Prüfung der Signifikanz. Aufgrund der geringen Stichprobengröße wurden ausschließlich nichtparametrische Signifikanztests verwendet.

Patienten der VET & OKS Gruppe verbesserten sich in allen Tests. Statistisch signifikante Verbesserungen zeigten sich bei der Symboldurchstreichaufgabe ($U=2,20$; $p=0,028$), der TAP/Neglect-Prüfung ($U=2,12$; $p=0,034$) sowie der taktilen Suchaufgabe ($U=2,20$; $p=0,028$). Die VET Gruppe zeigte ebenfalls Verbesserungen. Die statistische Prüfung zeigte für diese Gruppe jedoch keine signifikanten Veränderungen. Eine Übersicht aller Ergebnisse gibt Tabelle 2.

Test	N	Vortest		Nachtest		p
		M	SD	M	SD	
Primäre Neglect-Tests						
Symbol-Durchstreichen						
VET	5	33,0	15,0	23,4	19,5	0,068
VET&OKS	6	44,8	9,4	27,3	13,1	0,028*
Linien-Halbieren						
VET	6	43,3	31,3	25,2	25,9	0,173
VET&OKS	6	30,9	32,2	21,7	21,3	0,463
TAP: Neglect						
VET	5	22,0	8,2	20,8	6,9	0,68
VET&OKS	6	29,7	4,7	25,5	6,9	0,034*
Transfertests						
Lesetest						
VET	5	75,4	62,0	65,0	63,8	0,08
VET&OKS	6	74,5	54,1	67,8	56,1	0,075
Tischtest						
VET	6	520	260	434	254	0,249
VET&OKS	6	491	237	305	203	0,028*

Tab. 2: Vergleich Nachtest versus Vortest. Die Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) beziehen sich auf die Gesamtauslassungen bei den Tests »Linien-Durchstreichen«, »Symbole-Durchstreichen«, »TAP-Neglect-Prüfung« und den Lesetest. Beim Linien-Halbieren stellen die Werte prozentuale Abweichungen von der Mitte dar (ein positiver Wert bedeutet eine Abweichung nach rechts). Beim Tischtest stellen die Werte die Gesamtsuchzeit in Sekunden dar. * $p < .05$, Wilcoxon-Test für abhängige Stichproben.

Vergleich zwischen den Gruppen

Ein Vergleich zwischen den Gruppen ergab keine signifikanten Unterschiede, wenn auch einige der Prä-Post-Differenzen eine Tendenz zugunsten des Trainings mit OKS aufzeigen (Tabelle 3). Dies betraf vor allem den Symboldurchstreichtest ($U = -1,21$, $p = 0,132$) und die taktile Suchaufgabe ($U = -1,12$, $p = 0,146$).

Test	Verbesserung (Differenz Nachtest – Vortest)						p
	VET			VET&OKS			
	N	M	SD	N	M	SD	
Primäre Neglect-Tests							
Symbol-Durchstreichen							
	5	-9,6	11,5	6	-17,5	8,0	0,132
Linien-Halbieren							
	6	-18,1	22,2	6	-9,1	26,8	0,716
TAP: Neglect							
	5	-1,2	5,3	6	-4,2	5,8	0,273
Transfertests							
Lesen							
	5	-10,4	12,0	6	-6,7	34,6	0,571
Tischtest							
	6	-86	152	6	-186	130	0,146

Tab. 3: Vergleich zwischen den Therapiegruppen. Die Mittelwerte und Standardabweichungen beziehen sich auf die Differenz zwischen den Ergebnissen der Nach- und Vortestmessung. Keine der Differenzen erwies sich als statistisch signifikant (Wilcoxon-Test für unabhängige Stichproben).

Diskussion

Die signifikanten und marginal signifikanten Verbesserungen bei mehreren Neglect-Tests belegen, dass ein Explorationstraining zu einer Verbesserung der Neglect-Symptome führt. Außerdem konnte demonstriert werden, dass sich diese Verbesserungen auch bei alltagsrelevanten Aufgaben zeigen. Dieses Ergebnis stimmt mit den bisherigen Studien zur Wirksamkeit von Explorationstrainings überein [13, 24]. Von besonderem Interesse war der zusätzliche Effekt der langsamen optokinetischen Stimulation. Hier weisen die Ergebnisse darauf hin, dass die ergänzende Behandlungskomponente das Training effektiver machte. Auffällig bei den Ergebnissen war auch, dass die VET&OKS-Gruppe bei Aufgaben überlegen war, bei denen es vor allem darauf ankam, möglichst viele Reize bzw. Gegenstände auf der vernachlässigten Seite zu erkennen (Symbole-Durchstreichen, Reizentdeckung, taktile Suchaufgabe). Grob betrachtet hatten diese Aufgaben gemeinsam, dass die Wahrnehmung dieser Reize und Objekte eher automatisch ablaufen musste. Im Gegensatz dazu war es bei den übrigen Aufgaben (Linien-Halbieren und Lesetest) stärker möglich, eine Strategie anzuwenden. Es ist daher davon auszugehen, dass sich die beiden Gruppen bei diesen letztgenannten beiden Tests nicht unterschieden. Dies zeigt, dass eine länger dauernde Stimulation mit einem langsam bewegten Hintergrund vor allem zu einer Verbesserung der automatisierten Wahrnehmung im vernachlässigten Gesichtsfeld führt. Hervorzuheben ist, dass das Training mit optokinetischer Stimulation auch zu einer Verbesserung der Leistung beim taktilen Suchen führte, was auf einen crossmodalen Therapieeffekt hinweist.

Der direkte Vergleich zwischen den Behandlungsgruppen zeigte keine statistisch signifikanten Unterschiede, obwohl die VET&OKS-Gruppe in drei Tests (Symbole-Durchstreichen, Reizentdeckung, taktile Suchaufgabe) doppelt so hohe Verbesserungen aufwies wie die Vergleichsgruppe. Aufgrund der hohen Varianz sowie der geringen Patientenanzahl wurde das notwendige Signifikanzniveau knapp verfehlt. Es ist jedoch zu vermuten, dass tendenziell erkennbare Vorteile für die VET&OKS-Gruppe bei einer größeren Stichprobe statistisch signifikant geworden wären. Obwohl in vielen Studien die Wirksamkeit von Neglect-Trainings nachgewiesen werden konnte, finden sich nur wenige und vage Hinweise darauf, worauf diese Erholung zurückzuführen ist. Selbst die verschiedenen Erklärungsansätze zum Neglect vernachlässigen diese Frage. Sie erklären den momentanen Einfluss einer Behandlungsmaßnahme, liefern aber nur sehr globale Aussagen über deren bleibende Auswirkungen. Unter aufmerksamkeits-theoretischen Annahmen wurde bislang vor allem der Effekt von Hinweisreizen (Cueing) betont. *Ládavas et al.* [17] fanden heraus, dass der Neglect vor allem auf einen Verlust der exogen kontrollierten Aufmerksamkeitsorientierung zurückzuführen ist und dass dieses Defizit teilweise durch informative Hinweisreize kompensiert werden kann. Beim visuellen Explorationstraining wird in erster Linie die en-

dogene Kontrolle gefördert, da hier explizit Suchstrategien eingeübt werden. Die optokinetische Stimulation unterstützte möglicherweise die endogene Aufmerksamkeitskontrolle, da die lineare Linksbewegung des Musters als eine »ununterbrochene Instruktion« verstanden werden kann, seine Aufmerksamkeit nach links zu wenden. Die Hintergrundbewegung diente somit als informativer Hinweisreiz. Damit kann der Effekt der optokinetischen Stimulation jedoch nicht allein erklärt werden, da sich die Patienten relativ rasch an das bewegte Hintergrundmuster gewöhnen. Auch ist auszuschließen, dass das Hintergrundmuster einen nicht-informativen Hinweisreiz darstellte, da es sich über den gesamten Suchraum erstreckte.

Pizzamiglio [22] nannte zwei Mechanismen, auf die Verbesserungen durch ein Training zurückgeführt werden können. Erstens beruht seiner Ansicht nach ein Teil der Erholung darauf, dass die Patienten bewusst kognitive Strategien entwickeln, um ihre Neglect-Symptome zu kompensieren. Zweitens können andere Neurone durch häufiges Üben die verloren gegangene Funktion wiederherstellen. Sehr wahrscheinlich ist, dass ein Teil des Trainingseffektes auf den Einsatz kognitiver Strategien zurückzuführen ist, da diese explizit vermittelt wurden. Allerdings erklärt dies nicht, warum die VET & OKS-Gruppe besser war als die VET-Gruppe, da in beiden Gruppen Strategien trainiert wurden. Wenn man davon ausgeht, dass die optokinetische Stimulation nur einen vorübergehenden Einfluss auf die Neglect-Symptomatik hatte, ist die Überlegenheit der VET & OKS-Gruppe möglicherweise dadurch zu erklären, dass die Patienten dieser Gruppe sich die kognitiven Suchstrategien leichter zu eigen machen konnten. Die optokinetische Stimulation wäre dann nur ein Hilfsmittel gewesen, um eine Kompensationsstrategie zu erwerben. Sie lässt sich mit einer Bedienungsanleitung vergleichen, die kurzzeitig dazu benutzt wird, sich mit einem Gerät vertraut zu machen. Sobald man das Gerät bedienen kann, benötigt man die Bedienungsanleitung nicht mehr. Wenn diese Hypothese zutrifft, sollte eine optokinetische Stimulation vor allem zu Beginn eines Trainings eingesetzt werden, später wäre sie nicht mehr nötig. Dies entspricht auch der Auffassung von *Pizzamiglio* [24].

Möglich wäre aber auch, dass die optokinetische Stimulation selbst eine bleibende Veränderung bewirkte. So könnten durch die wiederholte Konfrontation mit bewegten Reizen neuronale Verknüpfungen gestärkt oder neu geschaffen worden sein, die die verloren gegangene Funktion ersetzen. Hierfür spricht, dass die Bewegungswahrnehmung selbst nach größeren kortikalen Läsionen erhalten bleibt [29]. Ein langsam bewegter Hintergrund löst eine Augenfolgebewegung – in diesem Fall nach links – aus. Dabei werden Neurone in mehreren zerebralen Regionen aktiviert, insbesondere jedoch Neurone im medialen superioren Temporallappen [9]. *Brandt et al.* [4] konnten in einer fMRI-Studie mit Hemianopikern zeigen, dass eine großflächige Stimulation mit Bewegungsreizen – selbst bei Reizung im blinden Gesichtsfeld – die visuospatiale Aufmerksamkeit und Wahrnehmung durch eine Modulation

des dorsalen visuellen Systems beeinflusst. Ein weiteres Beispiel ist auch die Linien-Halbierung, bei der mehrfach eine kurzzeitige Verbesserung des Neglects durch optokinetische Stimulation berichtet wurde [19, 23]. Dabei wurden die Veränderungen jedoch bei gleichzeitiger Stimulation beobachtet. Im Gegensatz dazu zeigt diese Studie, dass bleibende Veränderungen auch ohne gleichzeitige optokinetische Stimulation zu erreichen sind. Es scheint daher möglich, dass es zu einer teilweisen Korrektur des egozentrischen Koordinatensystems kam und diese zu einer Verbesserung in den meisten Testaufgaben führte. Demzufolge könnten alle Neuronenverbindungen verstärkt worden sein, die gleichzeitig mit den »Augenfolgebewegungsneuronen« aktiv sind. Um diese Hypothese zu prüfen, wäre es notwendig, ein Training durchzuführen, bei dem die vollständige Aufmerksamkeit des Patienten auf das Bewegungsmuster gerichtet ist. Sollte das Auslösen von Augenfolgebewegungen ausreichen, um einen Therapieeffekt zu erzielen, wäre die optokinetische Stimulation auch eine gute Möglichkeit, schwerst betroffene Patienten, die nicht in der Lage sind, Suchstrategien zu erlernen, zu behandeln. Es wäre beispielsweise auch denkbar, noch nicht mobilisierte Patienten mit Hilfe eines Notebooks am Krankenbett zu stimulieren. Auch das Problem der Anosognosie wäre bei einer optokinetischen Reizung zu vernachlässigen, da diese Behandlung nur eine geringe Kooperation des Patienten erfordert. Zusammenfassend hat diese Studie gezeigt, dass eine langsame optokinetische Stimulation ähnlich positive Effekte auf den Neglect hat wie andere »Bottom-up« Therapiemethoden [7, 31]. Weitere Therapiestudien mit einer direkten Fokussierung der Aufmerksamkeit des Patienten auf das Bewegungsmuster erscheinen sinnvoll.

Literaturverzeichnis

1. Andersen RA, Snyder LH, Li CS, Stricanne B: Coordinate transformations in the representation of spatial information. *Curr Opin Neurobiol* 1993; 3: 171-176
2. Antonucci G, Guariglia C, Judica A, Magnotti L, Paolucci S, Pizzamiglio L, Zoccolotti P: Effectiveness of neglect rehabilitation in a randomized group study. *J Clin Exp Neuropsychol* 1995; 17: 383-389
3. Bisiach E, Luzzatti C: Unilateral neglect of representational space. *Cortex* 1978; 14: 129-133
4. Brandt T, Bartenstein P, Janek A, Dieterich M: Reciprocal inhibitory visual-vestibular interaction. Visual motion stimulation deactivates the parieto-insular cortex. *Brain* 1998; 121: 1749-1758
5. Cubelli R, Nichelli P, Bonito V, De-Tanti A, Inzaghi MG: Different patterns of dissociation in unilateral spatial neglect. *Brain Cogn* 1991; 15: 139-159
6. Damasio H, Damasio AR: *Lesion analysis in neuropsychology*. Oxford University Press, New York 1989
7. Frassinetti F, Angeli V, Meneghello F, Avanzi S, Ládavas E: Long-lasting amelioration of visuospatial neglect by prism adaptation. *Brain* 2002; 125: 608-623
8. Heilman KM, Watson RT, Valenstein E: In: Heilman HM, Valenstein E (eds): *Clinical neuropsychology*. Oxford University Press, New York 1985, 243-293
9. Ilg UJ: Slow eye movements. *Progr Neurobiol* 1997; 53: 293-329
10. Karnath HO: Optokinetic stimulation influences the disturbed perception of body orientation in spatial neglect. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1996; 60: 217-220
11. Karnath HO, Hartje W: In: Markowitsch HJ (ed): *Klinische Neuropsychologie*. Hogrefe Göttingen 1997, 91-154
12. Karnath HO, Christ K, Hartje W: Decrease of contralateral neglect by neck muscle vibration and spatial orientation of trunk midline. *Brain*, 1993; 116, 383-552
13. Kerkhoff G, Heldmann B: Effizienz visuell-räumlicher und visueller Neglect-Therapie: Eine Cross-over-Studie mit 13 Patienten. *Z Neuro-psychol* 1997; 8: 44-61.
14. Kerkhoff G, Münbinger U, Marquardt C: In: von Cramon D, Mai N, Ziegler W (eds): *Neuropsychologische Diagnostik*. VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim 1993, 1-38
15. Kerkhoff G, Schindler I, Keller I, Marquardt C: Visual background motion reduces size distortion in spatial neglect. *Neuroreport* 1999; 10: 319-323
16. Kinsbourne M: In Robertson IH, Marshall JC (eds): *Unilateral neglect: clinical and experimental studies*. Lawrence Erlbaum Associates, Hove 1993, 63-86
17. Ládavas E, Carletti M, Gori G: Automatic and voluntary orienting of attention in patients with visual neglect: horizontal and vertical dimensions. *Neuropsychologia* 1994; 32: 1195-1208
18. Lynch JC, McLaren JW: Deficits of visual attention and saccadic eye movements after lesions of parietooccipital cortex in monkeys. *J Neurophysiol* 1989; 61: 74-90
19. Mattingley, JB, Bradshaw, JL, Bradshaw, JA: Horizontal visual motion modulates focal attention in left unilateral spatial neglect. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1994; 57: 1228-1235
20. Münbinger U, Kerkhoff G: *Therapiematerial zur Behandlung visueller Explorationsstörungen bei homonymen Gesichtsfeldausfällen und visuellem Neglect*. EKN Materialien für die Rehabilitation 9. Borgmann Publishing, Dortmund 1995
21. Perry RJ, Zeki S: The neurology of saccades and covert shifts in spatial attention: an event-related fMRI study. *Brain* 2000; 123: 2273-2288
22. Pizzamiglio L: In: Fries W (ed): *Ambulante und teilstationäre Rehabilitation von Hirnverletzten*. Zuckschwerdt, München 1996, 43-51
23. Pizzamiglio L, Frasca R, Guariglia C, Incoccia C, Antonucci G: Effect of optokinetic stimulation in patients with visual neglect. *Cortex* 1990; 26: 535-540
24. Pizzamiglio L, Antonucci G, Judica A, Montero P, Razzano C, Zoccolotti P: Cognitive rehabilitation of the hemineglect disorder in chronic patients with unilateral right brain damage. *J Clin Exp Neuropsychol* 1992; 14: 901-923
25. Posner MI, Walker JA, Friedrich FJ, Rafal RD: Effects of parietal lobe injury on covert orienting of visual attention. *J Neurosci* 1987; 4: 1863-1874
26. Posner MI, Peterson SE: The attention system of the human brain. *Ann Rev Neurosci* 1990; 13: 25-42
27. Rubens AB: Caloric stimulation and unilateral visual neglect. *Neurology* 1985; 35: 1019-1024
28. Sakata H, Kusunoki M: Organization of space perception: neural representation of three-dimensional space in the posterior parietal cortex. *Curr Opin Neurobiol* 1992; 2: 170-174
29. Schenk T, Zihl J: Visual motion perception after brain damage: II Deficits in form-from-motion perception. *Neuropsychologia* 1997; 35: 1299-1310
30. Schenkenberg T, Bradford DC, Ajax ET: Line bisection and unilateral visual neglect in patients with neurologic impairment. *Neurology* 1980; 30: 509-517
31. Schindler I, Kerkhoff G, Karnath HO, Keller I, Goldenberg G: Neck muscle vibration induces lasting recovery in spatial neglect. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2002; 73: 412-419
32. Vallar G, Rusconi ML, Bignamini L, Geminiani G, Perani D: Anatomical correlates of visual and tactile extinction in humans: a clinical CT scan study. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1994; 57: 464-470
33. Vallar G, Guariglia C, Nico D, Pizzamiglio L: Motor deficits and optokinetic stimulation in patients with left hemineglect. *Neurology* 1997; 49: 1364-1370
34. Weintraub S, Mesulam MM: In: Mesulam MM (ed): *Principles of behavioral neurology*. FA Davis, Philadelphia 1985, 71-123
35. Werth R, von Cramon DY, Zihl J: Neglect: Phänomene halbseitiger Vernachlässigung nach Hirnschädigung. *Fortschritte Neurol Psychiatrie* 1986; 54: 21-32
36. Zimmermann P, Fimm B: *Testbatterie zur Erfassung von Aufmerksamkeitsdefiziten*. Psychologisches Institut der Universität Freiburg, Freiburg 1989

Korrespondenzadresse:

Dr. Ingo Keller
 Neurologische Klinik
 Kolbmoorerstraße 72
 D 83043 Bad Aibling
 E-Mail: IKeller@Schoen-Kliniken.de