

Intersensorische Kombinationsbehandlung bei unilateralen Sehstörungen: Eine Replikation ihrer Effektivität und eine Spezifikation ihres Aufbaus

H. Hildebrandt^{1,3}, M. Brasse¹, D. Pfefferkorn^{1,2}, A. v. d. Fecht^{1,2}, W. Sachsenheimer²

¹Universität Oldenburg, Psychologie im Gesundheitswesen

²Rehazentrum Wilhelmshaven, Neurochirurgisch-Neurologische Abteilung

³Zentralkrankenhaus Bremen Ost, Abteilung für Frührehabilitation

Zusammenfassung

Zwei Patientengruppen mit unilateralen zerebralen Sehstörungen (Hemianopsie und/oder Neglekt) wurden mit einem computergestützten Sakkaden- und Blickbewegungstraining behandelt. Die erste Gruppe erhielt dabei eine taktile und akustische, intermittierende Bahnung, die erst kurz vor dem Erscheinen des kritischen visuellen Reizes einsetzte (max. 200 ms zuvor), in ihrer räumlichen Position mit ihm übereinstimmte und beim Erscheinen des visuellen Reizes verschwand. Die zweite Gruppe erhielt eine dauernde Stimulation auf der kontraläsionalen Seite. Beide Gruppen verbesserten sich signifikant in ihrer visuellen Suchleistung und in ihrer Lesegeschwindigkeit. Dagegen fanden wir keine Vergrößerung des Gesichtsfeldes und keine Veränderung der visuellen Reaktionsgeschwindigkeit. Die Gruppe mit kontinuierlicher Bahnung zeigte in der visuellen Suche einen signifikant höheren Kompensationsgewinn als die Gruppe mit intermittierender Bahnung.

Kontinuierliche intersensorische Bahnung ist damit in Kombination mit einem Sakkaden- und Blickbewegungstraining eine effektive Methode zur neuropsychologischen Behandlung von unilateralen zerebralen Sehstörungen. Das Ergebnis kann weiter als Hinweis gesehen werden, daß die intersensorische Bahnung eher kortikal als subkortikal (in Höhe der Colliculi superiores) wirkt.

Schlüsselwörter: Hemianopsie, Neglekt, Rehabilitation, intersensorische Bahnung

Intersensoric combinational training in unilateral visual disorders

H. Hildebrandt, M. Brasse, D. Pfefferkorn, A. v. d. Fecht, W. Sachsenheimer

Abstract

We trained two patient groups with hemianopia and/or neglect for saccades and visual search in the blind hemifield. The first group additionally got short-term, stimulus-locked acoustical stimulation located nearly at the same place as the following visual stimuli or also tactile stimulation on the same side as the visual stimulus. Both kinds of stimulation preceded the visual stimulus not longer than 200 ms and stopped after its appearance. The second group was continuously stimulated on the contralesional side by turning the body or holding a weight or by transcutaneous electric nerve stimulation.

Both groups profited by the training regarding their search efficacy and their speed of reading. The training did not lead to a shrinking of visual field defect in both groups. But the group who got a continuous stimulation contralateral to the lesion documented a higher gain of search efficacy than the group with a stimulus-locked intersensoric facilitation.

Continuous stimulation of different senses combined with a functional training of saccades and visual search therefore is a prior method of rehabilitation of visual disorders of cerebral lesions. Our result argues that not mid-brain centers as the superior colliculi but a cortical reorganization is responsible for the functional gain after our training.

Key words: hemianopia, neglect, rehabilitation, intersensoric facilitation

Neurol Rehabil 1999; 5 (6): 328-334

Einleitung

In der Therapie von Gesichtsfeldausfällen und visuellem Neglekt wird zunehmend mit einer Kombination von kompensatorischem Blickbewegungstraining und therapeutischer Anwendung eines zusätzlichen, afferenten Inputs auf der kontraläsionalen Seite gearbeitet. Zahlreiche Therapie-

studien können einen Erfolg des kompensatorischen Trainings aufweisen, der sich in einer Suchfeldvergrößerung, Reduzierung der benötigten Suchzeit und einer qualitativ verbesserten Suchstrategie äußert [7, 8, 12, 22], und inzwischen gibt es einige Studien, die nicht nur eine kurzfristige [5, 6, 13, 16, 19,], sondern auch eine dauerhafte Wirksamkeit einer sensiblen Bahnung [2, 3] gezeigt haben. Der Hin-

tergrund für die therapeutische Applikation Bahnender Reize aus einer anderen als der visuellen Modalität ist darin zu sehen, daß z. B. lokalisierte akustische Reize oder taktile Stimulation zu einer verbesserten Diskrimination visueller Reize durch gesunde Versuchspersonen führen [9, 18]. Sie haben damit entweder eine Auswirkung auf die innere Aufmerksamkeitsausrichtung oder direkt auf die Entladungsschwelle von Neuronen, die Position und Richtung dekodieren. Da das Zeitfenster für die sensorische Bahnung bei gesunden Personen teilweise unter 200 ms liegt, ist nach neueren Erkenntnissen von einer frühen und automatischen Wirkung auf die visuelle Wahrnehmung auszugehen, die dann durch eine später einsetzende kognitive Interpretation unterstützt oder aufrechterhalten wird. Für eine solche Zweiphasigkeit der räumlichen Aufmerksamkeitsausrichtung spricht auch die sogenannte »inhibition of return«, eine Verlängerung der Reaktionslatenz, die nach einem automatisch wirkenden bahnenden Reiz zu finden ist, falls der kritische Reiz nicht innerhalb eines bestimmten Zeitfensters, d. h. bis ca. eine Sekunde nach dem bahnenden Reiz, auftritt [4, 15].

Eine wesentliche Rolle für den frühen intersensorischen Abgleich spielen die Colliculi superiores des Mittelhirns, die Informationen unterschiedlicher Modalitäten konvergieren und in denen Umgebungskarten in retinotopischen, kraniotopischen und körperbezogenen Koordinaten generiert und abgeglichen werden [18]. Ein solcher intersensorischer Abgleich aber sollte neuroanatomisch durch Läsionen im postchiasmatischen Verlauf der Sehbahn nicht betroffen sein. Die gefundene Wirkung bahnender Reize auf die Rückbildung der Folgen unilateraler zerebraler Sehstörungen könnte damit durch eine kompensatorische Stimulation in den Colliculi superiores erklärt werden. *Sprague* [17] hat in einer tierexperimentellen Studie eine Wirkung der Aktivierung bzw. Deaktivierung der Colliculi superiores auf das Defizit nach unilateraler zerebraler Sehstörung wahrscheinlich gemacht. Die von ihm untersuchten Tiere verloren nach unilateraler Abtragung der Sehrinde die Reaktionsfähigkeit auf kontralateral dargebotene Reize. Bei zusätzlicher operativer Läsion im kontralateralen Colliculus superior kompensierte dieses funktionelle Defizit partiell. Offensichtlich wurde der kontralaterale Colliculus superior durch die zuerst gesetzte kortikale Läsion derart stark desinhibiert, daß der ipsiläsionale Colliculus von ihm vollständig inhibiert werden konnte. Diese Inhibition wurde dann durch die zweite Läsion rückgängig gemacht – mit entsprechend positiver Auswirkung auf die Verhaltensleistung der betroffenen Tiere. Spätere Experimente haben gezeigt, daß dasselbe Resultat durch Unterbrechung der kollikulären Kommissurenbahnen erreicht werden kann.

Die vorliegenden Untersuchungen zur akuten oder therapeutischen Kompensation von Neglekt und Hemianopsie durch zusätzliche kontraläsionale Stimulation arbeiteten durchwegs mit andauernder Bahnung [2, 3, 5, 6, 13, 16, 19]. Tierexperimentell konnte aber gezeigt werden, daß nur annähernd zeitgleiche Stimuli aus verschiedenen Modalitäten (akustisch – visuell, taktil – visuell, taktil – akustisch – vi-

suell) in den Colliculi superiores eine effektive Bahnung erreichen. Zeitverschobene Stimuli können dagegen zu einer Hemmung (Minderung) der räumlichen Lokalisation des zweiten Stimulus führen [4, 15, 18]. Eine analoge Tatsache gilt für den Alerting-Effekt in der Aufmerksamkeitsforschung [14], wo längere Interstimulusintervalle keine Steigerung der Reaktionsgeschwindigkeit nach sich ziehen, eine enge zeitliche Kopplung zwischen Warnreiz und kritischem Reiz aber eine deutliche Auswirkung auf das Verhalten hat. Im Prinzip sollte deshalb eine intermittierende, zeitlich eng an das Erscheinen des kritischen visuellen Reizes gekoppelte Bahnung eine besonders effektive Kompensationsmethode sein. Dazu muß der bahnende Reiz nicht länger als 200 ms vor dem kritischen Reiz dargeboten werden und bis zum Erscheinen dieses Reizes anhalten.

In einer früheren Untersuchung haben wir gezeigt, daß kontinuierliche Bahnung einen therapeutischen Add-On-Effekt für ein funktionelles Training unilateraler zerebraler Sehstörungen bewirkt [3]. Die gefundene Verbesserung betraf differentiell die Kompensation, d. h. die visuelle Suchleistung, aber nicht die Restitution der Sehstörung, so daß es keine spezifische Veränderung in der Entdeckungsleistung bei statisch fixierter Augenstellung gab. Aufgrund des vorhandenen Wissens um die zeitkritische Bedeutung der intermittierenden Bahnung für die Konvergenzneurone in den Colliculi superiores war Ziel der aktuellen Untersuchung erstens die Frage, ob *kurzfristig und gleichzeitig* mit dem visuellen Reiz applizierte Stimuli den Kompensationsprozeß von unilateralen zerebralen Sehstörungen stärker fördern als eine dauerhafte Bahnung. Zweitens sollte untersucht werden, ob eine zeitlich enge Kopplung von bahnendem und kritischem Reiz möglicherweise auch einen Restitutionsseffekt auf eine unilaterale zerebrale Sehstörung ausübt.

Methode

Patienten

30 Patienten wurden in derselben Weise trainiert wie in der vorausgehenden Untersuchung [3]. Die Patienten wurden ausschließlich aufgrund des Zeitpunktes ihres Klinikaufenthaltes einer der beiden Gruppen zugeordnet. Die erste Gruppe bestand aus 16 Patienten, von denen zwei ausgeschlossen werden mußten, weil sie ein sehr lang zurückliegendes Ereignis aufwiesen (36 Monate und 49 Monate). Ihr Ausschluß führte zu keiner wesentlichen Veränderung der weiter unten dargestellten Ergebnisse. Die zweite Gruppe bestand aus 16 Patienten.

Diagnostik

Die Diagnostik erfolgte vor und nach dem Training. Zur Durchführung der Diagnostik wurde ein Computer des Typs 486 DX 2s (66 MHz) mit einem 17 Zoll Monitor benutzt. Die Patienten saßen in einem Abstand von 50 cm in

zentraler Position vor dem Bildschirm. Dadurch wurde für die Test- und Trainingssituation eine beidseitige Ausdehnung des Präsentationsraumes von je 17 Sehwinkelgraden in der Horizontalen und je 10 Sehwinkelgraden in der Vertikalen erreicht. Untersuchung und Training fanden in einem abgedunkelten Raum bei optimaler Kontrasteinstellung des Computermonitors statt.

Vier Verfahren wurden für die Abbildung des Trainingserfolges durchgeführt: Das Screening der vorhandenen zerebralen Sehstörung fand mittels der Untertests »Gesichtsfeld-/Neglekt-Test« und »Visuelles Scanning« aus der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) von Zimmermann und Fimm [23] statt (zur Beschreibung dieser Verfahren siehe [3]). Das erste Verfahren diente zur Prüfung eines Remissionseffekts, das zweite zur Messung der erreichten Kompensation, weil in ihm Blickbewegungen eingesetzt werden müssen. Zur Überprüfung des Therapieerfolges wurde zusätzlich ein Lesetest durchgeführt. Dazu diente ein kurzer Informationstext über Mallorca auf einer DIN A 5 Seite in der Schriftart Courier 12. Außerdem wurden der Grad der Beeinträchtigung und die Spontanremission mit dem Subtest »Alertness« der TAP gemessen, welche die visuellen Reaktionszeiten mit und ohne Warnton erfaßt. Die visuellen Reaktionszeiten wurden verwendet, weil sie einen sensiblen Indikator für den Reorganisationsprozeß nach Hirnverletzungen darstellen [1, 20].

Training – Kombinationsbehandlung

Jeder Patient erhielt über einen Zeitraum von etwa vier Wochen insgesamt 20 halbstündige Trainingseinheiten am Computer. Jede Trainingseinheit bestand aus einem viertelstündigen Sakkaden- und einem viertelstündigen Suchtraining mit selbstentwickelter Software. In beiden Trainingsuntereinheiten wurde der Trainingsschwerpunkt gemäß der Lokalisation des Ausfalls eingestellt und der Schwierigkeitsgrad in Anlehnung an die Leistung des Patienten variiert [3].

Sensible Bahnung

Therapeutisch erhielt die erste Gruppe zusätzlich zum Computertraining eine intermittierende Stimulation. Da-

runter ist eine eng an das Auftreten des kritischen visuellen Reizes gekoppelte zusätzliche Stimulation zu verstehen, die dem visuellen Reiz maximal 200 ms voranging. Einerseits wurde dafür eine transkutane elektrische Nervenstimulation (TENS) im Nackenbereich appliziert, und zwar auf der Seite, auf der der visuelle Reiz erscheinen würde. Andererseits hörte diese Gruppe zusätzlich einen akustischen Reiz, der per Lautsprecher annähernd an derselben Stelle generiert wurde wie der zu entdeckende visuelle Stimulus. Auch der akustische Reiz lief dem visuellen Reiz 200 ms voraus und hielt nur bis zu dessen Präsentation an. Akustische und TENS-Stimulation wurden mittels selbstentwickelter Soft- und Hardware durch denselben PC kontrolliert, der das Training steuerte und die Reaktionen erfaßte. Über das Training hinweg wurde die Zeitdauer, mit der die Reize dem visuellen Stimulus vorangingen, reduziert bis zum Zustand einer echten Gleichzeitigkeit. Außerdem wurde erst der transkutane und dann der akustische Reiz »ausgeschlichen«, so daß kurz vor dem zweiten Diagnostikzeitpunkt keine zusätzliche Bahnung mehr stattfand.

Bei der zweiten Gruppe benutzten wir die Form der Bahnung, auf welche die Patienten im Rahmen einer Zusatzdiagnostik am besten reagierten. Überprüft wurden Rumpfdrehung, Halten eines Gewichts mit der kontraläsionalen Hand und TENS im Nackenbereich. Die Mehrzahl der Patienten der zweiten Gruppe wurde mit dauernder Rumpfdrehung trainiert, zwei Patienten dieser Gruppe erhielten kontinuierliche Stimulation mit einem TENS-Gerät, ein Patient hielt während des Trainings ein leichtes Gewicht in der kontraläsionalen Hand. Auch diese Stimulation wurde bis zum zweiten Diagnosezeitpunkt sukzessiv reduziert.

Ergebnisse

Patientengruppen

Die Patienten der ersten Gruppe waren mit durchschnittlich 69 Jahren um fünf Jahre älter als die der zweiten Gruppe (64 Jahre) (siehe Tab. 1). Dieser Unterschied ist nicht signifikant. Auch hinsichtlich der Dauer des akuten Ereignisses, welches zur Aufnahme in die Klinik geführt hat, unterschieden sich die beiden Patientengruppen nicht signifi-

Gruppe	Intermittierend			Kontinuierlich		
	Median	Mittelwert	SD	Median	Mittelwert	SD
Alter	71	69	9	66	64	12
Dauer (in Monaten)	1,00	3,07	3,62	1,00	1,50	0,98
Reaktionszeit ohne Warnton (Prä)	298,50	381,25	205,28	355,50	416,97	182,93
Reaktionszeit ohne Warnton (Post)	329,00	396,50	145,01	323,50	361,22	138,88
Reaktionszeit mit Warnton (Prä)	350,00	380,29	202,77	352,50	362,16	115,22
Reaktionszeit mit Warnton (Post)	318,00	350,60	129,12	318,50	336,78	113,62

Tab. 1: Alter der Patienten, Dauer der Erkrankung und visuelle Reaktionszeiten. Keiner der Unterschiede in der Tabelle ist statistisch signifikant, weder zwischen den Gruppen noch im Prä/Post Vergleich

kant. Weiter gab es zwischen den beiden Patientengruppen keine signifikanten Unterschiede in den visuellen Reaktionszeiten mit und ohne Warnton.

Dasselbe gilt für die Verteilung der Krankheitsursachen. Bis auf vier Patienten war immer ein zerebrovaskuläres Ereignis der Grund für die Aufnahme in die Reha-Klinik. Zwei Patienten der ersten Gruppe hatten ein Schädel-Hirn-Trauma erlitten, ebenfalls zwei Patienten der zweiten Gruppe eine Tumor-Operation. Jeweils sechs Patienten der ersten Gruppe waren Patienten mit Zustand nach Posterior-Infarkt bzw. nach Media-Infarkt. Sechs Patienten der zweiten Gruppe hatten einen Posterior-Infarkt erlitten, acht einen Media-Infarkt. Alle diese Unterschiede zwischen den Gruppen sind ausschließlich den klinischen Rahmenbedingungen, d. h. dem Zeitpunkt ihrer Aufnahme in die Reha-Klinik, geschuldet.

Die Gruppe mit intermittierender Bahnung ist in der visuellen Reaktionszeit ohne Warnton in absoluten Werten schneller als die mit kontinuierlicher Bahnung. Dieser Unterschied findet sich bei Testung mit Warnton aber nicht. Da keiner dieser Unterschiede signifikant ist, kann von einer annähernden Leistungshomogenität der beiden Gruppen ausgegangen werden. Wir konnten weiter keine signifikante Veränderung der visuellen Reaktionszeiten zwischen Testzeitpunkt 1 und 2 feststellen.

Trainingsergebnisse

Tab. 2 gibt einen umfassenden Überblick über die Trainingsergebnisse. Statistisch wurden die Werte mit einer Varianzanalyse mit Meßwiederholung geprüft, und zwar mit dem Diagnosezeitpunkt (Prä/Post) als intraindividuellem Faktor und den beiden Trainingsverfahren als interindividuellen Faktoren. Da die Gruppen klein sind, wurde bei jeder statistischen Prüfung Sphärizität angenommen, um Verteilungsfehler zu minimieren.

Je nach Resultat der statistischen Prüfung lassen sich die gefundenen Veränderungen in drei Klassen einordnen. Im Bereich der Gesichtsfeldtestung findet sich kein Hinweis auf eine signifikante Verbesserung durch das Training. Beide Gruppen profitieren zwar von dem Training, wenn man die absoluten Werte betrachtet, diese Veränderung wird aber nicht signifikant. Eine analoge Aussage muß für die visuelle Suchzeit bei Abwesenheit eines kritischen Reizes getroffen werden, wo sich in den absoluten Werten keine positive Veränderung zeigt. Man kann diese Tatsache allerdings auch so interpretieren, daß die Patienten beim zweiten Diagnostikzeitpunkt länger nach kritischen Reizen suchen, weil sie sich durch das Training ihres Defizits bewußter geworden sind.

Zu der zweiten Gruppe der Ergebnisse gehören die Lesegeschwindigkeit und die visuelle Suchzeit bei Anwesenheit kritischer Reize. Die Lesegeschwindigkeit vergrößert sich schwach signifikant [$F(1,16): 3.345, p=0,086$] (siehe Abb. 1). Allerdings mußte die Leseprüfung in der Eingangsdiagnostik bei 12 der Patienten abgebrochen werden, weil Lesen gänzlich unmöglich war. Bei vier von diesen

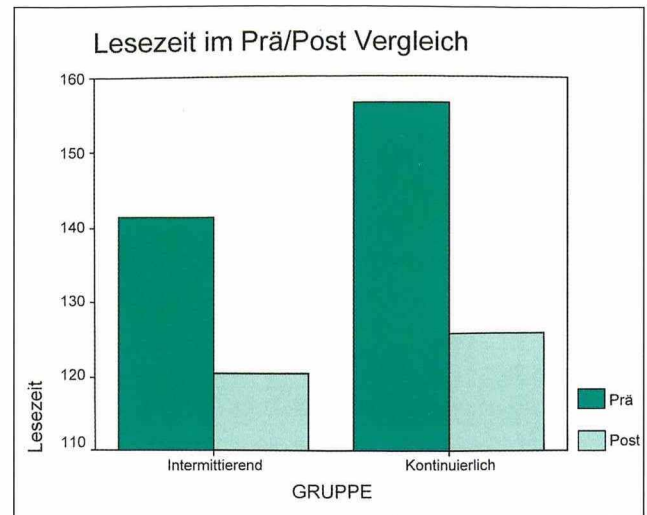


Abb. 1: Beide Gruppen profitierten durch das Training deutlich in ihrer Lesegeschwindigkeit. Der Zuwachs an Lesegeschwindigkeit unterscheidet sich zwischen den Gruppen aber nicht signifikant

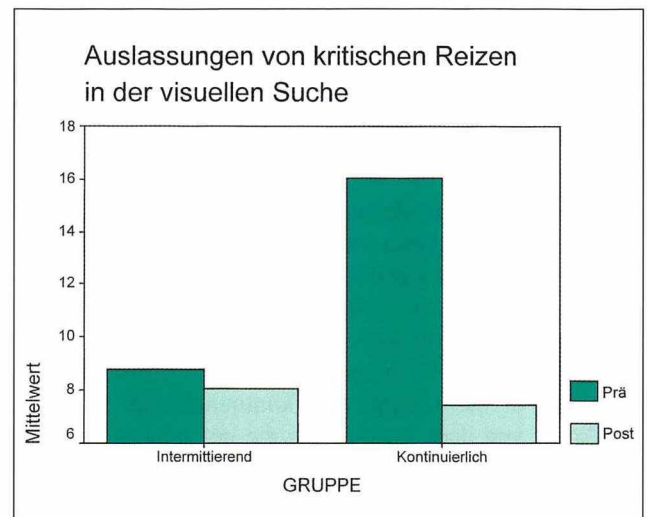


Abb. 2: Die Gruppe mit kontinuierlicher Bahnung profitiert signifikant stärker von dem Training als die mit intermittierender Bahnung (in einer Varianzanalyse mit Meßwiederholung, siehe Text). In absoluten Zahlen läßt die Gruppe mit kontinuierlicher Bahnung bei der Voruntersuchung mehr Reize aus. Dieser scheinbare Gruppenunterschied ist aber weder im t-Test noch im Mann-Whitney U-Test signifikant

12 Patienten war nach dem Training die Lesegeschwindigkeit überprüfbar. Schätzt man deren Lesegeschwindigkeit für die Eingangsdiagnostik, indem man ihre Geschwindigkeit zum zweiten Meßzeitpunkt durch die mittlere Verbesserung ihrer Gruppe teilt, dann lassen sich diese vier Werte in der Datenbank ergänzen. Bei ihrer Einbeziehung ergibt sich eine signifikante Verbesserung von [$F(1,20): 9.781, p=0,005$]. Die Interaktion zwischen Gruppe und Prä/Post Diagnostik wird nicht signifikant.

Ein analoges Ergebnis zeigt sich für die Suchzeit bei Anwesenheit kritischer Reize in der visuellen Suche. Hier ergibt sich ein signifikanter Trainingseffekt von [$F(1,30): 4.268, p=0,049$], aber wiederum keine Interaktion zwischen den Gruppen.

Gruppe	Intermittierend			Kontinuierlich		
	Median	Mittelwert	SD	Median	Mittelwert	SD
Gesichtsfeld						
Auslassungen links (Prä)	4,0	7,0	7,9	4,0	6,5	7,3
Auslassungen links (Post)	3,5	6,8	7,5	2,5	4,3	5,6
Auslassungen rechts (Prä)	10,5	10,1	6,4	5,0	5,9	7,2
Auslassungen rechts (Post)	7,5	7,8	6,2	6,0	6,3	6,8
Visuelle Suche						
<i>Auslassungen (Prä)</i>	7,5	8,8	6,6	18,0	16,1	11,3
<i>Auslassungen (Post)</i>	8,0	8,1	6,9	5,0	7,4	9,4
<i>Suchzeit bei anwesenden kritischen Reizen (Prä)</i>	8618	8567	4655	6263	7991	4780
<i>Suchzeit bei anwesenden kritischen Reizen (Post)</i>	7331	7829	3954	4953	5956	3808
Suchzeit bei abwesenden kritischen Reizen (Prä)	13985	14209	7945	12339	12802	7179
Suchzeit bei abwesenden kritischen Reizen (Post)	16922	16662	9574	10028	11647	5923
Lesen						
<i>Lesegeschwindigkeit (Prä)</i>	91	142	113	126	156	73,5
<i>Lesegeschwindigkeit (Post)</i>	105	128	91	106	124	37,6

Tab. 2: Trainingsergebnis im Prä/Post Vergleich. Signifikante Unterschiede finden sich im Prä/Post Vergleich für die Lesegeschwindigkeit, die Zahl der Auslassungen in der visuellen Suche und die Suchzeit bei anwesenden kritischen Reizen (kursiv markiert). Außerdem ist die Interaktion zwischen Prä/Post Vergleich und Trainingsgruppe bei der Zahl der Auslassungen beim visuellen Suchen signifikant, was bedeutet, daß sich diese Gruppe überproportional verbessert (kursiv markiert und unterstrichen)

In die dritte Gruppe statistischer Ergebnisse fällt die Zahl der Auslassungen beim visuellen Suchen (siehe Abb. 2). Hier findet sich ein signifikanter genereller Verbesserungseffekt [$F(1,20): 9.256, p=0,005$] und ein völlig identischer Interaktionseffekt für die Gruppe und die Prä/Post Untersuchung [$F(1,20): 9.256, p=0,005$]. Damit profitierten die Patienten in der Gruppe mit kontinuierlicher Bahnung deutlicher von dem Training als die mit intermittierender Bahnung.

Diskussion

Unsere Trainingsergebnisse replizieren frühere, die einen deutlichen Effekt eines Sakkadentrainings auf die Suchleistung von Hemianopikern [8, 22] und von Neglektpatienten [12] gezeigt haben. In dem Test zur visuellen Suche verbessern sich beide Patientengruppen signifikant, was die Geschwindigkeit in der Entdeckung kritischer Reize und die Reduktion der Zahl der Auslassungen betrifft. Daraus ist zu folgern, daß unsere Patienten vermehrt ihre Augenbewegungen für die Kompensation des ausgefallenen Gesichtsfeldbereiches einsetzen. Eine entsprechende Vergrößerung des Blickfeldes konnte in der Vergangenheit nach einem vergleichbaren Training auch mit einer Blickbewegungskamera festgestellt werden [21].

Die erzielten Trainingsverbesserungen waren selektiv und spezifisch. Wir erreichten durch unser Training weder eine signifikante Verbesserung der visuellen Reaktionszeit noch eine Verbesserung der visuellen Entdeckungsleistung in einem Verfahren, das der Gesichtsfeldperimetrie ähnelt. Diese beiden Tatsachen sind deshalb bedeutsam, weil sie

zweierlei Interpretationen unserer Ergebnisse entgegenstehen: Erstens zeigt die Selektivität, daß die Verbesserung unserer Patienten nicht auf eine Ähnlichkeit zwischen Testaufgaben und Trainingsverfahren zurückgeführt werden kann. Wäre dieses der Fall, dann wäre viel eher in der Messung der visuellen Entdeckungsleistung eine Verbesserung zu erwarten gewesen, weil sich Trainingsverfahren und Testverfahren ähnelten. Zweitens ist die Spezifität der Verbesserung auch ein Zeichen dafür, daß unsere Ergebnisse nicht auf eine generelle Spontanremission zurückzuführen sind. Bei einer Spontanremission wäre eine Verbesserung in allen oder zumindest den meisten Verfahren zu erwarten gewesen. In unserem Fall fanden wir aber eine ausschließlich auf die visuelle Suche beschränkte Verbesserung, d. h. in dem Kerngebiet, in dem eine solche zu erwarten gewesen ist. Zu einem gewissen Maße stellen unsere Ergebnisse damit auch den häufig formulierten Einwand in Frage, daß die nachgewiesenen Trainingseffekte der neuropsychologischen Computertherapie ausschließlich auf die Ähnlichkeit zwischen Training und Testung zurückzuführen sind. Offensichtlich ist es uns in unserer nicht ganz kleinen Gruppe trotz intensiver Computertherapie nicht gelungen, einen unspezifischen Verbesserungseffekt zu erzielen.

Das zweite wesentliche Ergebnis unserer Untersuchung ist, daß intermittierende Bahnung, so wie sie von uns durchgeführt wurde, keinen besonders förderlichen Effekt auf die Rückbildung von Störungen der visuellen Exploration und der visuellen Entdeckungsleistung hat. Zusammen mit der zweiten Gruppe betrachtet, verbesserte sich die Gruppe mit intermittierender Bahnung beim visuellen Suchen in der

Antwortzeit bei Anwesenheit kritischer Reize, bei der Zahl der Auslassungen in der visuellen Suche und in der Lesegeschwindigkeit. Post hoc gerechnete gepaarte t-Tests erbrachten für diese Gruppe allerdings nur einen signifikanten Prä/Post Vergleich, in der Lesegeschwindigkeit. D. h. wir konnten mit diesem Training nur eine eingeschränkte Kompensation, in jedem Fall aber keine signifikante Restitution erreichen.

Dagegen konnten wir für die Gruppe mit kontinuierlicher Bahnung unser früheres Ergebnis einer signifikanten Verbesserung der Kompensation durch Training replizieren. Diese Verbesserung war darüber hinaus selektiv (d. h. nur in den Teilen der Diagnostik nachweisbar, die wirklich Kompensation messen) und sie generalisierte auf eine nicht trainierte Leistung, die Lesegeschwindigkeit. Im Kontext mit unserer früheren Untersuchung [3] betrachtet, *stellt kontinuierliche Bahnung demnach eine wesentliche Effektivitätssteigerung der Behandlung unilateraler zerebraler Sehstörungen dar.*

Es kann nicht endgültig ausgeschlossen werden, daß die etwas andere Zusammensetzung der ersten Untersuchungsgruppe für ihr schlechteres Ergebnis verantwortlich ist. Zwar sind beide Patientengruppen statistisch gesehen gleich alt und auch die Dauer seit dem Ereignis unterscheidet sich nicht signifikant. In absoluten Zahlen ist die Gruppe mit intermittierender Reizung aber etwas älter. Sie ist allerdings auch weniger chronifiziert. Als weiterer Faktor könnte die Ätiologie und die Größe der Läsion eine gewisse Rolle gespielt haben. In der ersten Gruppe sind proportional weniger Posteriorinfarkte als in der zweiten Gruppe. Andererseits differierten die beiden Gruppen ansonsten kaum voneinander und bestanden fast ausschließlich aus Personen mit zerebrovaskulären Ereignissen. Eine Erklärung durch Gruppenunterschiede speziell durch eine Negativauslese von Patienten für die erste Gruppe ist damit unwahrscheinlich und durch die Ergebnisse in der Messung der visuellen Reaktionszeit eigentlich widerlegt.

Abstrahiert man von methodischen Problemen, so könnte der deutlich geringere Nettoimpuls der Bahnung eine zweite Erklärung darstellen. Da die intermittierende Bahnung immer nur 200 ms anhielt (dem visuellen Reiz voranlaufend), erhielten diese Patienten zeitlich gesehen deutlich weniger Bahnung als die der zweiten Gruppe. Hinzu kommt, daß die Patienten der ersten Gruppe mit intermittierender Reizung sowohl signifikante Cues für die intakte Seite wie für die betroffene Seite erhielten. Auch dieser Tatbestand hat den Nettoimpuls deutlich reduziert.

Als dritte Erklärungsmöglichkeit wäre die Art der Bahnung zu nennen: Bei der intermittierenden Bahnung wurde am stärksten mit akustischen Signalen gearbeitet, propriozeptive Stimuli (z. B. durch Rumpfdrehung oder Gewichthalten) wurden dagegen kaum benutzt. Die Fähigkeit zur Lokalisation akustischer Reize ist beim Menschen aber deutlich geringer entwickelt als bei Tieren und der visuellen Raumlokalisierung untergeordnet (vgl. den »Bauchrednereffekt«). Der Einsatz einer individuellen, auf das beste Ansprechen

abgestimmten Form der Bahnung in der zweiten Gruppe könnte alternativ den besseren Trainingseffekt in dieser Gruppe erklären.

Tierexperimentelle Untersuchungen haben einen bahnenenden Effekt zweier Reize verschiedener Modalität gezeigt, wenn diese annähernd gleichzeitig und am selben Ort der Umgebung wahrgenommen werden. Zeitunterschiede zwischen den Reizen wirken dagegen teilweise hemmend auf die Aktivität von multisensorischen Neuronen im Colliculus superior [18]. In unserer Untersuchung konnten wir dagegen keinen besonderen Effekt intermittierender Reize für den Trainingserfolg feststellen. Aufgrund der diskutierten methodischen Unterschiede in ihrer Applikation ist ein abschließendes Urteil über die Effektivität intermittierender Stimulation aber erst möglich, wenn in einer neuen Untersuchung der Nettoimpuls und die Qualität des intermittierenden Signals an die eines kontinuierlichen angepaßt wurden. Der Nachweis einer unterschiedlichen Effektivität kontinuierlicher versus intermittierender Bahnung würde dann aber implizieren, daß die in dieser und der vorangehenden Studie gefundene Kompensation nicht auf zeitgekoppelte neuronale Aktivität in den Colliculi superiores zurückzuführen ist. Eine kontinuierliche Aufmerksamkeitslenkung zur kontralateralen Seite bewirkt hingegen eher eine Reorganisation kortikaler Neurone, die eine abstraktere Raumrepräsentation generieren.

Diese Arbeit wurde durch Mittel der Landesversicherungsanstalt Oldenburg/Bremen gefördert.

Korrespondenzadresse:

Dr. habil. H. Hildebrandt
Universität Oldenburg
Arbeitseinheit Psychologie im Gesundheitswesen
Postfach 2503
26111 Oldenburg
e-mail: hildebrandt@psychologie.uni-oldenburg.de

Literatur

1. Collins LF, Long ChJ: Visual reaction time and its relationship to neuropsychological test performance. *Arch Clin Neuropsych* 1996; 7: 613-623
2. Ferber S, Bahlo S, Ackermann H, Karnath HO: Vibration der Nackenmuskulatur als Therapie bei Neglectsymptomatik? – Eine Fallstudie. *Neurol Rehabil* 1998; 4, 21-24
3. Hildebrandt H, Benetz J, Schröder A, Sachsenheimer W: Behandlungserfolge bei Gesichtsfeldausfall und Neglect durch kompensatorisches Training und sensible Anbahnung. *Neurol Rehabil* 1998; 4: 132-136
4. Jonides J: Voluntary versus automatic control over the mind's eye's movement. In: Long JB, Baddeley AD (Eds): *Attention and Performance IX*. Erlbaum, Hillsdale 1981; 187-203
5. Karnath H-O: Subjective Body Orientation in Neglect and the Interactive Contribution of Neck Muscle Proprioception and Vestibular Stimulation. *Brain* 1994; 117: 1001-1012
6. Karnath H-O, Schenkel P, Fischer B: Trunk Orientation as the Determining Factor of the 'Contralateral' Deficit in the Neglect Syndrome and as the Physical Anchor of the Internal Representation of Body Orientation in Space. *Brain* 1991; 114: 1997-2014
7. Kasten E, Wiegmann U, Sabel BA: Rehabilitation zerebraler bedingter Gesichtsfeldeinschränkungen – Überblick. *Z Neuropsych* 1994; 5: 127-150
8. Kerkhoff G, Münßinger U, Meier KE: Neurovisuelle Rehabilitation in Cerebraler Blindheit. *Arch Neurol* 1994; 51: 474-481
9. Lewald J, Ehrenstein WH: The effect of eye position on auditory lateralization. *Exp Brain Res* 1996; 108: 473-485
10. Meredith MA, Stein BE: Descending efferents from the Superior Colliculus relay integrated multisensory information. *Science* 1985; 227: 657-659
11. Nadeau SE, Heilman KM: Gaze-dependent hemianopia without hemispatial neglect. *Neurology* 1991; 41: 1244-1250
12. Pizzamiglio L, Antonucci G, Judica A, Montenero P, Razzano C: Cognitive rehabilitation of the hemineglect disorder in chronic patients with unilateral right brain damage. *J Clin Exp Neuropsychol* 1992; 14: 901-923
13. Pizzamiglio L, Frasca R, Guariglia C, Incoecia C, Antonucci G: Effect of Optokinetic Stimulation in Patients with Visual Neglect. *Cortex* 1990; 26: 535-540
14. Posner ML: *Chronometric Explorations of Mind*. Erlbaum, Hillsdale 1978
15. Posner ML, Cohen Y: Components of visual orienting. In: Bouma D, Bonwhins D (Eds): *Attention and Performance X*. Erlbaum, Hillsdale 1984; 531-556
16. Rubens AB: Caloric Stimulation and Unilateral Visual Neglect. *Neurology* 1985; 35: 1019-1024
17. Sprague JM: Interaction of cortex and superior colliculus in mediation of visually guided behavior in the cat. *Science* 1966; 153: 1544-1547
18. Stein BE, Meredith MA: *The merging of the senses*. MIT Press, Cambridge 1993
19. Vallar G, Rusconi ML, Barozzi S, Bernadini B, Ovadia D, Papagno C, Cesarani A: Improvement of Left Visual-spatial Hemineglect by Left-sided Transcutaneous Electrical Stimulation. *Neuropsychologia* 1995; 33: 73-82
20. Western S, Long ChJ: Relationship between reaction time and neuropsychological test performance. *Arch Clin Neuropsych* 1996; 11: 557-571
21. Zihl J: Visual scanning behavior in patients with homonymous hemianopia. *Neuropsychologia* 1995; 33: 287-303
22. Zihl J: Zur Behandlung von Patienten mit homonymen Gesichtsfeldstörungen. *Z Neuropsych* 1990; 2: 95-101
23. Zimmermann P, Fimm B: Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung [Attention test battery]. *PsyTest*, Freiburg 1992