

Der Zihlschlachter Explorationstest (ZET) – ein Verfahren zur Beurteilung des visuellen Explorationsverhaltens anhand großflächig projizierter Alltagsfotos

K. von Falkenhayn^{1,2}, A. Binder¹, N. Jait³, J. C. Möller^{1,4}, R. Müri¹, C. Schmidt¹, R. Schweinfurth¹, I. Recker¹

¹ Rehaklinik Zihlschlacht AG, Zihlschlacht, Schweiz

² Spital Thurgau AG, Münsterlingen, Schweiz

³ Department of Psychology, UZH Zürich, Zürich, Schweiz

⁴ Dept. of Neurology, Philipps University, Marburg, Germany

Zusammenfassung

Viele Schlaganfallbetroffene sind aufgrund von homonymen Gesichtsfeldstörungen und/oder einem visuellen Neglect in ihrem Alltag massiv durch visuelle Explorationsstörungen unterschiedlichen Ausmaßes eingeschränkt. Zwar stehen zahlreiche Testverfahren für die Überprüfung des Gesichtsfeldes zur Verfügung, allerdings lässt die Gesichtsfeldtestung keine zuverlässigen Rückschlüsse für das Alltagsverhalten von Betroffenen zu. Der Zihlschlachter Explorationstest (ZET) wurde entwickelt, um das spontane visuelle Explorationsverhalten anhand von großformatigen Alltagsszenen zu beurteilen. Anhand einer Gruppe von Schlaganfallbetroffenen (N=58), mit und ohne visuelle Explorationsstörungen, im Alter zwischen 28 und 79 Jahren, wurde das visuelle Explorationsverhalten mittels ZET und weiterer Referenztests (TAP-Neglect und Cats-Test) zu zwei Zeitpunkten untersucht.

Schlüsselwörter: visuelle Exploration, Schlaganfall, Neglect, Gesichtsfeld

Es ergaben sich signifikante Unterschiede hinsichtlich des visuellen Explorationsverhaltens beider Gruppen. So wiesen Personen mit Explorationsstörungen erheblich größere Schwierigkeiten und ein unsystematischeres Suchverhalten auf als jene ohne diese Einschränkungen. Dies ließ sich im ZET als asymmetrischer Punktwert im Rechts-Links-Vergleich nachweisen. Die Studie gibt Grund zur Annahme, dass der ZET ein geeignetes und belastbares Verfahren darstellt, welches schnelle und aussagekräftige Resultate für das visuelle Explorationsverhalten in einem alltagsähnlichen Szenario liefert. Zudem zeigte sich in beiden Gruppen eine Verbesserung in den Tests zum zweiten Messzeitpunkt. Außerdem konnte eine positive Korrelation zu den eingesetzten Referenztests und dem ZET gefunden werden.

Einleitung

Störungen der visuellen Exploration sind eine einschneidende und häufige Folge von Hirnverletzungen. Gesichtsfelddefekte, wie homonyme Hemi- und Quadrantenanopsien, ein visueller Neglect oder die Kombination beider Störungsbilder führen zu einer verminderten visuellen Exploration [9, 15, 17]. Etwa ein Drittel aller Schlaganfallbetroffenen leidet unter visuellen Störungen [9]. Die Angaben zur Inzidenz visueller Explorationsstörungen nach einer Hirnverletzung variieren in den Stichproben je nach Läsion, Ausmaß der Schädigung [8] sowie dem Alter der Studienteilnehmenden. In einer Studie von Neumann et al. [13] fanden sich in einer Gruppe von 656 hirnverletzten Personen bei den unter 65-jährigen Schlaganfallbetroffenen 20–40% mit neurovisuellen Störungen. Bei den über 65-Jährigen mit zerebrovaskulären Läsionen stieg diese Inzidenz auf 40–60%. Gesichtsfeldausfälle nahmen unter den visuellen Störungen mit 70% den Spitzenplatz ein, wobei 18% der Betroffenen einen visuellen Neglect zeigten.

Für Schlaganfallbetroffene stellen visuelle Explorationsstörungen eine erhebliche Behinderung im Alltag dar, welche große Gefahren birgt. Zudem beeinflussen sie den Rehabilitationsverlauf und führen zur Reduktion der Lebensqualität [15, 16, 18]. Durch die Wahl geeigneter Maßnahmen können Betroffene Strategien zur Kompensation erlernen [10]. Diagnostisch stehen für die Testung des Gesichtsfeldes diverse Perimetrie-Verfahren zur Verfügung. Bei allen Verfahren werden mit definierter Lichtmarkengröße und Helligkeit die Gesichtsfeldaußengrenzen, allfällige Skotome sowie die Wahrnehmung von unbewegten Reizen geprüft. Die Crux liegt jedoch darin, dass der Perimetrie-Befund keine Anhaltspunkte für das visuelle Verhalten von hirnverletzten Personen im Alltag liefert [15, 16]. Aus diesem Grund ist neben der Beurteilung des Gesichtsfeldes eine aussagekräftige Testung der visuellen Exploration für die Wahl geeigneter Therapieinterventionen sowie zur Verlaufsbeurteilung unerlässlich. Oft kommen neuropsychologische Verfahren als strukturierte Such- und Durchstreichtests, meist im A4-Format, zum Einsatz. Leider lassen diese oft keine sicheren Rückschlüsse auf ein visuelles Verhalten im

Alltag zu, da es sich dabei um vorgegebene strukturierte Suchaufgaben handelt, bei welchen Zielreize aus einer Reihe von Distraktoren gesucht und durchgestrichen werden müssen. Da hier keine freie visuelle Exploration stattfindet, zeigt sich häufig ein unauffälliges Ergebnis [1, 2, 8, 14]. Blickstrategien werden jedoch auch stark von einer Aufgabenstellung beeinflusst [12]. Im realen Alltagsverhalten zeigt sich oft ein anderes Bild, vor allem dann, wenn rasche Reaktionen gefordert sind oder eine Vielzahl von Reizen beachtet werden müssen. Dabei übersehen Betroffene beispielsweise Gegenstände oder Personen [8]. Die Orientierung in fremder Umgebung misslingt, die Teilnahme am Straßenverkehr kann sogar als Fußgänger lebensgefährlich werden. Aus diesem Grund entstand im klinischen Alltag der Eindruck, dass die freie visuelle Exploration und das alltagsrelevante visuelle Verhalten mit kleinformatischen, strukturierten Tests nicht zuverlässig und umfassend genug abgebildet werden können. Bisher hat es sich in der Rehaklinik Zihlschlacht bewährt, Patientinnen und Patienten großflächig projizierte Alltagsbilder absuchen zu lassen, ihr Explorationsverhalten zu notieren und auszuwerten. Dieses Testverfahren, der Zihlschlachter Explorationstest (ZET), unterscheidet sich im Wesentlichen von bisherigen standardisierten und strukturierten Testverfahren durch die Komplexität der zu explorierenden Vorlage. Darüber hinaus zeichnet sich der ZET durch alltagsnahe Bilder sowie eine gesichtsfeldfüllende Projektion über einen Beamer aus. Das Ziel der Studie ist es, mithilfe des ZET ein standardisiertes, objektives und gleichzeitig alltagsnahes Messinstrument für den Einsatz in der klinischen Praxis zur Verfügung zu stellen, welches zudem ökonomisch ist. Durch spontanes Verhalten der Teilnehmenden sollen auch verborgene Explorationsdefizite wie Restneglect-Phänomene aufgedeckt werden, welche in standardisierten Tests häufig nicht erfasst werden können [7].

Mithilfe von Referenztests soll die Eignung des ZET als Explorationstest geprüft werden. Möglicherweise bietet der ZET mit seinen alltagsnahen Bildern verlässlichere Aussagen zum visuellen Alltagsverhalten. Dies soll explorativ anhand folgender Hypothesen überprüft werden:

- (1) Versuchspersonen mit Explorationsstörungen erzielen zu beiden Messzeitpunkten eine größere Punktedifferenz zwischen der kontra- und der ipsiläsionalen Seite als jene ohne Explorationsstörungen.
- (2) Versuchspersonen mit Explorationsstörungen explorieren mehr ipsilateral als kontraläsional zu beiden Messzeitpunkten.
- (3) Versuchspersonen mit Explorationsstörungen erzielen zum ersten Messzeitpunkt eine größere Punktedifferenz zwischen der kontra- und der ipsiläsionalen Seite als zum zweiten Messzeitpunkt.
- (4) Zu beiden Messzeitpunkten korreliert die Auslassungsdifferenz zwischen der kontra- und ipsiläsionalen Seite aus dem Cats-Test mit der Punktedifferenz aus dem ZET.

- (5) Zu beiden Messzeitpunkten korreliert die Punktedifferenz der Auslassungen zwischen der kontra- und ipsiläsionalen Seite aus der TAP Neglect Test mit der Punktedifferenz aus dem ZET.

Methoden

Die vorliegende Arbeit, welche durch die kantonale Ethikkommission bewilligt wurde, basiert auf in der Rehaklinik Zihlschlacht AG, Schweiz, erhobenen Daten im Zeitraum zwischen November 2018 und Januar 2021. Dabei wurden nur Personen berücksichtigt, welche einen ischämischen oder hämorrhagischen Schlaganfall erlitten hatten. Es wurden Personen eingeschlossen, welche entweder keine visuellen Explorationsstörungen aufwiesen oder Explorationsstörungen aufgrund eines Neglects und/oder einer Hemi- bzw. Quadrantenanopsie zeigten. Ziel war es, die Eignung des ZET für den klinischen Alltag zu überprüfen sowie einen Vergleich zu bereits standardisierten Testverfahren zu erhalten. Daneben dient diese Arbeit dazu, einen Test vorzustellen, welcher möglicherweise für alltagspraktische Aussagen sensitiver ist als andere bekannte standardisierte Testverfahren. Der ZET soll ein zusätzliches Instrument für den Einsatz im klinischen Alltag darstellen und, im Gegensatz zu bisher standardisierten Testverfahren, sensitivere Aussagen und eine bessere Prognose über visuelles Explorationsverhalten im Alltag treffen. Als Referenztests wurden ein Untertest aus der TAP (Neglect) und der Durchstreichtest Cats-Test verwendet. Die unabhängigen Variablen und Prädiktorvariablen stellen die eingesetzten Testverfahren dar. Die Ergebnisse wie beispielsweise Auslassungen in den Vergleichstests und Punktwerte im ZET stellen die abhängige Variable und Ergebnisvariable dar. Der benötigte Zeitaufwand für die Durchführung der Tests wurde als vertretbar eingestuft.

Bei der Arbeit handelt es sich um ein Quasi-Experiment, da die Teilnehmenden einer von zwei Gruppen explizit zugeordnet wurden. Günstig ist dabei, dass eine höhere externe Validität erreicht werden kann [4, 5, 6]. Darüber hinaus handelt es sich hier um ein Messwiederholungsdesign, da Daten zu zwei Messzeitpunkten erhoben wurden. Ein Vorteil besteht bei diesem Verfahren einerseits darin, dass Störvariablen besser kontrolliert werden können. Andererseits kann so eine größere Teststärke erreicht werden und eine große Stichprobe ist nicht notwendig [4, 5]. Da alle Teilnehmenden ihr individuell zugeschnittenes Therapieprogramm erhielten, kann dessen Einfluss auf die Ergebnisse nicht ausgeschlossen werden.

Stichprobe

Insgesamt nahmen 69 Versuchspersonen an der vorliegenden Studie teil. Dabei wurden nur stationäre Patientinnen und Patienten berücksichtigt, welche einen ischämischen oder hämorrhagischen Schlaganfall

erlitten hatten. Es wurden jene berücksichtigt, welche keine visuellen Explorationen aufwiesen (Betroffene ohne Explorationsstörung – BOE) oder einen Neglect und/oder eine Hemi- bzw. Quadrantenanopsie hatten (Betroffene mit Explorationsstörungen – BME). Als Ausschlusskriterien wurden das Vorliegen einer Aphasie, eine bekannte Epilepsie, motorische Störungen oder eine Apraxie sowie ausgeprägte kognitive oder psychiatrische Störungen definiert, welche eine adäquate Durchführung der Tests erschwert oder behindert hätten. Nach erfolgter Einverständniserklärung fand anschließend eine kurze körperliche Untersuchung und Befragung zur Anamnese statt. Danach wurden die Teilnehmenden einer von zwei Gruppen zugeordnet. In die Gruppe der Betroffenen ohne Explorationsstörungen (BEO) wurden jene aufgenommen, welche keine Explorationsstörung aufwiesen. Personen mit einer Hemi- bzw. Quadrantenanopsie und/oder Neglect wurden der Gruppe Betroffene mit Explorationsstörungen (BME) zugewiesen. Nach vollständiger Überprüfung aller Ein- und Ausschlusskriterien wurden die Daten von 58 Teilnehmenden in die statistischen Analysen aufgenommen. 11 Teilnehmende wurden aufgrund von bei der Testung unzureichendem Instruktionsverständnis und inadäquater Umsetzung der Testanweisung, vorzeitiger stationärer Entlassung sowie psychischer Dekompensation während des Aufenthalts ausgeschlossen, sodass sich die Gesamtstichprobe aus $n=58$ zusammensetzte.

In der Gruppe BOE ($n=30$) befanden sich 18 männliche und 12 weibliche Personen im Alter zwischen 35 und 78 Jahren ($M=60,93$, $SD=10,58$). Von den 30 Teilnehmenden hatten 17 einen linkshemisphärischen und 13 einen rechtshemisphärischen Infarkt. Zum zweiten Messzeitpunkt befanden sich von den 30 Personen noch 18 in stationärer Behandlung.

In der BME-Gruppe ($n=28$) befanden sich 13 männliche und 15 weibliche Teilnehmende im Alter zwischen 28 und 79 Jahren ($M=62,82$, $SD=14,33$). Neun Personen hatten einen linkshemisphärischen und 19 einen rechtshemisphärischen Infarkt. Außerdem hatten 11 Teilnehmende ausschließlich einen Neglect, 12 Personen hatten ausschließlich eine Hemi- bzw. Quadrantenanopsie und fünf Personen eine kombinierte Explorationsstörung. Zur Erhebung der Daten zum zweiten Testzeitpunkt, nach sechs Wochen, befanden sich noch 13 Personen in stationärer Behandlung.

Instrumente

Referenztests

Die Gesichtsfelder wurden bei allen Teilnehmenden mithilfe der Goldmann-Perimetrie bestimmt, welche bis heute als Goldstandard gilt [11]. Zur Beurteilung des visuellen Suchverhaltens wurden zwei neuropsychologische Testverfahren angewandt. Einerseits der Cats-Test, ein einfacher klassischer Such-

und Durchstreichtest, zur Herausfilterung eines Neglects [3]. Andererseits wurde ein Subtest der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) eingesetzt, der Untertest Neglect (Version 2.3.1). Die TAP [19] ist ein bekanntes Verfahren zur Untersuchung verschiedenster Aufmerksamkeitsbereiche und wird häufig im klinischen Alltag angewandt.

Zihlschlachter Explorationstest (ZET)

Um das visuelle Alltagsverhalten besser einschätzen zu können, wurde der ZET entwickelt. Der ZET besteht aus mehreren Serien von jeweils sieben Alltagsbildern und zusätzlich einem Beispielbild, das der Patienteninstruktion dient. In einer Vorbereitungsphase wurden die eingesetzten Bilderreihen an einer gesunden Kontrollgruppe überprüft und standardisiert. Dafür wurden 58 Bilder ausgewählt, welche verschiedene Anforderungen erfüllten wie eine natürliche Alltagsszene ohne »auffordernde Perspektive«, möglichst gleich viele interessante Objekte in der rechten wie linken Bildhälfte, keine Schrift und keine erkennbaren Personen. Im Labor für Okulomotorik des Inselspitals Bern wurden die Bilder in eine einheitliche Größe gebracht und mit einem EyeTracker, dem Tobii T120 Eye Tracker, verbunden. An 30 normalsichtigen Personen ohne Hirnverletzung und ohne visuelle Explorationsstörung wurden die Bilder am Eye Tracker geprüft und hinsichtlich der symmetrischen visuellen Exploration beurteilt. In der Auswertung wurden sowohl die Summe der Fixationsmuster als auch die Heatmap jedes Bildes überprüft. Fotos, die eine zu starke Seitendominanz in der visuellen Exploration auslösten, wurden ausgeschlossen. Nach der Auswertung blieben 43 Bilder, die bei allen Teilnehmenden ein ausgeglichenes visuelles Explorationsmuster ausgelöst hatten. Daraus wurden sechs Testserien à sieben Bilder als Grundlage für den ZET erstellt (**Abbildung 1** zeigt ein Beispielbild).

Durchführung des ZET

Der ZET prüft das freie visuelle Explorationsverhalten ohne eine konkrete Suchaufgabe. Dabei betrachtet die Testperson in einem Abstand von 120 cm eine Serie von sieben Fotos mit natürlichen Alltagsszenen, ähnlich einer Diashow. Die Bilder werden mit einem Beamer an eine Wand projiziert und haben eine Fläche von 140 x 100 cm, sodass das Gesichtsfeld weitgehend ausgefüllt ist. Die Versuchspersonen erhalten die Aufgabe, mittels eines Zeigestocks und der unspezifischen Instruktion »Zeigen Sie auf alles, was Sie sehen«, auf alle Objekte zu zeigen, welche sie auf den jeweiligen Bildern sehen. Da keine Zielreize vorgegeben werden, kann gezeigt werden, was ins Blickfeld gerät. Die Bilder werden nacheinander präsentiert, wobei zunächst die Aufgabe anhand eines Beispielbildes erklärt wird. Wenn bei einem Bild keine Angaben mehr gemacht werden, oder spätestens nach neun dokumentierten Blickpunkten pro Bild, wird das nächste Bild präsentiert. Außerdem



Abb. 1: Beispiel eines Testbildes aus dem ZET mit Markierungen

Zeit							
4x	3x	2x	1x	1x	2x	3x	4x
			5			1	1
		5	3	4		4	
5		6			3		2
	6		4		3	2	2

Abb. 2: Beispiel eines Dokumentationsformulars des ZET

wird die Zeit für den gesamten Test gestoppt und notiert. Alle präsentierten Bilder besitzen Randmarkierungen in insgesamt 32 Feldern (16 rechts und 16 links). Diese Einteilung ermöglicht es, die gezeigte Position im Bild abschätzen zu können und sie im dafür entwickelten Dokumentationsblatt zu notieren. Das Formular enthält analog zu den Markierungen auf den Testbildern ebenfalls 32 Felder. Für jedes Bild werden die Patientenangaben in die entsprechenden Felder notiert. Bei jedem neu präsentierten Bild wird wieder mit der Zahl »1« für das erste gezeigte Objekt begonnen. So entsteht am Ende ein Muster der visuellen Aufmerksamkeitszuwendung. Daraus lässt sich erkennen, ob die linke und rechte Bildhälfte gleichmäßig abgesucht wurden oder prägnante Unterschiede bestehen. Darüber hinaus ist ebenfalls ersichtlich, ob die Person immer auf der gleichen Seite beginnt und wie lange gebraucht wird, um die hemianope oder vernachlässigte Seite zu überblicken. Zur Auswertung werden jeweils für die rechte und linke Bildhälfte Punktwerte berechnet. Dabei werden nur die Blickpunkte 1, 2, 5 und 6

ausgewertet. Der Auswertungsbogen besteht analog zu den Bildmarkierungen aus 32 Feldern, insgesamt acht Spalten und vier Reihen, also 16 Feldern pro Bildhälfte (Abb. 2). Pro Spalte wird nun die Anzahl der relevanten Blickpunkte zusammengezählt und mit einem Faktor multipliziert, der größer ist, je weiter peripher die Spalte ist. In der periphersten Spalte werden die Punkte mit dem Faktor 4 multipliziert, in der zweitperiphersten Spalte mit dem Faktor 3, in der drittperiphersten Spalte mit 2 und in der zentral gelegenen Spalte werden die Punkte einfach gezählt. Zum Schluss zählt man pro Seite die Blickpunkte 1 und 2 nochmals zusammen und addiert diesen Wert auf der rechten und linken Seite. Dies wird gemacht, weil die Blickpunkte 1 und 2 als besonders wertvoll in der Exploration gelten. Die so berechneten Punktwerte zeigen an, ob die rechte und linke Seite ausgewogen exploriert werden oder ob deutliche Asymmetrien bestehen.

Ein Beispiel: Die Testperson zeigt im Testbild 1 (Abb. 1) zunächst das Auto unten rechts, so wird in diesem Feld eine »1« im gleichen Feld des Formulars notiert. Als Zweites zeigt der Patient die Girlande am rechten Bildrand, auf dem Formular wird im entsprechenden Feld eine »2« notiert usw. (Abb. 2). Da es sich um sieben Bilder handelt, entsteht so ein Muster der visuellen Aufmerksamkeitszuwendung. Es wird ersichtlich, ob ein Patient systematisch nur rechte oder linke Bildanteile beachtet, ob er immer auf der gleichen Seite anfängt und ob er sehr lange braucht, um die hemianope oder vernachlässigte Seite zu überblicken. Durch das Auswertungssystem beim ZET soll angezeigt werden, ob die Bilder ausgewogen exploriert werden oder ob deutliche Asymmetrien bestehen (Abb. 2).

Versuchsablauf

Die Erhebung der Studiendaten erfolgte so, dass sich die Untersuchungen in die Routineabläufe des Klinikalltags integrieren ließen. Nach erfolgter signierter Einverständniserklärung fand eine kurze körperliche Untersuchung der Studienteilnehmenden statt, um evtl. einflussnehmende Schwierigkeiten für eine Teilnahme auszuschließen. Daneben wurden die Versuchspersonen ohne Explorationsschwierigkeiten der Gruppe BOE und jene mit Explorationstörungen der BME-Gruppe zugeordnet. Anschließend erfolgten zwei Termine zur Erhebung der Daten. Während die Messwiederholung für die der Gruppe BOE nach drei Wochen stattfand, wurde jene für die BME-Gruppe nach sechs Wochen wiederholt. Der längere Zeitraum wurde gewählt, weil Menschen mit Explorationsschwierigkeiten Kompensationsstrategien erst erlernen mussten.

In der Neuropsychologie wurde zuerst der Subtest TAP-Neglect und anschließend der Cats-Tests durchgeführt. Die visuellen Untersuchungen, ZET und Goldmann-Perimetrie wurden durch die Orthoptik durchgeführt. Alle Teilnehmenden nahmen am ZET, Cats-Test

und der TAP teil, und bei allen Teilnehmern wurde eine Goldmann-Perimetrie durchgeführt. Die Ergebnisse wurden im Anschluss in einem eigens entwickelten Formular eingetragen. Danach wurden die Daten unter Angabe eines probandenspezifischen Codes in das SPSS Datensystem übertragen.

Datenanalyse

Es wurden deskriptiv statistische Werte, wie Mittelwerte und Standardabweichungen, berechnet. Für die erste Hypothese wurde der t-Test für unabhängige Stichproben verwendet. Bei der Analyse der zweiten Hypothese wurde der t-Test für abhängige Stichproben angewandt. Für Hypothese drei wurde eine Varianzanalyse mit Messwiederholungen genutzt. Bei Hypothese vier und fünf wurde die Pearson-Korrelation angewandt. Für die Analysen wurde ein Signifikanzniveau $p < 0,05$ festgelegt. Aufgrund der explorativen Auswertung wurde in der Regel auf eine Korrektur nach Bonferroni verzichtet. Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mithilfe des Programmpaketes SPSS, Version 29.0.0.0 für Windows.

Ergebnisse

Für die statistische Berechnung der ersten und zweiten Hypothese, ob Versuchspersonen mit visuellen Explorationsstörungen eine größere Punktedifferenz im ZET zwischen der kontra- und ipsiläsionalen Seite erzielen als diejenigen ohne Explorationsstörungen wurde der t-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt. Die Punktedifferenz gibt in diesem Fall die Differenz zwischen der erreichten Punktzahl der ipsi- und der kontraläsionalen Seite in Bezug auf das Explorationsverhalten im ZET an. Im Levene-Test zeigte sich, dass von einer Varianzheterogenität ausgegangen werden muss.

Zum ersten Messzeitpunkt explorierte die Gruppe der BOE besser ($M = 12,33$, $SD = 10,27$) und damit symmetrischer als die Gruppe BME ($M = 37,93$, $SD = 25,79$). Es ergab sich ein hoch signifikanter Unterschied hinsichtlich der Mittelwerte im ZET zwischen den Gruppen, $t(34,87) = -4,90$, $p \leq 0,001$, $d = -1,32$, 95% KI für Differenzscore $[-36,2, -14,99]$.

Die Teilnehmenden ohne Explorationsstörung ($n = 18$) explorierten zum zweiten Messzeitpunkt ebenfalls besser und symmetrischer ($M = 8,83$, $SD = 6,73$) als Personen aus der BME-Gruppe ($n = 13$, $M = 32,31$, $SD = 19,44$). Es ergab sich ein hoch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen, $t(14,09) = -4,176$, $p \leq 0,001$, $d = -1,74$, 95% KI für Differenzscore $[-35,52, -11,43]$.

Abbildung 3 illustriert noch einmal anschaulich, dass Schlaganfallbetroffene mit Explorationsstörungen deutlich größere Punktedifferenzen im ZET sowohl zum ersten als auch zum zweiten Messzeitpunkt aufwiesen. Darüber zeigt sich ebenfalls, dass in beiden Gruppen eine Verbesserung zum zweiten Messzeitpunkt stattfand.

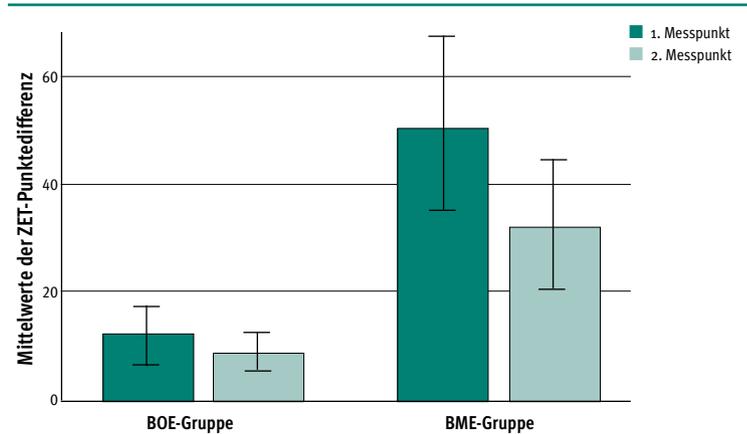


Abb. 3: Ergebnisse der Punktedifferenz zum ersten und zweiten Messzeitpunkt für die BOE- und BME-Gruppe

Für die Analyse der zweiten Hypothese, ob Versuchspersonen mit Explorationsstörungen im ZET mehr nach ipsi- als nach kontraläsional explorieren, wurde die Stichprobe der BME-Gruppe betrachtet. Dabei wurden die Daten mit dem t-Test für verbundene Stichproben berechnet. Bei der Betrachtung der linkshemisphärisch Betroffenen ($n = 9$) zeigte sich zum ersten Messzeitpunkt, dass diese nach links deutlich mehr explorierten ($M = 62,11$, $SD = 15,7$) als zur kontraläsionalen Seite ($M = 22,2$, $SD = 14,56$). Die Mittelwerte der Punktedifferenz betrug $M = 39,89$ ($SD = 29,78$). Die Teststatistik betrug $t = 4,02$, $p = 0,004$. Personen mit rechtshemisphärischer Läsion ($n = 19$) explorierten ebenfalls deutlich mehr zur ipsiläsionalen Seite ($M = 51,47$, $SD = 19,21$) als zur kontraläsionalen ($M = 25,84$, $SD = 18,86$). Der Mittelwert der Punktedifferenz im ZET betrug $M = 25,63$ ($SD = 37,2$). Die Teststatistik betrug $t = -3,00$, $p = 0,008$.

Abbildung 4 präsentiert anschaulich zum ersten Messzeitpunkt, dass Personen der BME-Gruppe sowohl mit links- als auch mit rechtshemisphärischer Läsion deutlich mehr zur ipsi- als zur kontraläsionalen Bildhälfte explorieren.

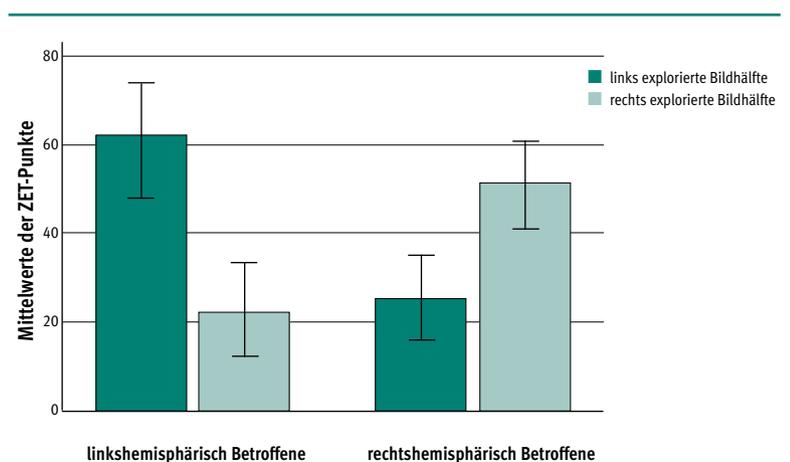


Abb. 4: Ergebnisse in der BME-Gruppe mit den Mittelwerten der im ZET erreichten Punktwerte für die ipsi- und kontraläsional explorierte Bildhälfte zum ersten Messzeitpunkt

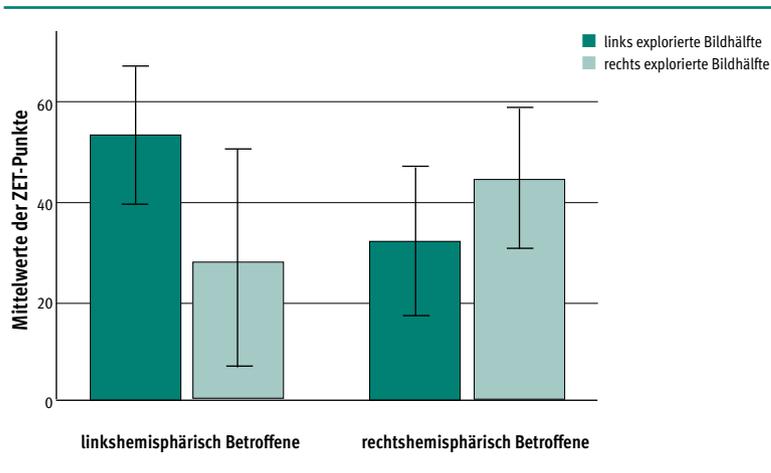


Abb. 5: Ergebnisse in der BME-Gruppe zum zweiten Messzeitpunkt mit den Mittelwerten der im ZET erreichten Punktwerte für die ipsi- und kontraläsional explorierte Bildhälfte

Zum zweiten Messzeitpunkt waren nur noch drei Personen mit linkshemisphärischem Infarkt anwesend. Dabei zeigte sich zwar eine Verbesserung, jedoch explorierten die Betroffenen weiterhin deutlich mehr zur ipsiläsionalen Seite ($M=53,33$, $SD=5,51$) als zur kontraläsionalen ($M=28,33$, $SD=8,96$). Der Mittelwert der Punktedifferenz lag bei $M=25,0$ ($SD=14,18$). Die Teststatistik betrug $t=3,05$, $p=0,093$. Zum zweiten Messzeitpunkt explorierten die Betroffenen mit rechtshemisphärischer Läsion ($n=10$) zwar deutlich ausgewogener zur kontraläsionalen Seite ($M=31,60$, $SD=20,92$), jedoch weiterhin deutlich mehr zur ipsiläsionalen Seite ($M=44,50$, $SD=19,82$). Der Mittelwert der Punktedifferenz lag bei $M=12,9$ ($SD=39$). Die Teststatistik beträgt $t=-1,05$, $p=0,32$. Zum zweiten Messzeitpunkt zeigte sich keine Signifikanz mehr.

Anhand der **Abbildung 5** lässt sich darstellen, dass in der Explorationsgruppe zum zweiten Messzeitpunkt eine ausgewogenere Exploration zwischen ipsi- und kontraläsionaler Seite stattfand. Außerdem ist die Verbesse-

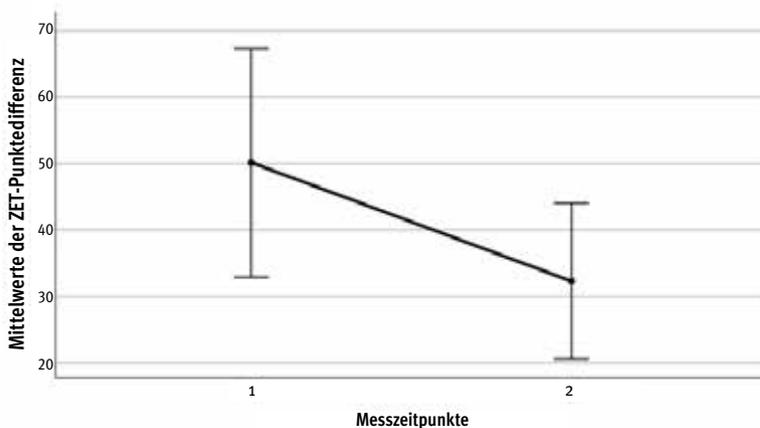


Abb. 6: Ergebnisse in der BME-Gruppe zum zweiten Messzeitpunkt mit den Mittelwerten der im ZET erreichten Punktwerte für die ipsi- und kontraläsional explorierte Bildhälfte zum ersten Messzeitpunkt

rung des Explorationsverhaltens deutlich ersichtlich. Zudem lässt sich erkennen, dass rechtshemisphärisch Betroffene ausgewogener explorieren als Personen mit linkshemisphärischem Infarkt. Insgesamt zeigte sich eine Verbesserung in beiden Gruppen. Dies ist positiv zu bewerten, da eine Verbesserung nach sechs Wochen individuellen Trainings in der Regel erwartet werden darf.

Zur Beantwortung der dritten Hypothese, ob Versuchspersonen mit Explorationsstörungen zum ersten Messzeitpunkt eine größere Punktedifferenz zwischen der kontra- und ipsiläsionalen Seite erzielen als zum zweiten Erhebungszeitpunkt, wurde mittels einer Varianzanalyse für Messwiederholungen überprüft. Dabei bestand die Stichprobe aus $n=13$, da nur vollständige Beobachtungen berücksichtigt werden konnten. Damit sind alle Fälle gemeint, zu denen die Daten zum ersten und zweiten Messzeitpunkt vorliegen. Die Sphärizität konnte in allen Fällen angenommen werden, da diese automatisch gegeben ist, wenn Daten zu zwei Zeitpunkten erhoben wurden. In der deskriptiven Betrachtung ergab sich für den ersten Messzeitpunkt im ZET ein Differenzscore $M=50,15$ ($SD=28,50$) und für den zweiten Messzeitpunkt ein Differenzscore von $M=32,31$ ($SD=19,44$). Beim Test der Innersubjekteffekte zeigte sich, dass die Zeit, also 6 Wochen Training, einen signifikanten Einfluss auf die Punktedifferenz hat ($F(1,12)=8,81$, $p=0,012$, $\eta_p^2=0,42$). 42% der Variation der Punktedifferenz im ZET wird durch die Wochenanzahl aufgeklärt. Bonferroni-korrigierte, paarweise Vergleiche zeigten, dass ein signifikanter Einfluss der Zeit auf die Punktedifferenz im ZET besteht $p=0,012$. Die Punktedifferenz unterscheidet sich signifikant zwischen ersten und zweiten Messzeitpunkt.

Bei der Betrachtung der Zwischensubjektfaktoren wird untersucht, ob die unabhängigen Variablen, in diesem Fall die Versuchspersonen, einen Einfluss auf die Zielvariablen (Punktwerte) haben [4, 5]. Der p-Wert war hoch signifikant, $p<0,001$. Es bestehen deutliche Unterschiede zwischen den Punktwerten zum ersten und zweiten Messzeitpunkt. Während zum ersten Messzeitpunkt die Differenz zwischen kontra- und ipsiläsionaler Seite noch deutlich erhöht war, fiel der Wert zum zweiten Messzeitpunkt, wie in **Abbildung 6** zu sehen ist. Sie zeigt den Einfluss der Zeit, in diesem Fall die zwischen der ersten Testerhebung und nach sechs Wochen intensivem individuellen Training.

Abbildung 6 illustriert noch einmal die beschriebenen Resultate. Die Punktedifferenz zwischen ipsi- und kontraläsionaler Seite ist zum ersten Messzeitpunkt noch deutlich größer als nach sechs Wochen individuellen Trainings zum zweiten Messzeitpunkt.

Die Analysen für die Hypothesen 4 und 5 wurde die Gesamtstichprobe ($n=58$) verwendet. Dabei wurde das Verfahren der Pearson-Korrelation angewandt. Zum ersten Messzeitpunkt ergab sich ein positiver Zusammenhang zwischen der Auslassungsdifferenz im Cats-Test

und der Punktedifferenz im ZET, $r=0,3$, $p=0,02$, 95% KI für r [0,40, 0,51]. Dies entspricht einem schwachen Zusammenhang. Darüber hinaus zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Punktedifferenz im ZET und der Differenz der ausgelassenen Reize in der TAP zwischen kontra- und ipsiläsionaler Seite, $r=0,63$, $p\leq 0,001$, 95% KI für r [0,45, 0,77]. Zusammengefasst bedeutet dies, dass je höher die Punktedifferenz zwischen den zu erfassenden Zielreizen von kontra- und ipsiläsionaler Seite im Cats-Test oder TAP-Neglect war, desto größer war die Punktedifferenz im ZET. Zum zweiten Messzeitpunkt nahmen ($n=31$) teil. Dabei wurden solche Beobachtungen eingeschlossen, bei denen alle Testergebnisse aus den drei bekannten Tests vorlagen. Es zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Punktedifferenz im Cats-Test und der Punktedifferenz im ZET, $r=0,4$, $p=0,03$, 95% KI für r [0,05, 0,66]. Darüber hinaus ergab sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Punktedifferenz der TAP und der im ZET, $r=0,45$, $p=0,01$, 95% KI für r [0,14, 0,71].

Diskussion

Zusammenfassung

Schlaganfallbetroffene sind im Alltag durch visuelle Explorationsstörungen unterschiedlichen Ausmaßes eingeschränkt, was diverse Gefährdungspotenziale mit sich bringt. Daher besteht ein großer Bedarf an der Entwicklung geeigneter Testverfahren zur Aufdeckung der entsprechenden Störungsbilder, damit geeignete Interventionen eingeleitet werden können. Das Ziel der vorliegenden Studie lag darin, die Eignung des ZET als zusätzliches Testverfahren zur Beurteilung des visuellen Explorationsverhaltens zu prüfen. Für die Überprüfung wurden bereits standardisierte Testverfahren zum Vergleich herangezogen. Die Stichprobe setzte sich aus 58 stationär behandelten Patientinnen und Patienten mit oder ohne visuelle Explorationsstörung zusammen. Jene Versuchspersonen ohne visuelle Explorationsstörung wurden der Gruppe Betroffene ohne Explorationsstörungen (BOE) zugeordnet und jene mit einem Neglect und/oder einer Hemi-/Quadrantenanopsie der Gruppe Betroffene mit Explorationsstörungen (BME). Zu zwei Zeitpunkten wurden jeweils die Testungen durchgeführt und diverse Parameter erhoben, wie beispielsweise die Anzahl an ausgelassenen Zielreizen für die kontra- und ipsiläsionale Seite im Cats-Test und in dem Untertest Neglect in der TAP und die Punktzahlen im ZET. Hinsichtlich des ZET ergaben sich in Bezug auf die Punktedifferenz zwischen der ipsi- und kontraläsionalen Seite zu beiden Messzeitpunkten signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen. Darüber hinaus konnte sowohl für den Cats-Test als auch für den Untertest Neglect aus der TAP eine signifikante positive Korrelation hinsichtlich der ausgelassenen Zielreize beobachtet werden.

Neurol Rehabil 2023; 29(2): 91–99 | <https://doi.org/10.14624/NR2302004> | © Hippocampus Verlag 2023

The Zihlschlacht Exploration Test (ZET) – a procedure for assessing the visual exploration behaviour using large-scale projected everyday photographs

K. von Falkenhayn, A. Binder, N. Jait, J. C. Möller, R. Müri, C. Schmidt, R. Schweinfurth, I. Reckert

Abstract

Many stroke patients are massively limited in their everyday life by visual exploration disorders of varying degrees due to homonymous visual field disorders and/or a visual neglect. Although numerous test procedures are available for visual field testing, visual field testing does not provide reliable conclusions for the everyday behavior of affected persons. The Zihlschlacht Exploration Test (ZET) was developed to assess spontaneous visual exploration behavior using large-scale everyday scenes. Using a group of stroke patients ($n = 58$), with and without visual exploration disorders, aged between 28 and 79 years, visual exploration behavior was assessed by ZET and other reference tests (TAP-neglect and Cats-test) at two time points. Significant differences were found regarding visual exploration behavior of both groups. Individuals with exploration disorders showed significantly greater difficulties and a more unsystematic search behavior than those without these limitations. This could be demonstrated in the ZET as an asymmetric score in the right-left comparison. The study gives reason to believe that the ZET is a suitable and robust procedure that provides fast and meaningful results for visual exploration behavior in a scenario similar to everyday life. In addition, both groups showed an improvement on the tests at the second measurement time point. Furthermore, a positive correlation with the reference tests used and the ZET was found.

Keywords: visual exploration, stroke, neglect, visual field

Ergebnisinterpretation

Zu beiden Messzeitpunkten ergaben sich während der Exploration der Bilderreihen des ZET signifikante Unterschiede hinsichtlich der Punktedifferenz zwischen beiden Gruppen. Für die Beantwortung der Frage, ob Versuchspersonen mit visuellen Explorationsstörungen eine größere Punktedifferenz im ZET erzielen als jene ohne diese Schwierigkeiten, wurden die Differenzen der Punktwerte der kontra- und ipsiläsionalen Seite betrachtet. Teilnehmende der BME-Gruppe erzielten eine deutlich höhere Differenz zwischen den Punktwerten der kontra- und ipsiläsionalen Seite als in der BOE-Gruppe. Zum zweiten Messzeitpunkt reduzierten sich bei beiden Gruppen die Punktedifferenzen. Dennoch waren die Asymmetrien in der BME-Gruppe weiterhin deutlich größer als in der BOE-Gruppe. Die vorliegenden Befunde zeigen, dass hohe Punktedifferenzen zwischen der kontra- und ipsiläsionalen Seite für eine unzureichende visuelle Exploration sprechen. Anhand der vorliegenden Resultate ist zu vermuten, dass Schlaganfallbetroffene ohne visuelle Explorationsstörungen ein deutlich ausgewogeneres Explorationsmuster zeigen. Es könnte hilfreich sein, abgesehen von den Punktedifferenzen, zusätzlich das dokumentierte Explorationsmuster des ZET zu beachten, um zu sehen, wie systematisch die

teilnehmende Person die präsentierten Bilderreihen exploriert haben. Darüber hinaus lässt sich anhand der dokumentierten Explorationsmuster erkennen, ob mehr zentral oder peripher exploriert wurde, was in anderen Testverfahren schwieriger zu überprüfen ist, da immer Zielreize vorgegeben sind.

Zur Überprüfung der zweiten Hypothese wurde nur die BME-Gruppe analysiert. Zum ersten Messzeitpunkt zeigte sich deutlich, dass die Versuchspersonen entsprechend ihrer Hirnläsion signifikant mehr nach ipsi- als kontraläsional explorierten. Zum zweiten Messzeitpunkt waren ausgewogenere Explorationsmuster zu beobachten und die Unterschiede waren statistisch nicht mehr signifikant. Allerdings konnte erwartungsgemäß eine deutliche Verbesserung gezeigt werden, wie auch in **Abbildung 2** zu sehen ist. In der Auswertung explorierten rechtshemisphärisch Betroffene deutlich ausgewogener als linkshemisphärische Betroffene. Dieser Umstand lässt sich dadurch erklären, dass rechtshemisphärisch Betroffene im klinischen Alltag oft schwere visuelle Explorationsstörungen mit einem ausgeprägten Neglect zeigen in Kombination mit einer unzureichenden Krankheitseinsicht und kognitiven Problemen. Diese schwer Betroffenen wurden aufgrund der genannten Kriterien nicht in die Studie eingeschlossen, sondern jene mit einer geringeren Ausprägung, sodass sich ein vermeintlich besseres Explorationsverhalten zeigt.

Insgesamt zeigte sich jedoch über den Zeitraum von sechs Wochen eine deutliche Verbesserung der visuellen Exploration.

Bei der Analyse der dritten Hypothese wurde ebenfalls nur die Stichprobe der BME-Gruppe beobachtet. Allerdings mit dem Unterschied, dass nur vollständige Beobachtungen für die Auswertung berücksichtigt wurden. Schon in der deskriptiven Auswertung war ersichtlich, dass eine deutliche Verbesserung vom ersten zum zweiten Messzeitpunkt hinsichtlich der Punktedifferenz im ZET stattfand und somit eine Verbesserung der visuellen Exploration. Dabei halbierte sich die Punktedifferenz annähernd. Dennoch kann hier nicht eindeutig belegt werden, welche Umstände zur Verbesserung beigetragen haben. Aufgrund der Studienlage ist jedoch davon auszugehen, dass die Kombination von individuellen Interventionen, erlernten Kompensationsstrategien und Teilremittierungen zum Resultat beigetragen haben.

Die Hypothese, ob ein Zusammenhang zwischen ausgelassenen Zielreizen des Cats-Tests und der Punktedifferenz im ZET besteht, konnte bestätigt werden. Allerdings nur für den ersten Messzeitpunkt. Dennoch kann daraus gefolgert werden, dass, je höher die Differenz zwischen den ausgelassenen Zielreizen im Cats-Test, desto größer die Punktedifferenz im ZET ist. Dies würde auch eine deutlich größere Einschränkung im visuellen Explorationsverhalten bedeuten. Die Vermutung, dass ein Zusammenhang zwischen ausgelassenen Zielreizen im Untertest der TAP und der Punktedifferenz besteht, konnte ebenfalls bestätigt werden. Die positive Korrelati-

on war hier im Vergleich zum Cats-Test nochmals größer. Das Ergebnis deutet darauf hin, dass je größer die Anzahl ausgelassener Zielreize in der TAP-Neglect, desto größer die Punktedifferenz im ZET ist. Die Resultate sprechen somit dafür, dass der ZET ein belastbares und geeignetes Instrument für den Einsatz im klinischen Alltag zur Herausfilterung von visuellen Explorationsstörungen ist. Insgesamt bietet der ZET einige Vorteile zu den bisherigen standardisierten Verfahren. Durch die unspezifische und unstrukturierte Aufgabenstellung werden die Testpersonen zu einem spontaneren visuellen Explorationsverhalten verleitet, da keine expliziten Zielreize vorgegeben werden. Diese Vorgehensweise fehlt in den meisten Testverfahren. Spontanes Blickverhalten wäre jedoch wichtig zur Einstufung der Alltagstauglichkeit.

Darüber hinaus wird im ZET die benötigte Zeit erfasst. Diese wurde zwar in der vorliegenden Arbeit nicht explizit untersucht. Allerdings betonen schon Kerkhoff und Schmidt [9], dass sich zur Beurteilung des Alltagsverhalten insbesondere solche Aufgaben anbieten, welche sowohl Sakkaden als auch die benötigte Zeit erfassen. Überdies würde sich die Berechnung von Cut-off-Werten anbieten. Der Vorteil bestünde dann darin, dass eine Eingrenzung hinsichtlich der Definition einer bestehenden visuellen Explorationsstörung gemacht werden könnte. Die eingangs gestellte Frage, ob das Alltagsverhalten durch die Konzeption des ZET besser vorausgesagt werden kann, lässt sich hier nicht umfassend beantworten. Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse gibt es jedoch vielversprechende Hinweise.

Limitationen

Die Rekrutierung geeigneter Probandinnen und Probanden gestaltete sich erschwert. Insbesondere Betroffene mit Neglect ohne zusätzliche Hemi-/Quadrantenanopsie, welche allen Instruktionen Folge leisten konnten, waren schwer zu erfassen, da Schlaganfallbetroffene häufig eine Kombinationsstörung aufweisen. Darüber hinaus ist anzumerken, dass die Versuchspersonen eine unterschiedlich lange stationäre Aufenthaltsdauer hinter sich hatten, bevor sie an der Studie teilnahmen. Während dieser Zeit erhielten die Teilnehmenden schon ihre individuellen Therapien. Andere befanden sich wiederum erst wenige Tage in stationärer Therapie. Dies lag einerseits daran, dass einige Schlaganfallbetroffene zu Beginn der stationären Rehabilitation physisch, psychisch und kognitiv noch nicht in der Lage waren, ihre Aufmerksamkeit für einen längeren Zeitraum aufrechtzuerhalten. Alle Teilnehmenden erhielten ihre eigenen individuell zugeschnittenen Therapien zwischen den beiden Messzeitpunkten. Da jedoch nicht dokumentiert wurde, welche Art von Intervention die Teilnehmenden erhielten, kann davon ausgegangen werden, dass schon zu Beginn der ersten Testung mögliche Kompensationsstrategien vorlagen oder andere Verhaltensweisen erlernt wurden. Darüber hinaus können

mögliche Schwankungen im Hinblick auf die Vigilanz und Erschöpfungszustände durch vorangegangene Therapien einen weiteren Einfluss auf die Ergebnisse haben.

Zudem ist nicht klar, ob pharmakologische Wirkungen zusätzlich Einfluss auf die Testungen hatten, da die Medikation nicht zu jedem Patienten erfasst wurde. Die Frage, inwiefern der Umstand, dass die Teilnehmenden der BOE-Gruppe bereits nach drei Wochen und jene der BME-Gruppe nach sechs Wochen an der zweiten Testung teilnahmen, sich auf die Resultate auswirkt, kann hier nicht beantwortet werden. Interessant wäre auch eine weitere Vergleichsgruppe mit Teilnehmenden ohne Hirnläsion oder neurologische Auffälligkeiten.

Fazit

Der ZET erscheint nach den vorliegenden Ergebnissen für den Einsatz im klinischen Alltag gut geeignet. Er bietet anschauliche und aufschlussreiche Resultate zur Feststellung visueller Explorationsschwierigkeiten. Aufgrund der Komplexität der verschiedenen und oftmals in Kombination auftretenden Störungsbilder sollte der Einsatz mehrerer validierter Messinstrumente stets mit bedacht werden. Unumgänglich ist eine adäquate, umfassende und präzise Diagnostik bei Schlaganfallbetroffenen. Aufgrund der bisherigen Forschungen und der vorliegenden Resultate dieser Arbeit sollte der kombinierte Einsatz mehrerer Testverfahren stets mitbedacht und dabei klar zwischen Gesichtsfeld und visueller Exploration unterschieden werden.

Literatur

1. Barrett AM, Buxbaum LJ, Coslett HB, Edwards E, Heilman KM, Hillis AE et al. Cognitive rehabilitation interventions for neglect and related disorders: moving from bench to bedside in stroke patients. *J Cogn Neurosci* 2006; 18(7): 1223–36
2. Fink GR, Heide W. Räumlicher Neglect. *Der Nervenarzt* 2004; 75(4): 389–410
3. Haid T, Hoch-Städele M, Pech C, Kofler M, Saltuari L. Cats Test. Normen für ein Screeningverfahren zur Neglectdiagnostik. *Zeitschrift für Neuropsychologie* 2010; 21: 206
4. Hanna D, Dempster M. Forschungsmethoden der Psychologie und Sozialwissenschaften für Dummies. Weinheim: Wiley 2017
5. Hanna D, Dempster M. Statistik für Dummies. Weinheim: Wiley 2017
6. Hussy W, Schreier M, Echterhoff G (Hrsg.). Forschungsmethoden in Psychologie und Sozialwissenschaften (2., überarbeitete Aufl.). Heidelberg: Springer 2013
7. Karnath HO. Deficits of attention in acute and recovered visual hemineglect. *Neuropsychologia* 1988; 26(1): 27–43
8. Karnath HO. Vernachlässigung – Neglect. In W Sturm, M Hermann & T-F Münte (Hrsg.). *Lehrbuch der Klinischen Neuropsychologie. Grundlagen, Methoden, Diagnostik, Therapie*. Berlin: Springer 2009, pp 444–52
9. Kerkhoff G, Schmidt L. (Hrsg.) *Neglect und assoziierte Störungen* (2., neu bearbeitete Aufl.). Göttingen: Hogrefe 2018
10. Kuhn C. Das Sehen hängt nicht allein von den Augen ab. In: Ratgeber Schlaganfall, Schädelhirntrauma und MS. Heidelberg: Springer 2018. https://doi.org/10.1007/978-3-662-57322-8_5
11. Lachenmayr B. Gesichtsfeld. In B Lachenmayr (Hrsg.) *Begutachtung in der Augenheilkunde* (2. neu bearbeitete Aufl.). Heidelberg: Springer 2012, pp 20–35
12. Müri R, Pflugshaupt T, Nyffeler T, Von Wartburg R, Wurtz P. Vom Sehen zum Handeln – die Analyse des funktionellen Gesichtsfeldes. *Opta* 2005; 6: 9–11
13. Neumann G, Schaadt A-K, Reinhart S, Kerkhoff G. Häufigkeit subjektiver Sehbeschwerden und objektiver neurovisueller Defizite nach Hirnschä-

digung – Eine quantitative Analyse bei 656 Patienten, *Neurol Rehabil* 2016; 22(2): 93–7

14. Rabuffetti M, Farina E, Alberoni M, Pellegatta D, Appollonio I, Affanni P et al. Correction: Spatio-Temporal Features of Visual Exploration in Unilaterally Brain-Damaged Subjects with or without Neglect: Results from a Touchscreen Test. *Plos One* 2012; 7(3), <https://doi.org/10.1371/annotation/bf311a56-bc48-44b6-9b0f-7ccc97fc290f>
15. Reckert I. Was kann man für Hemianopsie-Patienten in der Praxis tun? *Z Prakt Augenheilkd & Augenärztliche Fortbildung* 2014, 35: 323–8
16. Reckert I, Müri R. Neuroophthalmologische Rehabilitation, Diagnostik und Therapie neurovisueller Störungen. *Therapeutische Umschau* 2017; 74(9): 511–5
17. Schenk T. Schlaganfall. In C Fiedler, M Köhrmann, R Kollmar (Hrsg.), *Pflegewissen Stroke Unit*. Heidelberg: Springer 2013, pp 105–118
18. Zihl J. Visuoperzeptive und visuokognitive Störungen. In W Sturm, M Hermann, TF Münte (Hrsg.) *Lehrbuch der Klinischen Neuropsychologie. Grundlagen, Methoden, Diagnostik, Therapie* (2. neu bearbeitete Aufl.). Heidelberg: Spektrum 2009, pp 513–29
19. Zimmermann P, Fimm B. Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung-Version 2.2: (TAP); [Handbuch]. Psytest 2009

Zusatzmaterial

Digitales Zusatzmaterial sowie weiterführende Informationen zum ZET können dem Buch »Sehen findet im Gehirn statt. Ein orthoptischer Ratgeber für die Rehabilitation hirnverletzter Erwachsener« von Iris Reckert entnommen werden. Stuttgart: Kohlhammer 2022

Interessenvermerk

Es besteht kein Interessenkonflikt.

Korrespondenzadresse:

Iris Reckert, Orthoptik
Rehaklinik Zihlschlacht AG
Hauptstrasse 2
CH-8588 Zihlschlacht
I.Reckert@rehaklinik-zihlschlacht.de